

Christian Maurer (Hg.)

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GD<sub>CP</sub>)

# Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik  
Jahrestagung in Zürich 2016

Christian Maurer (Hg.)  
Implementation fachdidaktischer  
Innovation im Spiegel von  
Forschung und Praxis

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP)  
Herausgeber: Christian Maurer  
Vorstand: Karsten Rincke (Sprecher), Jenna Koenen,  
Dietmar Höttecke, Markus Rehm



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

Gesellschaft für  
Didaktik der Chemie  
und Physik  
Band 37

---

Universität Regensburg

Christian Maurer (Hg.)

Implementation  
fachdidaktischer Innovation  
im Spiegel von Forschung  
und Praxis

Gesellschaft für Didaktik  
der Chemie und Physik  
Jahrestagung in Zürich 2016

---

Universität Regensburg

## Inhaltsverzeichnis

---

### Vorwort und Einführung

CHRISTIAN MAURER	
Vorwort	1
KARSTEN RINCKE	
Einführung	2

### Plenarvorträge

ELKE SUMFLETH	
Diagnose – Intervention – Implementation im Spannungsfeld zwischen fachdidaktischer Forschung und unterrichtlicher Praxis	5
MARK WINDSCHITL	
Preparing novices to disrupt traditional science instruction: Our need for a practice-based vision of teaching excellence	19
CLAUDIA SCHMELLENTIN	
Sprachbewusster (Fach-)Unterricht: Bedingungen zur Implementierung einer fach-übergreifenden Aufgabe für die Schule	32

### Schwerpunkttagungen

THOMAS WILHELM & MARTIN HOPF	
Bericht von der Schwerpunkttagung „Newton’sche Mechanik“ mit Thesen zur Mechanik	42

### Workshops

ILSE BARTOSCH, ANJA LEMBENS & MARKUS PRECHTL	
How to teach Gender? Theorie und Praxis für die LehrerInnenbildung	47
LYDIA SCHULZE HEULING	
Kunstbasiertes Lernen	51
PETER LABUDDE, HORST SCHECKER & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER	
PISA und seine Folgen in Deutschland, Österreich und der Schweiz	55

**Gruppenvorträge****Vortragsblock A**

## Alster Pilotstudie I

JENS FLEISCHER, DANIEL AVERBECK, ELKE SUMFLETH, DETLEV LEUTNER & MATTHIAS BRAND

Entwicklung und Vorhersage von Studienzufriedenheit in MINT-Fächern 59

JULIA WALDEYER, JENS FLEISCHER, JOACHIM WIRTH & DETLEV LEUTNER

Selbstreguliertes Lernen – Ressourcenmanagementstrategien im Studium 63

THOMAS DICKMANN, MARIA OPFERMANN & STEFAN RUMANN

Studienerfolg und visuelles Modellverständnis in der Chemie und den Ingenieurwissenschaften 67

TORSTEN BINDER, PHILIPP SCHMIEMANN, HEIKE THEYßEN, ANGELA SANDMANN & BERND SURES

Prädiktion von Klausurerfolg in Biologie und Physik 71

## Alster Pilotstudie II

JOACHIM MÜLLER, HANS E. FISCHER, ANDREAS BOROWSKI & AXEL LORKE

Physikalisch-mathematische Modellierung und Studienerfolg 75

LENNART KIMPEL & ELKE SUMFLETH

Probleme bei der Bearbeitung chemischer Rechenaufgaben 79

DANIEL AVERBECK, JENS FLEISCHER, ELKE SUMFLETH, DETLEV LEUTNER & MATTHIAS BRAND

Analyse chemischen Fachwissens und dessen Einfluss auf Studienerfolg 83

THOMAS ELERT & MAIK WALPUSKI

Untersuchung von Einflussfaktoren auf den Erfolg im Chemiepraktikum 87

## DENNIS TROTTEBERG, RAINER MÜLLER &amp; TORSTEN FRANZ

Aufgabenschwierigkeit und Cognitive Load 91

## ALEXANDER ENGL &amp; BJÖRN RISCH

CHEMIE PUR – Unterrichten in der Natur: Ein Konzept zur Förderung des Interesses und Änderung der Einstellung im Bereich „Chemie und Natur“ 95

### III

HELMUT MIKELSKIS

Authentizität: zweiter Versuch - Alles nur ein didaktischer Trick? Das Problem mit der Authentizität und einer Pseudoauthentizität im naturwissenschaftlichen Unterricht 99

SVANTJE SCHUMANN

Technik in der Primarschule – Materialentwicklung und Evaluation 103

JEREMIAS WEBER, JAN WINKELMANN, ROGER ERB, FRANZISKA WENZEL, MARK ULLRICH & HOLGER HORZ

Ein Fachwissenstest zur geometrischen Optik 107

MICHAEL WENZEL & THOMAS WILHELM

Interviews mit Physik-Gymnasiallehrkräften zum Computereinsatz 111

JAN-PHILIPP BURDE & THOMAS WILHELM

Erste Evaluation eines Unterrichtskonzepts auf Basis des Elektronengasmodells 115

SEBASTIAN GRÖBER, PASCAL KLEIN & JOCHEN KUHN

Entwicklung eines Universal Mechanics Concept Inventory (UMCI) 119

MARKUS SEBASTIAN FESER & DIETMAR HÖTTECKE

Wie Physiklehrkräfte Schülertexte beurteilen - Instrumententwicklung 123

#### **Vortragsblock B**

KAI NIEBERT

Naturwissenschaften lernen im Anthropozän 127

BENTE OHRT

Vorstellungen zu Medikamentenströmen in die Umwelt 130

MATHIS KÜCKENS

Eine Reanalyse von Bewertungsprozessen mit dem erfahrungsbasierten Verstehen 134

SYBILLE HÜFNER

Eine Didaktische Rekonstruktion der Energiewende - Lernhindernisse zu erneuerbaren Energien 138

THORSTEN KOSLER

Zum Verstehen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung 142

## IV

JULIA BEHLE & THOMAS WILHELM	
Schülvorstellungen zur Energie im Wandel der Zeit	146
DAVID HADINEK, KNUT NEUMANN & SUSANNE WEBNIGK	
Entwicklung und Förderung des Energieverständnisses	150
MAJA BRÜCKMANN, PITT HILD, CHRISTOPHER GUT & SUSANNE METZGER	
ESPri – Studie zur Erhebung von Präkonzepten zum Thema Energie	154
SUSANNE HEINICKE, CARLOTTA PAFFHAUSEN, INGA ZEISBERG & CHRISTINA DIEHL	
Genderspezifische Unterschiede? Mädchen und Jungen beim Experimentieren im Physikunterricht	158
PETER WULFF, KNUT NEUMANN & STEFAN PETERSEN	
Förderung junger Frauen in Physik im Projekt IDENTIφ	162
HANS-DIETER KÖRNER	
Gefährdungseinschätzung von Experimenten und Auswirkungen auf die Selbstwirksamkeitserwartung	166
Geschlechtereffekte, neue Aufgaben	
TIM RESCHKE, JENNA KOENEN & ELKE SUMFLETH	
Sind Lese geschichten interessanter für Mädchen als für Jungen?	170
KATRIN SCHÜBLER, JENNA KOENEN & ELKE SUMFLETH	
Spricht motivierende Gestaltung von Lernmaterial vorrangig Mädchen an?	174
SEBASTIAN HABIG, HELENA VAN VORST & ELKE SUMFLETH	
Kontexte und ihre Wirkung auf das Interesse von Jungen und Mädchen	178
FLORIAN GIGL, PATRICK LÖFFLER, MARCELA POZAS & ALEXANDER KAUERTZ	
Genderspezifische Auswirkungen von Kontext in Physik-Problemlösetests	182
MATHIAS TRAUSCHKE	
Über das Verständnis von Energie in anthropogenen Ökosystemen	186
MARCUS KUBSCH & JEFFREY NORDINE	
Energietransferdiagramme als kogn. Unterstützung in der Mittelstufe	190
BERNADETTE SCHORN, KATHARINA PLÜCKERS, CHRISTIAN SALINGA, NICO SCHREIBER, HEIKE THEYßEN & HEIDRUN HEINKE	
Programm MLeNa zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung	194

KATHARINA PLÜCKERS, THOMAS STUMMER & HEIDRUN HEINKE

„Was treibt dich an?“ - Förderung von Interesse von Medizinstudierenden im  
Physikpraktikum 198

### **Vortragsblock C**

BIANCA WATZKA, CHRISTIAN FAUSER, PETER MAYER & RAIMUND GIRWIDZ  
Stärkung des Praxisbezugs durch Online Mentoring 202

NIKOLA SCHILD & VOLKHARD NORDMEIER  
Mögliche Prädiktoren zu Hochschulerfolg im Fach und Lehramt Physik 206

MARKUS BLIERSBACH & CHRISTIANE S. REINERS  
Kreativität in der Chemie: Vorstellungen von Lehramtsstudierenden 210

PETER MAYER, MATTHIAS SCHWEINBERGER, BIANCA WATZKA & RAIMUND  
GIRWIDZ  
Förderung der Kommunikationskompetenz von Lehramtsstudierenden der  
Physik 214

JENNA KOENEN  
Seminare zu analytischen Methoden im Fokus der Evaluation 218

JENS KLINGHAMMER, THORID RABE & OLAF KREY  
Unterrichtsbezogene Orientierungen von Physik-Lehramtsstudierenden 222

INKA HAAK & PETER REINHOLD  
Die Studieneingangsphase forschend gestalten - Resümee und Ausblick 226

SILKE RÖNNEBECK & MATHIAS ROPOHL  
Angebot und Nutzung formativen Assessments in Chemie und Physik 230

REGULA GROB, MONIKA HOLMEIER, HELI SCHAFFTER & PETER LABUDDE  
Diagnose und Feedback durch die Lehrperson im Rahmen „formativen  
Assessments“ – am Beispiel von schriftlicher Beurteilung 232

MATHIAS ROPOHL & SILKE RÖNNEBECK  
Die Qualität schriftlicher Rückmeldungen von angehenden Lehrkräften 236

SOENKE GRAF & MANUELA WELZEL-BREUER  
Optimierungsansätze für internationale Lehrerfortbildungen 240

## VI

ANN-KATHRIN BERETZ, CLAUDIA VON AUFSCHNAITER & KATJA LENGNINK Bearbeitung diagnostischer Aufgaben durch Lehramtsstudierende	244
DANIEL KOST, SOPHIE KIRSCHNER & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER Reflexion im Schulpraktikum – Haupterhebung	248
VIKTORIA RATH & PETER REINHOLD Erhebung diagnostischer Performanz bei der Diagnose von Schülvorstellungen (in der Mechanik)	252
MICHAEL SZOGS, MARVIN KRÜGER & FRIEDERIKE KORNECK Erhebung von Unterrichtsqualität mittels hoch-inferenter Videoratings - das Ratingmanual der $\Phi$ actio-Studie	256
STEFFEN SMOOR & MICHAEL KOMOREK Einfluss epistemischer Überzeugung auf Planungsprozesse im Lern-Labor	260
BENJAMIN TEMPEL, ERNST LEXEN, MARKUS WILHELM & MARKUS REHM Professionelle Unterrichtswahrnehmung der Vermittlung von Modellkompetenz im Chemieunterricht – ein Vignettentest	264
<b>Vortragsblock D</b>	
VERENA JANNACK, ANNETTE FLECHSIG, JENS-PETER KNEMEYER & NICOLE MARMÉ Kompetenzentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht	268
JENS-PETER KNEMEYER, MATHIAS LUTZ, RALF WEHRSPORN, ILKA BICKMANN & NICOLE MARMÉ Ein Assessment-Center zur Kompetenzbewertung im Physikunterricht	272
MARIAN BUSCH & VOLKER WOEST Fächerübergreifender Unterricht: Interessen- und Kompetenzentwicklung	276
MATHIAS ROPOHL Experimentieren in Chemie und Physik – mehr als nur ‚hands on‘!	280
ANITA STENDER, MARTIN SCHWICHOW & HENDRIK HÄRTIG Prädiktoren des Fachwissenserwerbs durch Experimentieren	284
ANDREAS VORHOLZER, JÖRN JONATHAN HÄGELE & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER Entwicklung prozessbezogener Kompetenzen – eine videogestützte Analyse	288

## VII

HILDA SCHEUERMANN & MATHIAS ROPOHL	
Formatives Assessment zur Förderung der Variablenkontrollstrategie	292
LAURA MUTH & ROGER ERB	
Einfluss der Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht	296
DANIEL ZECHLIN & BURKHARD PRIEMER	
Ein Instrument zur Videoanalyse von Physikunterricht mit Experimenten: Experimentelle Teilprozesse und kognitive Beteiligung	300
TOBIAS SCHÜTTLER & RAIMUND GIRWIDZ	
Do It Yourself Remote Sensing– ein deutsch-israelisches Schülerprojekt	304
JOHN HAMACHER, LENA NIKODEMUS & HEIDRUN HEINKE	
Messunsicherheiten in graphischen Auswertungen	308
STEPHAN FRAß & HEIDRUN HEINKE	
Auf der Suche nach Strategien bei der Manipulation von Experimenten	312
NELSON RAJENDRAN & ANDREAS KOMETZ	
Experimente mit Geschmack	316
MAREIKE GÖBEL & MARTIN GRÖGER	
Kautschuk aus Löwenzahn im Chemieunterricht selbst gewinnen - Curriculare Innovationsforschung anhand eines praktischen Beispiels	320
SUSANNE METZGER & CHRISTOPH GUT	
Symposium: Experimentelle Kompetenzen in den Naturwissenschaften (ExKoNawi)	324
CHRISTOPH GUT, PITT HILD, SUSANNE METZGER & JOSIANE TARDENT	
Vorvalidierung des ExKoNawi-Modells	328
PITT HILD, MAJA BRÜCKMANN & CHRISTOPH GUT	
Aussagen zur Konstruktvalidität beim experimentellen Problemtyp „Effektbasiertes Vergleichen“	332
ANGELA BONETTI, SUSANNE METZGER & CHRISTOPH GUT	
Validierung des ExKoNawi-Modells (Experimentelle Kompetenzen in den Naturwissenschaften)	336

## VIII

### Vortragsblock E

NICOLAS EFING & KATRIN SOMMER	
Qualitative Inhaltsanalyse von Gesprächen – ohne Transkription	340
VERENA SPATZ & HOPF MARTIN	
Erhebungsinstrument zu den Mindsets von Lernenden im Fach Physik Oder: „Albert Einstein – der war schon so ein bisschen begabt...“	344
JOCHEN SCHEID & ANDREAS MÜLLER	
Messung repräsentationaler Kohärenzfähigkeit: Theorie und Praxis	348
MARCEL BULLINGER & ERICH STARAUSCHEK	
Instrumentelles Handeln und Selbsterklärungen in der Primarstufe	352
SIMONE ABELS, CHRISTINE HEIDINGER, BRIGITTE KOLIANDER & THOMAS PLOTZ	
Neon ist doch eine Farbe! Ein Unterrichtsgespräch über den Atombau	356
GABRIELE HORNING, CHRISTOPH THYSSSEN, JOCHEN MAYERL & HENRIK ANDERSEN	
Auswirkung universitärer Ausbildung auf das Experimentierverhalten von Chemie- und Biologie-Referendarinnen und Referendaren	360
RAINER WACKERMANN, PHILIP TIMMERMAN & HEIKO KRABBE	
Wartezeiten nach Fragen von Physiklehrkräften in unterschiedlich langen Schulstunden (45 vs. 60/90 Minuten)	364
FRIEDERIKE KORNECK, EVA CAUET, CHRISTOPH KULGEMEYER & OLIVER TEPNER	
Zusammenhang von Lehrerkompetenz und -handeln: Probleme und Ansätze	368
EVA CAUET, ANDREAS BOROWSKI & HANS E. FISCHER	
Professionswissen und Unterrichtsqualität: Wie aussagekräftig sind unsere Ergebnisse?	372
MARVIN KRÜGER, MICHAEL SZOGS & FRIEDERIKE KORNECK	
Welche Kompetenz beeinflusst welche Aspekte der Unterrichtsqualität?	376
CHRISTOPH KULGEMEYER	
Der Einfluss universitär vermittelter professioneller Kompetenzen auf das Handeln in unterrichtlichen Erklärsituationen	380
MARTINA STRÜBE, OLIVER TEPNER & ELKE SUMFLETH	
Einsatz von Experimenten im Chemieunterricht – Ergebnisse aus ProwiN 2	384

## IX

SABRINA MILKE & ERICH STARAUSCHEK	
Beeinflusst Priming den Wissenserwerb zum 3. Newtonschen Axiom?	388
ALEXANDER KOCH	
Interne Struktur einer Skala zu konstruktivistischem Unterrichten	392
MARCUS BOHN & MANUELA WELZEL-BREUER	
Zum Streben hochbegabter Kinder nach Erkenntnis und Selbstständigkeit	396
ANDREAS KRAL, CHRISTIAN THEIS, BERNADETTE SCHORN & HEIDRUN HEINKE	
Praxistauglicher Einstieg in die Quantenphysik mit Realexperimenten	400
KATRIN WEBER, MARKUS EMDEN & ELKE SUMFLETH	
Validierung einer Learning Progression zum Konzept der Stoffumwandlung	404
KATJA WEIRAUCH & EKKEHARD GEIDEL	
Implementation nur bedingt gelungen: Stärken und Schwächen von Seminarfächern aus der Perspektive der Lehrkräfte	408
JANA-KATHARINA DRESSLER & JULIA MICHAELIS	
Lernprozesse von Chemielehramtsstudierenden im Schulpraktikum	412
<b>Vortragsblock F</b>	
CHRISTIANE RICHTER & MICHAEL KOMOREK	
Perspektiven von Physiklehrkräften an Haupt- und Realschulen auf Aufgaben	416
FRAUKE DÜWEL & MANUELA NIETHAMMER	
Verstehensprozesse bei Lehramtsstudierenden im Fach Chemie initiieren	420
IVANO LAUDONIA, MORITZ KRAUSE & INGO EILKS	
Eine multimediale Lerneinheit zum Thema „Chemische Bindungen“ an einer Schweizer Berufsfachschule	424
NINA ULRICH & SASCHA SCHANZE	
Interaktive Lernaufgaben im digitalen Schulbuch eChemBook	428
ANNE BEERENWINKEL, THOMAS LINDAUER & CLAUDIA SCHMELLENTIN-BRITZ	
Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht	432
NICOLE KOHNEN, SASCHA BERNHOLT, JAN RETELSDORF & HENDRIK HÄRTIG	
Textverständnis im Physikunterricht	436

ANNETTE FLECHSIG, JENS-PETER KNEMEYER, JONATHAN GLASER, VERENA JANNACK & NICOLE MARMÉ	
Wissenschaftliches Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht	440
MARIE-ANNETTE GEYER & GESCHE POSPIECH	
Tätigkeiten und Schwierigkeiten von SchülerInnen bei Darstellungswechseln funktionaler Zusammenhänge im Physikunterricht	444
ANTJE HEINE & GESCHE POSPIECH	
Wie arbeiten und denken eigentlich Theoretische Physiker?	448
INES SONNENSCHNEIN, JENNA KOENEN & RÜDIGER TIEMANN	
Naturwissenschaftliches Arbeiten im Labor Vergleich von Lehramts- und Monobachelorstudierenden	452
LEONARD BÜSCH, MARIE SCHÖNEBERG & HEIDRUN HEINKE	
Einblick in Prozesse im Realexperiment: Chancen für Forschung und Lehre	456
MALTE WALKOWIAK & ANDREAS NEHRING	
Die Förderung von Konzepten über die Natur der Naturwissenschaften in einer Lernumgebung für einen inklusiven Chemieunterricht	460
HANNO MICHEL & IRENE NEUMANN	
Ein epistemologischer Zugang zum Energiekonzept	464
ANDREAS NEHRING	
Gemeinsame Beschreibung, Erhebung und Modellierung von Vorstellungen und Kompetenzen im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen	468
<b>Vortragsblock G</b>	
KATRIN BÖLSTERLI BARDY, MARKUS REHM & MARKUS WILHELM	
Empirisch ermitteltes kompetenzorientiertes Schulbuchraster (KOS)	472
MONIKA HOLMEIER & HELI SCHAFFTER	
Naturwissenschaftliche Schulbücher in Finnland	476
CHRISTIAN STRIPPEL & KATRIN SOMMER	
Erkenntnisgewinnung in Schulbüchern – Qualitative Inhaltsanalyse von Experimentieraufgaben	480

## XI

MATTHIAS STRELLER, GESCHE POSPIECH & AVI HOFSTEIN	
Steigerung der Wirkung von Schülerlaboren durch Vor- und Nachbereitung	484
MARKUS ELSHOLZ & THOMAS TREFZGER	
Professionalisierung durch Praxisbezug – Begleitforschung zu den Würzburger Lehr-Lern-Laboren	488
SUSAN FRIED & THOMAS TREFZGER	
Eine qualitative Untersuchung zur Anwendung von physikdidaktischem Wissen im Lehr-Lern-Labor	492
FLORIAN TREISCH & THOMAS TREFZGER	
Professionelle Unterrichtswahrnehmung der Studierenden im Lehr-Lern-Labor Seminar im Fach Physik	496
BJÖRN RISCH	
Experimentieren als Freizeitbeschäftigung – Angebote im Schülerlabor	500
NINA SKORSETZ & MANUELA WELZEL-BREUER	
Einfluss des Brain Types auf die Aufmerksamkeit beim Explorieren	504
JULIA KOBBE, JENNA KOENEN & STEFAN RUMANN	
Piktoriale Literalität und ihre Bedeutung für Problemlöseprozesse	508
HEIKE ITZEK-GREULICH & STEFAN SCHWARZER	
Schülerlabore für die MINT-Bildung – Bestand und Perspektiven	512
REINHOLD NICKOLAUS & SWITLANA MOKHONKO	
Nachhaltige Effekte in Schülerlaboren?	516
TOBIAS BOHNHARDT, CHRISTOPH PAWEK & BURKHARD PRIEMER	
Der Einfluss von Schülerlaboren auf die Wahl von Unterrichtsfächern	520
JOHANNES HUWER, ROLAND BRÜNKEN & ROLF HEMPELMANN	
Forschendes Experimentieren im Kontext einer MINT-Umweltbildung	524
INSA STAMER, STEFAN SCHWARZER & ILKA PARCHMANN	
Authentisches Lernen im Schülerlabor	528
DAVID WOITKOWSKI & PETER REINHOLD	
Fachwissenenerwerb in der Studieneingangsphase Physik -Ein Längsschnitt-	532

## XII

### Chain Reaction: ein FP 7-Projekt und seine Ergebnisse

- MANUELA WELZEL-BREUER, NICOLE MARME, SÖNKE GRAF, JONATHAN GLASER & ANN-KATHRIN KREBS  
Chain Reaction: ein FP 7-Projekt und seine Ergebnisse - Die Herausforderung: forschendes Lernen in den Unterricht integrieren 536
- NICOLE MARMÉ, JONATHAN GLASER, SÖNKE GRAF & MANUELA WELZEL-BREUER  
Schüler-Forschungsthemen im EU-Projekt Chain Reaction 540
- ANN-KATRIN KREBS, MANUELA WELZEL-BREUER & NICOLE MARMÉ  
Zur Wirkung von Lehrerfortbildungen im EU-Projekt Chain Reaction 544

### Poster

#### Lehre in Lehr-Lern-Laboren und Selbstwirksamkeitserwartungen

- BIRGIT WEUSMANN, STEFAN SORGE, BURKHARD PRIEMER & IRENE NEUMANN  
Lehr-Lern-Labore in der MINT-Lehrerbildung – Veränderungen im Kompetenzerleben? 548
- JANINE FRECKMANN, CHRISTIN SAJONS, KAI BLIESMER, ANNIKA ROSKAM & MICHAEL KOMOREK  
Nachhaltigkeitsbildung im Lehr-Lern-Labor physiXS 552
- DANIEL REHFELDT, CHRISTIANE KLEMPIN, DAVID SEIBERT, TOBIAS MEHRTENS & VOLKHARD NORDMEIER  
Fächerübergreifende Wirkungen von Lehr-Lern-Labor-Seminaren: Adaption für die Fächergruppen Englisch, Geschichte und Sachunterricht 556
- RENÉ DOHRMANN & VOLKHARD NORDMEIER  
Lehr-Lern-Labor und Professionalisierung im Lehramtsstudium Physik 560
- STEFAN SORGE, ILKA PARCHMANN, KNUT NEUMANN, IRENE NEUMANN & JULIA SCHWANEWEDEL  
Fachdidaktisches Lernen im Schülerlabor - besondere Lerngelegenheiten? 564
- JESSICA GAU, TAMARA KUNT & BJÖRN RISCH  
Schülerexperimentierphasen medial aufbereitet – das Videotool ViviAn zur Diagnose und Analyse von Unterrichtsprozessen 568
- HILDE KÖSTER, TOBIAS MEHRTENS & BENJAMIN PIÉTZA  
Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor- Entwicklung, Umsetzung und Evaluation 572

### XIII

FLORIAN SIMON & GESCHE POSPIECH	
Der Einfluss von Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren	576
ALBERTO MARCOS HALAR & MATTHIAS LAUKENMANN	
Kulturelle Ausprägungen von Schülervorstellungen zur Wärme und Temperatur in Mosambik	580
SARAH ARETZ, ANDREAS BOROWSKI & SASCHA SCHMELING	
Entwicklung und Evaluation eines Modells zur Erstellung von OMC Aufgaben zur Expansion des Universums	584
JOHANN MANTHEY & MARTIN GRÖGER	
ProMaC – Probleme mit Mathematisierungen im Chemieunterricht - Lehrerbefragung	588
JIRKA MÜLLER, PASCAL GEORGI, UTA MAGSDANS & ANDREAS BOROWSKI	
FELS - Pilotierung des Fragebogens zur Akzeptanzanalyse	592
LARS HÖFT, JANET BLANKENBURG & SASCHA BERNHOLT	
Zusammenhänge zwischen Interessens- und Verständnisentwicklung	596
FABIAN LEISS, RALF DETEMPLE & HEIDRUN HEINKE	
Der Arbeitsalltag von NaturwissenschaftlerInnen aus Schülersicht	600
JOCHEN SCHEID, ALEXANDER KAUERTZ, STEFAN HEUSLER, RAINER MÜLLER, WOLFGANG DÜR, TORSTEN FRANZ & SUSANNE HEINICKE	
Kompetenzentwicklungsmodell zur Quantenphysik	604
ANNA DONHAUSER	
Didaktisch rekonstruierte Materialwissenschaften im Schülerlabor	608
SUSANNE GERLACH & STEFAN RUMANN	
Entwicklung von Standards für das Berufskolleg im Fach Körperpflege	612
SUSANNE DIGEL, PATRICK LÖFFLER, JOCHEN SCHEID & ALEXANDER KAUERTZ	
Problemlöse-Expertise - Modellieren als entscheidende Kompetenz in kontextualisierten Problemlöseprozessen?!	616
MARKUS PRECHTL	
Schärfemutproben – Capsaicin im Kontext jugendlichen Risikoverhaltens	620

## XIV

FRANZISKA KEHNE & SABINE FECHNER	
Transfer in situierten Lernumgebungen im Chemieunterricht	624
BARBARA SCHÄFER & MARTIN GRÖGER	
Chemische und physikalische Inhalte im Bildungsangebot von Naturparks	628
MARISA HOLZAPFEL, KARIN STACHELSCHIED & MAIK WALPUSKI	
Gesundheitserziehung im Übergang der Primarstufe zur Sekundarstufe I	632
FREDERIK BUB, THORID RABE & OLAF KREY	
Das Verhältnis von Physik, Technik und Verantwortung	636
PHILIPP ENGELMANN & VOLKER WOEST	
Ein Weiterbildungsstudiengang für integrierte Naturwissenschaften	640
CLEMENS HOFFMANN, VOLKER WOEST & UWE HÖBFELD	
Konzeption einer Ausbildung in integrierten Naturwissenschaften	644
REBEKKA ROETGER & RITA WODZINSKI	
Contemporary Science in der Lehrerbildung Entwicklung und Evaluation einer Lernumgebung zur Förderung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte	648
ANDREAS HENKE & HORST SCHECKER	
Studien-Praxis-Projekte - Schulentwicklung mit Lehramtsstudierenden	652
STEFANIE SCHWEDLER	
Interaktive Simulationen im Chemiestudium: Bridging Imagination and Representation in Chemistry (BIRC)	656
JOOST MASSOLT & ANDREAS BOROWSKI	
Motivationssteigerung durch Fokussierung auf das vertiefte Schulwissen im Rahmen der Fachvorlesungen Physik	660
BRIGITTE WOLNY & MARTIN HOPF	
Entwicklung von fachdidaktischem Wissen - Physik-Lehramtsstudierender	664
ANDRÉ DORN & MARTIN GRÖGER	
Bildung für nachhaltige Entwicklung im Sachunterricht - Erste Ergebnisse einer Begleituntersuchung zu einem Vertiefungsmodul über BNE im Sachunterrichtsstudium	668

XV

BARBARA STEFFENTORWEIHEN, REBECCA DUSCHA, FRIEDERIKE KAISER, CHRISTINE FLORIAN, STEFAN RUMANN, ANGELA SANDMANN, PHILIPP SCHMIEMANN & HEIKE THEYBEN	
PraxisLab: Lehr-Lern-Labore in der naturwissenschaftlichen Lehrerbildung	672
ANDREAS JACKOWSKI & STEFAN RUMANN	
Förderung des akademischen Verständnisses der Struktur der Materie	676
MATTHIAS SCHWEINBERGER & RAIMUND GIRWIDZ	
Förderung angehender Physiklehrer durch die Arbeit mit "stummen Videos"	680
TANJA ATTREE & MANUELA WELZEL-BREUER	
Wirksamkeit einer Lehrerfortbildung zum forschenden Lernen	684
DIRK THODE & HORST SCHECKER	
Bewertung im Fokus: Unterrichtskonzeption für die gymnasiale Oberstufe	688
ROBERT ALEKSOV, HEIKO KRABBE, HANS FISCHER & HENDRIK HÄRTIG	
Konditionale Satzmuster und fachliches Lernen	692
THOMAS SCHLAKE, HEIKO KRABBE, HANS E. FISCHER & HENDRIK HÄRTIG	
Autonomieunterstützendes Cross-Age-Peer-Tutoring beim Experimentieren	696
SARAH RAU & STEFAN RUMANN	
Sprachbildende Maßnahmen im Sachunterricht - eine Re-Analyse von Unterrichtsvideos	700
LAURA SCHRÖDER & KATRIN SOMMER	
Modellexperimente im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess	704
FLORIAN GIGL, EVA CAUET & ALEXANDER KAUERTZ	
Problemlösen im Physikunterricht: Lerngelegenheiten und Assessment?	708
LIVIA MURER & SUSANNE METZGER	
Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zum Messen von Kompetenzen im Bereich „Naturwissenschaftliche Methoden der Erkenntnisgewinnung an biologischen Beispielen“	712
SARAH BRAUN, CHRISTIAN STRIPPEL & KATRIN SOMMER	
Erkenntnisgewinnung in Schüler-Videos	716

## XVI

MIRIAM HINZ, HELENA VAN VORST & ELKE SUMFLETH Empirische Beschreibung der schwierigkeiterzeugenden Elemente von Fachsprache im Chemieunterricht	720
KATHARINA GIERL, PATRICK LÖFFLER & ALEXANDER KAUERTZ Die Entwicklung der Beschreibungskompetenz vom Elementar- bis zum Sekundarbereich I	724
AGNES SZABONE VARNAI & PETER REINHOLD Experimentelle Handlungen von Lehramt-Studierenden im physikalischen Praktikum	728
MARVIN ROST & RÜDIGER TIEMANN Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht nutzen. Erste Ergebnisse aus einem Ansatz zur Zweckorientierung von Modellen.	732
HAUKE BARTELS & CHRISTOPH KULGEMEYER Entwicklung eines interaktiven Videovignettentests für Erklärfähigkeit	736
ANNA NOWAK, SVEN LIEPERTZ & ANDREAS BOROWSKI Stärkung der Reflexionskompetenz im Praxissemester Physik	740
MICHAELA OETTLER & SILKE MIKELSKIS-SEIFERT Professionswissen von Lehrkräften im Bereich der Elementarteilchenphysik Motivation und Überblick	744
MAREN KEMPIN, CHRISTOPH KULGEMEYER & HORST SCHECKER Reflexionsperformanz- Lehramtsstudierende reflektieren Physikunterricht -	748
CHRISTOPH VOGELSANG, JOSEF RIESE, CHRISTOPH KULGEMEYER & ANDREAS BOROWSKI Profile-P+ - Professionskompetenz und Unterrichtsperformanz im Lehramtsstudium Physik	752
JOSEF RIESE, JAN SCHRÖDER & CHRISTOPH VOGELSANG Der Einfluss professioneller Kompetenzen auf die Planungsperformanz angehender Physiklehrkräfte	756
VICTORIA ENZMANN, ARNO PFITZNER & OLIVER TEPNER Förderung experimenteller Kompetenz von Lehrkräften im Fach Chemie	760
SANDRA STEGEMANN & STEFAN RUMANN Diagnostizieren lernen im Praxissemester: Sachunterricht Erfassung potenzieller Lerngelegenheiten	764

## XVII

ANDRÉ GROBE, FRIEDERIKE KORNECK, MARVIN KRÜGER & MICHAEL SZOGS Restrukturierung von Lehrerüberzeugungen bezüglich der Unterrichtsqualität	768
MICHAEL ELMER & OLIVER TEPNER Erfassung der Erklärkompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie	772
UWE LÜTTGENS, ANDREAS NEHRING & RÜDIGER TIEMANN Chemiedidaktisches Lernen an Videovignetten zur Vernetzung von Studium und Referendariat	776
MARTIN PEUSER, FRIEDERIKE KORNECK, MARVIN KRÜGER & MICHAEL SZOGS Veränderung von Selbstwirksamkeitserwartungen durch Microteaching	780
THOMAS PLOTZ Sind Concept Maps ein valides Messinstrument für konzeptuelles Lernen?	784
MARTIN GRÖGER & MAREIKE GÖBEL Kautschuk aus Löwenzahn als Ersatzstoff im Zweiten Weltkrieg - Lernen über Chemie durch Verknüpfung von Geschichte und Chemie	788
MARIE-THERESE HAUERSTEIN, HELENA VAN VORST & ELKE SUMFLETH Effektivität von Lernleitern im Chemieunterricht der Sekundarstufe I	792
KÜBRA NUR CELIK & MAIK WALPUSKI Learning Progressions für lernschwache SuS im Fach Chemie	796
JÜRGEN MENTHE, SIMONE ABELS, EVA BLUMBERG, THERESA FROMME, ANNETTE MAROHN, ANDREAS NEHRING & LISA ROTT Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht	800
ANNA WINDT Lernunterstützung im Elementarbereich durch Scaffolding-Strategien	804
ELISABETH HOFER & ANJA LEMBENS Was ist Forschendes Lernen? – Vorstellungen österreichischer ChemielehrerInnen	808
JULIA-JOSEFINE MILSTER & VOLKHARD NORDMEIER Quereinsteiger*innen für die Unterrichtspraxis qualifizieren - ein Modellversuch	812

XVIII

VANESSA SCHAD, EVA CAUET & ALEXANDER KAUERTZ	
Selbstreguliertes Lernen in einer komplexen Lernumgebung	816
LARS-JOCHEN THOMS & RAIMUND GIRWIDZ	
Die Rolle der Information beim forschenden Lernen im Fernlabor	820
MARIA WEISERMANN, LORENZ KAMPSCHULTE, RON BLONDER, MAREIKE KLOSTERMANN & ILKA PARCHMANN	
Responsible Research and Innovation - Konzepte für den Unterricht	824

Christian Maurer

Geschäftsführer der GDCP

## Vorwort

Die Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) fand vom 05. bis zum 08. September 2016 an der Pädagogischen Hochschule in Zürich statt. Das Tagungsthema lautete:

### *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*

Mit „Diagnose – Intervention – Implementation im Spannungsfeld zwischen fachdidaktischer Forschung und unterrichtlicher Praxis“ eröffnete Elke Sumfleth von der Universität Duisburg-Essen den inhaltlichen Teil der Tagung. Es folgte der Plenarvortrag von Mark Windschitl von der University of Washington, welcher über „Preparing novices to disrupt traditional science instruction: Our need for a practice-based vision of teaching excellence“ referierte. Claudia Schmellentin von der Pädagogischen Hochschule FHNW beleuchtete mit ihrem Vortrag „Sprachbewusster (Fach-)Unterricht – Bedingungen zur Umsetzung eines fachübergreifenden Bildungsauftrags“ einen weiteren Teilaspekt des Tagungsthemas. Der vierte Plenarvortrag trug den Titel „Implementation fachdidaktischer Innovation im Lehramtsstudium Physik: Forschung, Befunde & Interventionen“. In diesem Vortrag berichtete Volkhard Nordmeier von der Freien Universität Berlin über die Implementation fachdidaktischer Innovationen als zentralem Anliegen im Hochschulsektor. 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 knapp 200 Beiträge repräsentieren die fachdidaktischen Arbeiten, die in Zürich im Rahmen von Gruppenvorträgen, Einzelvorträgen, Workshops und Postern präsentiert wurden. Zudem ist ein Beitrag über die Ergebnisse der Schwerpunkttagung in Frankfurt (Newtonsche Mechanik 2016) enthalten. 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 Susanne Metzger, Kirsten Kallinna, Maja Brückmann, Pitt Hild, Kai Niebert und Andreas Vaterlaus. Unterstützt von zahlreichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern haben Sie maßgeblich zum Gelingen der Tagung beigetragen. Vielen Dank nochmals für die angenehme Zusammenarbeit. Ein besonderer Dank gilt ebenfalls der Pädagogischen Hochschule in Zürich als gastgebender Institution und der Universität Zürich für den sehr gelungenen Begrüßungsapéro im Lichthof der Universität. Die GDCP will sich an dieser Stelle weiterhin bei BASF, Syngenta, Novartis, Roche, der Aebli-Stiftung, dem Kanton, der Stadt, und den Verkehrsbetrieben Zürich, Migros, MAXQDA und der ETH Zürich für die großzügig Unterstützung als Sponsoren der Tagung bedanken. Ferner möchte ich Josef Kugler herzlich für die Unterstützung der redaktionellen Arbeit an diesem Band danken.

Regensburg, im Februar 2017

CM

Karsten Rincke

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik  
Sprecher des Vorstands

### **Einleitung**

Sehr geehrte Frau Bildungsdirektorin, Frau Dr. Steiner,  
sehr geehrter Herr Rektor der PH Zürich, Herr Prof. Rhyn,  
sehr geehrter Herr Prorektor für Weiterbildung und Forschung an der PH Zürich, Herr Prof. Suter,  
liebe Kolleginnen und Kollegen,

ich heiße Sie herzlich willkommen zur Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik an der Pädagogischen Hochschule Zürich!

Lassen Sie mich auch die Vertreter der uns thematisch verwandten Verbände begrüßen, das sind die stellvertretende Vorsitzende der Gesellschaft für Fachdidaktik, Frau Prof. Parchmann, der Leiter des Fachverbands Didaktik Physik in der Deutschen physikalischen Gesellschaft, Herr Prof. Grebe-Ellis und der stellvertretende Vorsitzende der Fachsektion Didaktik der Biologie im Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland, Herr Prof. Schmiemann.

Schließlich möchte ich die Träger der Ehrenmedaille der GDCP, die zur diesjährigen Tagung angereist sind, gesondert begrüßen, nämlich Frau Prof. Sumfleth, Herrn Prof. Duit und Herrn Prof. Labudde.

Wir sind der Einladung durch Susanne Metzger und die PH Zürich sehr gern gefolgt. Es ist nach der Tagung in Bern im Jahre 2006 das zweite Mal, dass die GDCP in ihrer mehr als 30jährigen Geschichte in der Schweiz tagt. Ähnlich wie damals ist auch diese Tagung besonders gut angenommen worden, was als Ausweis des Interesses gewertet werden mag, das die Mitglieder der GDCP der Pädagogischen Hochschule und der wunderbaren Stadt Zürich entgegen bringen.

Ich möchte schon an dieser Stelle der örtlichen Tagungsleitung, allen voran Susanne Metzger für ihre intensiven Vorbereitungen für diese Tagung danken, die uns Ihre Hochschule und Zürich nicht nur als einen Ort der Wissenschaft erfahren, sondern uns auch ein kleines Stück teilhaben lässt an schweizer Kultur und Lebensart. Diejenigen unter uns, die den gestrigen Schweizer Abend genossen haben, werden dem bereits jetzt, zur Eröffnung, zustimmen.

Danken möchte ich auch Kollegen an der ETH Zürich wie der Universität Zürich, die die Durchführung unserer Tagung unterstützen und bereichern – heute Abend werden wir an der Universität zu Gast sein und dort werde ich diesen Dank wiederholen und vertiefen.

Schließlich möchte ich mich im Namen der GDCP ganz ausdrücklich dem Dank anschließen, den Frau Metzger soeben den Sponsoren dieser Tagung ausgesprochen hat.

Unsere Tagung ist mit 147 Einzelvorträgen bis auf den letzten Slot gefüllt. Besonders gefreut hat uns, dass der im letzten Herbst in Berlin ausgesprochene Appell, das Format des Workshops wieder aufleben zu lassen, so intensiv angenommen wurde. Zu den angemeldeten 6 Workshops wären noch weitere hinzu gekommen, wenn uns die Tagungsdauer dies ermöglicht hätte. 93 Poster in 6 Poster-Sessions bilden die Aktivitäten der Mitglieder unserer Fachgesellschaft in großer Breite ab. Ich freue mich, dass es die Großzügigkeit der hiesigen Räumlichkeiten ermöglicht, die Poster auch über die

Postersitzungen hinaus hängen lassen zu können, sodass die darin geflossene Mühe größtmögliche Aufmerksamkeit erhält. Gestern und heute Vormittag haben zudem Methodenworkshops für den wissenschaftlichen Nachwuchs zur Datenanalyse mit R und zur Analyse videobasierter Daten stattgefunden, die überbucht waren und somit ebenfalls hervorragend angenommen wurden. Den Kolleginnen und Kollegen, die für die Abhaltung der Workshops schon gestern, am Sonntag, aktiv waren, sei herzlich gedankt!

All dies belegt den Wunsch aller Tagungsgäste, hier beitragen und teilhaben zu dürfen. Wir tagen an einem Ort, der uns mit bestechender Ästhetik umgibt: Das vom Berliner Architekten Max Dudler entworfene Gebäude, 2012 fertiggestellt, empfängt uns mit zeitlos klarer Formensprache, die durch die Eleganz hochwertigster Materialien veredelt wird. Ich kenne keinen zweiten Saal dieser Größe, der in dieser Konsequenz in Echtholz-Messerfurnier ausgestattet ist, das technisch zudem so aufbereitet ist, dass es auch moderne Erfordernisse der Raumakustik befriedigt: In mir meldet sich ein Klischee: Das ist Schweiz! Wir tagen jedoch nicht nur an einem modernen wie mondänen Ort, sondern auch an einem solchen, der sich nach allem, was ich weiß, hinsichtlich naturwissenschaftlicher Didaktik besonders im Aufbruch befindet: Susanne Metzger hat den Forschungsbetrieb in der Didaktik der Naturwissenschaften in den vergangenen 10 Jahren maßgeblich aufgebaut, insbesondere mit der Einrichtung des Zentrums für Didaktik der Naturwissenschaften als einem von 7 Zentren in der Abteilung Forschung und Entwicklung. Es ist auch ansehnlichen Drittmittelerfolgen Susanne Metzgers zu verdanken, dass die personelle Ausstattung dieses Zentrums in den letzten Jahren verbreitert werden konnte. Die Anerkennung dieser Aufbauarbeit durch die Wissenschaftsgemeinschaft drückt sich auch in der erfolgreichen Einwerbung ihres aktuellen Projekts beim Schweizerischen Nationalfonds „Experimentelle Kompetenzen von 12- bis 15-jährigen Jugendlichen in den Naturwissenschaften: Validierung eines interdisziplinären Experimentiertests“ aus.

Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis lautet unser Thema. Es lautet nicht einfach „Implementation wissenschaftlicher Ergebnisse der Fachdidaktiken“ oder ähnlich. Der Titel, so wie er formuliert ist, verweist auf eine Reziprozität, der das Vorhaben der Implementation unterliegt, einer Spannung zwischen dem, was wünschbar sein mag und möglich ist. Es ist eine Wechselseitigkeit, die vor allem eines abfordert: Lernen in beiden Richtungen, Wirkung und Rückwirkung zwischen Forschenden und die Lehre Praktizierenden.

Elke Sumfleth wird den Reigen der Plenarvorträge eröffnen und u.a. auf die Unterschiedlichkeit der Positionen von Vertretern der Forschung wie der Praxis eingehen wie auch der Diskussionen, wie sie sich gewissermaßen intern auf den beiden Seiten zeigen. Mark Windschitl von der Universität Washington wird morgen früh darauf verweisen, dass Lehrkräfte heranzubilden vor allem eines bedeutet: Sie an die Fähigkeit heranzuführen, einen Unterricht zu ermöglichen, den sie selbst als Schülerin oder Schüler nie erlebt haben. Er wird berichten, wie die von ihm ausgebildeten Nachwuchslehrkräfte versucht haben, einen wissenschaftsbasierten Unterrichtsstil zu entwickeln, wie sie das, was ihnen angeraten ward, variiert haben und damit rückwirken konnten auf eine größere Gruppe von Praktikern. Claudia Schmellentin wird in ihrem Vortrag eine Seite der Implementation beleuchten, die auf die Rolle der Sprache zur Umsetzung des Bildungsauftrags der Schule verweist: Fachdidaktische Forschung und Entwicklung sind stets von der Hoffnung getragen, dass positive Ergebnisse auch umgesetzt werden mögen. Hinsichtlich der Bedingtheit sprachlicher Kompetenzen für fachliches Lernen geht es um mehr als die fachspezifische Optimierung des Lernens. Es geht um die chancengerechte Teilhabe an Bildung, wie Frau Schmellentin in ihrer Kurzfassung schreibt.

Volkhard Nordmeier wird am Donnerstag unseren Blick stärker auf hochschuldidaktische Aspekte lenken, wenn er von Studien zur Implementation fachdidaktischer Innovationen im Lehramtsstudium Physik berichtet.

Ich möchte mir einen Verweis auf einen Gedanken erlauben, der mich seit einiger Zeit immer wieder sehr beschäftigt, auch und insbesondere angesichts unseres Tagungsthemas:

Wenn wir die Implementation anstreben, sie ermöglichen und bestmöglich zu unterstützen versuchen, dann begeben wir uns in eine Rolle, die höchste Aufmerksamkeit verlangt: Wer wirksam implementieren möchte, möchte zunächst vor allem eines: überzeugen. Und wer vor allem überzeugen möchte, macht bestimmte Argumente stark und er macht andere schwach. Die Vielfalt der Ideen tritt dann zurück zugunsten einer Idee, der folgend implementiert werden soll. Das ist unproblematisch dort, wo wir uns der kritisch hinterfragenden Beobachtung durch unsere wissenschaftliche Gemeinschaft sicher sind. Da wird dem stark gemachten Argument womöglich ein ebenso starkes Argument entgegengehalten. Persönliche Überzeugung auf der einen Seite und wissenschaftlich gewonnene nüchterne Einsicht auf der anderen bleiben insoweit unterscheidbar.

Wenn wir jedoch – oft als Einzelperson - einen Lehrplan kommentieren oder eine Studienordnung aufsetzen, dann implementieren wir auch. Wir sind aber der Beobachtung durch unsere kritische wissenschaftliche Gemeinschaft meist entzogen. Oft müssen wir dann keine Kritik fürchten. Unsere Rolle mit Aufmerksamkeit zu füllen bedeutet hier, dass wir, auch wenn wir überzeugen möchten, unserem Gegenüber die Komplexität, oft auch Ambivalenz und Unsicherheit dessen, was wir in persönlicher Überzeugung gestalten möchten, nicht vorenthalten. Das ist ein Gebot der Redlichkeit. Es schützt davor, dass einst Geglaubtes nicht einfach überholt wird, weil dann doch als Irrtum erkannt, sondern dass es weiterhin als redlich gewonnene Einsicht gelten darf, die weiter entwickelt wird und in der Weiterentwicklung in neuer Gestalt fortlebt.

Ich wäre nicht ich, wenn ich nicht an dieser Stelle an die Auseinandersetzungen in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft um den Karlsruher Physikkurs erinnerte, die auch deshalb so schmerzlich verlaufen sind, weil eine machtvolle Gruppe die Vielgestaltigkeit dessen, was wir verhandeln, schlicht nicht ertragen wollte. Das aufzuarbeiten ist und bleibt Aufgabe.

Implementation verlangt Verve, erfolgreich ist sie aber nur, wenn wir selbst und unsere Einsicht formbar bleiben.

Ich wünsche uns allen in den kommenden vier Tagen intensive Konfrontation mit Vielgestaltigkeit und das gemeinsame Ringen um Einsicht darin, was die Teilhabe an Bildung in unseren Ländern befördern kann!

## **Diagnose – Intervention – Implementation im Spannungsfeld zwischen fachdidaktischer Forschung und unterrichtlicher Praxis**

### **Einleitung**

Die Fachdidaktik steht als wissenschaftliche Disziplin auch aufgrund ihrer Genese inhaltlich und organisatorisch zwischen dem Fach und den Bildungswissenschaften. In diesem Spannungsfeld haben sich in den letzten ca. 15 Jahren viele Kooperationen und Verknüpfungen etabliert, und zwar sowohl im Rahmen von interdisziplinären wissenschaftlichen Forschungsprojekten als auch im Rahmen von inhaltlichen und organisatorischen Absprachen zur Lehrerbildung in den verschiedenen Fächern an den Universitäten. Die neuen Zentren für Lehrerbildung und die Professional Schools of Education genauso wie die Zentren für Bildungsforschung haben auf den unterschiedlichsten Wegen effektive Brücken gebaut. Gemeinsame Arbeit wird auch in der Doktorandenausbildung geleistet, um die Komplexität des Forschungsfeldes abzudecken. Es werden zum einen z. B. Methodenworkshops organisiert und von Doktorierenden der unterschiedlichen Richtungen gemeinsam besucht und zum anderen werden Promotionsprojekte auch von Wissenschaftlern der unterschiedlichen Disziplinen gemeinsam betreut, so dass es zu echten win-win-Situationen gekommen ist.

Zusätzlich steht die Fachdidaktik zwischen den Anforderungen, die universitätsseits an eine wissenschaftliche Disziplin gestellt werden, und den praxisorientierten Anforderungen der Schulseite. Während die wissenschaftliche Leistung längerfristige Planungen und Perspektiven erfordert und an theoriebasierter Forschung, an internationalen Publikationen und Konferenzteilnahmen, an abgeschlossenen Dissertationen und eingeworbenen Drittmitteln gemessen wird, erwartet die Schulseite kurzfristige Reaktionen und nützliches Instruktionsmaterial, das an die Richtlinien des jeweiligen Bundeslandes angepasst ist, lokale Spezifika berücksichtigt und bei der Implementierung neuer Curricula hilft.

Während also das Spannungsfeld zwischen Fach- und Bildungswissenschaften inzwischen sowohl inhaltlich als auch organisatorisch konturiert ist, fehlen für das Spannungsfeld zwischen universitären und schulpraktischen Anforderungen weitgehend etablierte Organisationsstrukturen, auch wenn sich erste Ansätze zeigen. So schließen Universitäten oder einzelne Fächer Kooperationsverträge mit einzelnen Schulen, die unterschiedlich ausdifferenziert sind und die sich in der täglichen Praxis bewähren müssen. Auf überwiegend individueller Ebene finden projektbezogene Kooperationen statt und Lehrerfortbildungsinstitutionen sorgen für institutionenübergreifende Arbeitsgruppen. Hinzu kommen einzelne Tagungsinitiativen wie z. B. *Früher Bildungsdialog 2016 – Wissenskommunikation zwischen Bildungsforschung und Schule* im November 2016 an der Ruhruniversität Bochum.

Längerfristig angelegt sind Initiativen wie das im Rahmen der Exzellenzinitiative Lehrerbildung an der TU München eingerichtete Clearing House oder die sogenannten Fachverbände in Nordrhein-Westfalen. Ziel der Clearing House Initiative (TU München, 2016) ist es, den Forschungsstand zu wichtigen Themen des Unterrichts auf Basis von Meta-Analysen zusammenzufassen und für die Bildungspraxis aufzubereiten, um die wissenschaftliche Grundlage für die Lehrerbildung und das evidenzbasierte Handeln von Lehrkräften kontinuierlich auszubauen. Bei der Themenauswahl werden der konkrete Wissensbedarf der Praxis und aktuelle Forschungstrends berücksichtigt.

Die Fachverbände wurden an den Universitäten in Nordrhein-Westfalen eingerichtet, um eine Kooperationsbasis zwischen den Fachdidaktikern an den Universitäten, den Fachleitern an den Zentren für schulpraktische Lehrerbildung und den Ausbildungskoordinatoren

bzw. Fachlehrkräften an den Schulen zu schaffen. In diesen Gruppen wurden die Curricula zur Vorbereitung und Begleitung der Studierenden im Praxissemester vereinbart; durch gemeinsame Besuche des Unterrichts der Studierenden von Fachleitern und Fachdidaktikern können zum einen gemeinsame und auch unterschiedliche Positionen abgestimmt und diskutiert werden und die Kontakte zu den Lehrkräften an den Schulen intensiviert werden. In dieser Arbeit wird sehr schnell deutlich, dass die fachinternen Absprachen in der Universität in der Regel funktionieren. Dies ist auch die leichteste Aufgabe, weil es sich nur um eine Institution handelt. Die Absprachen der Fachleiter eines Faches über die verschiedenen Zentren für schulpraktische Lehrerbildung sind aufgrund unterschiedlicher formaler Vorgaben der Zentren schon schwieriger, lassen sich aber auf inhaltlicher Ebene noch recht einfach realisieren, weil es viel inhaltlichen Konsens gibt. Begünstigt werden diese Absprachen durch strukturell gegebene Kooperationen über die verschiedenen Zentren hinweg. Genau diese Ebene fehlt aber auf der Schulseite. Jede Schule und jede Lehrkraft bleiben Individuen mit spezifischen Charakteristika. Selbst organisatorische Absprachen für den Rahmen des Schulpraktikums sind nur durch einzelne Absprachen mit den Ausbildungskoordinatoren jeder beteiligten Schule möglich. Um die Zusammenarbeit mit der Schulebene zu verbessern, wäre eine Zwischenebene wünschenswert, die Informationen einerseits von der Universität an eine bestimmte Zahl Schulen, möglicherweise ein Schulnetzwerk, weitergibt, aber andererseits auch Nachfragen und Wünsche der Schulen bündelt und an die Universität gibt. Seitens der Universität könnten diese Strukturen in den Zentren für Lehrerbildung geschaffen werden und alle Informationen fachspezifisch sortiert und weitergereicht werden. Seitens der Schulen wäre z. B. ein Sprecher der Ausbildungskoordinatoren eines Schulnetzwerks ein geeigneter Partner, der die Wünsche aus den Schulen und Fächern bündelt und weiterreicht. Diese müssen nicht auf Ausbildungsaspekte beschränkt sein, sondern könnten auch Unterstützungsnachfragen und dergleichen betreffen.

Abgesehen von organisatorisch-strukturellen Fragen stehen inhaltliche Aspekte bei der Implementation fachdidaktischer Innovationen in den Unterricht im Vordergrund. Um die Bedeutung von Innovationen abschätzen zu können, ist der Prozess Diagnose - Intervention - Implementation wesentlich.

### **Diagnose – Intervention – Implementation**

Auf dem Weg von der Diagnose, also analytischen Untersuchungen des Ist-Zustandes, über Interventionsstudien, in denen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge untersucht werden, bis hin zur Überprüfung von Praxistauglichkeit und Implementationsstudien, in denen Rahmenbedingungen für erfolgreiche Implementationen untersucht werden, ist eine Menge an Entwicklungsarbeit zu leisten. Nach ersten Entwicklungen einzelner Beispiele für die Interventionsstudien muss eine Vielzahl von Beispielen zu unterschiedlichen Inhalten und Unterrichtssituationen erarbeitet werden, um diese in Implementationsstudien einsetzen zu können (Abb. 1).

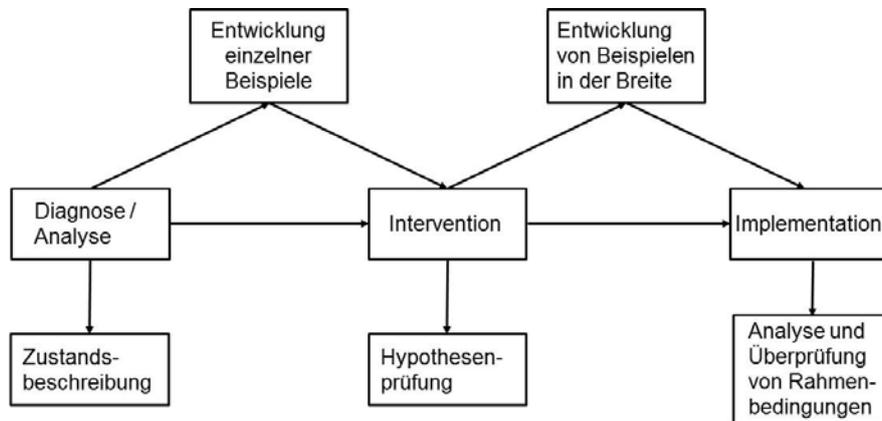


Abb. 1: Schritte auf dem Weg zur Implementation

Diagnosestudien im Sinne der detaillierten Beschreibung eines Ist-Zustandes haben in den Fachdidaktiken eine lange Tradition. Eine Linie lässt sich z. B. von der Vielzahl der Studien im Rahmen der Schülervorstellungsforschung in den 80er und 90er Jahren bis hin zur derzeitigen Kompetenzdiagnostik ziehen. Erweitert wird diese Perspektive in den letzten Jahren durch die intensiviertere Forschung im Bereich professioneller Kompetenz von Lehrkräften. Hinzu kommen Situationsanalysen jedweder Art. Ein Beispiel für eine Forschungslinie könnte man hier beginnend mit den frühen Arbeiten zur Gestaltung von Experimenten und Versuchsaufbauten bis hin zu den zahlreichen Videostudien der heutigen Zeit ziehen, bei denen Unterrichtsprozessbeschreibungen jedweder Art den Kern bilden. Methodisch reicht das Spektrum dieser Untersuchungen von detaillierten qualitativen Einzelstudien bis hin zu den quantitativen internationalen Vergleichsstudien zur Beschreibung unterschiedlicher Systeme. Die Datenerhebungen können einmalig oder mehrmalig erfolgen, entscheidend ist die Beschreibung und Begründung der Stichprobe, der eingesetzten Methoden und der Auswertungsverfahren.

Demgegenüber fokussieren Interventionsstudien auf die Untersuchung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen und dienen bei quantitativer Anlage in der Regel der Hypothesenüberprüfung. Sie können aber auch mit dem Ziel der Hypothesengenerierung qualitativ angelegt sein und haben häufig auch den Charakter von Evaluationsstudien. Die Studiendesigns (Campbell & Stanley, 1965) sind experimentell und werden nach pre-experimental, true-experimental und quasi-experimental unterschieden. Die Variablen werden differenziert nach unabhängigen, abhängigen und Kontrollvariablen unterschieden, die Datenerhebung prä, post und follow-up zur Intervention durchgeführt und häufig auch noch durch interventionsbegleitende Datenerhebungen ergänzt. In der überwiegenden Zahl der Fälle ist ein Kontrollgruppendesign erforderlich.

Bei Implementationen unterscheidet man verschiedene Strategien (Gräsel & Parchmann, 2004). Top-Down-Strategien sind hierarchisch und charakteristisch z. B. für die Einführung von Lehrplänen. Symbiotische Strategien entstehen z. B. aus dem Zusammenwirken von Schule, Wissenschaft und Bildungsadministration und Bottom-Up-Strategien sind z. B. charakteristisch für Schulentwicklungsprozesse. Die Prozessschritte setzen sich aus der Festlegung von Zielen und Inhalten, der Festlegung der Erfolgskriterien und ihrer Evaluation sowie der Analyse und Beschreibung von Einflussfaktoren zusammen. Als Beispiel mit fachdidaktischer Perspektive sind hier die Aktionsforschungsprojekte, die Implementationsstudien zu Chemie im Kontext und die Sinus-Projekte der Länder zu nennen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es in den Naturwissenschaftsdidaktiken zahllose Forschungsprojekte zur Diagnose und Beschreibung von Situationen gibt, dass die Zahl der

Interventionsstudien in den letzten zwanzig Jahren deutlich gewachsen ist und auch hier Methoden etabliert worden sind, dass es aber im Gegensatz dazu kaum Implementationsforschung gibt, die Hinweise auf Gelingensbedingungen gibt und z. B. die Variation von Rahmenbedingungen berücksichtigt. Im Folgenden werden zwei Forschungslinien aus meinem Arbeitsumfeld im Sinne des Prozesses von der Diagnose bis hin zur Implementation genauer betrachtet, und zwar einmal Arbeiten zur Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht und zum anderen Arbeiten zu Lösungsbeispielen als Instruktionsmaterial.

### **Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht, speziell im Chemieunterricht**

#### *Diagnose*

Um im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung die Situation, in diesem Fall also die Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern genauer beschreiben zu können, wurde zunächst einmal ein Messinstrument benötigt, das in der Lage ist, diese Kompetenzen getrennt von Kompetenzen im Bereich Fachwissen erheben zu können. Die ersten Schritte hierzu wurden in der Biologie- (z. B. Hammann et al., 2008; Mayer et al., 2008) und in der Chemiedidaktik (Klos et al., 2008; Mannel et al., 2015) im ersten Jahrzehnt des neuen Jahrtausends unternommen. Der in Essen entwickelte **naturwissenschaftliche Arbeitsweisen-Test (NAW-Test)** besteht aus Aufgaben zu den drei Teilbereichen Hypothesenbildung, experimentelle Umsetzung und Schlussfolgerung (Klos et al., 2008). Diese Dimensionen konnten empirisch aber nicht getrennt werden, so dass mit diesem Testinstrument ein Konstrukt „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen“ gemessen wird. Die hier erreichten Testergebnisse korrelieren in der Jahrgangsstufe nicht mit solchen, die in einem Fachwissenstest gemessen wurden. Das kann zu diesem Zeitpunkt an dem geringen Fachwissen liegen, zeigt aber auch, dass es sich bei den beiden Wissensbereichen um unterschiedliche Konstrukte handelt. In einer echten Längsschnittstudie in Klasse 7 konnte gezeigt werden, dass dieses Wissen prinzipiell entwickelbar ist und der Test in der Lage ist, diese Wissensunterschiede abzubilden (Klos, 2007). Das gilt auch für eine Untersuchung in der Jahrgangsstufe 12, allerdings treten hier Korrelationen zu Fachwissenstestergebnissen auf. Eine konfirmatorische Varianzanalyse bestätigt aber auch hier die unterschiedlichen Konstrukte (Henke, 2007; Sumfleth & Henke, 2011). Außerdem schnitten die Mädchen in der Jahrgangsstufe 7 im NAW-Test besser ab als die Jungen, während die Jungen die bekannten Vorteile im Fachwissenstest zeigten (Klos, 2007). Neben den Testvarianten für die Jahrgangsstufen 7 und 12 wurde auch eine Variante für leistungsschwache Schülerinnen und Schüler in der Jahrgangsstufe 5 entwickelt (Mannel, 2011; Mannel et al. 2015). Das mit diesem Testinstrument gemessene, vorhandene Wissen sagt allerdings nichts über dessen Anwendbarkeit in Experimentiersituationen aus, denn die Korrelationen der Testergebnisse mit Videodaten oder Protokollangaben sind gering (Emden, 2011; Emden & Sumfleth, 2012; 2016; Gut, 2012; Wissenschaftliches Konsortium HarmoS, 2008).

Die im Rahmen dieser Testentwicklung erworbenen Erkenntnisse flossen in die Testentwicklung im Rahmen der Evaluation der Bildungsstandards (ESNaS) ein (Pant et al., 2013; Wellnitz et al., 2012). Die hier eingesetzten Aufgaben wurden kooperativ mit Lehrkräften unterschiedlicher Schulformen und unterschiedlicher Bundesländer entwickelt. Dies ist ein gelungenes Beispiel für gemeinsame Entwicklungsarbeit von Schul- und Universitätsseite. Im Endergebnis führte dieser Prozess zu einer gestuften Beschreibung von Kompetenzstufen im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (Tab. 1) (Walpuski et al., 2013). Parallel zur Aufgabenentwicklung sind in diesem Rahmen von Lehrkräften auch Unterrichtsmaterialien entwickelt worden, um eine Förderung dieser Kompetenzen im Chemieunterricht zu unterstützen. Diese sind allerdings nie veröffentlicht worden, weil

offensichtlich das Risiko für Verlage in diesem Segment zu groß ist. Diese Aufgabensammlungen sind eben nicht in jedem Bundesland lehrplankonform.

<b>Kompetenzstufe 1</b>	<b>Kompetenzstufe 3</b>	<b>Kompetenzstufe 5</b>
einfache Versuchsanordnungen / überprüfbare Fragestellungen auswählen	Fragestellungen ableiten, die sich mit einem Experiment beantworten lassen	Grenzen von Experimenten erkennen und berücksichtigen
einfache chemiebezogene Fragestellungen wiedergeben	Experimente zur Hypothesenprüfung unter Berücksichtigung von Kontrollvariablen planen	Aussagekraft von Experimenten beurteilen
notwendige Experimentiergeräte und richtige Handlungsschritte zur Durchführung von Experimenten aus Vorgaben auswählen	mehrere Variablen beim Auswählen oder Planen von Experimenten berücksichtigen und in erhobenen Daten Strukturen und Beziehungen finden	Komplexe Experimente und Versuchsreihen unter Einbeziehung von Blindproben und Vergleichsexperimenten planen und auswerten

Tab. 1 Kompetenzstufen im Bereich Erkenntnisgewinnung (Walpuski et al. 2013)

Neben Testinstrumenten für quantitative Kompetenzmessungen liegt eine Reihe von Erkenntnissen zum Experimenteinsatz aus Videostudien vor. So konnten Walpuski und Schulz (2011) zeigen, dass von den bekannten Unterrichtsqualitätsmerkmalen vor allem Regelklarheit, das Einbringen von Vorwissen und Schülererklärungen mit dem Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler korrelieren (.25 bis .35). Die Videoaufzeichnungen von experimenteller Kleingruppenarbeit spiegeln vor allem wenig strukturierte Arbeitsprozesse der Schülerinnen und Schüler. Außerdem wird deutlich, dass die Schülerinnen und Schüler richtige Ideen häufig nicht berücksichtigen, gedankliche und experimentelle Fehler aber auch nicht erkennen und zudem keine Schlussfolgerungen aus ihren Beobachtungen ziehen (Rumann, 2005).

Beide Befunde führten zu Interventionsstudien, um aus der Diagnose abgeleitete Schlussfolgerungen auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen.

#### *Intervention*

Walpuski und Hauk (2014) griffen ihre Ergebnisse zu den Unterrichtsqualitätsmerkmalen in einer Studie mit einem Parallelklassendesign auf. In einer Klasse videographierten sie den Unterricht verbunden mit einer Prä-post-Datenerhebung, gaben der Lehrkraft dann entscheidende Hinweise zu den wesentlichen Qualitätsmerkmalen, bevor diese den Unterricht in der Parallelklasse durchführte. Auch dieser Unterricht wurde aufgezeichnet und durch eine prä-post-Datenerhebung begleitet. Die Ergebnisse zeigen deutlich höhere Ausprägungen Viele Qualitätsmerkmale und einen signifikant höheren Lernzuwachs ( $t(420) = 3.293$ ;  $p = .001$ ;  $d = .35$ ) sowie ein signifikant höheres situationales Interesse ( $t(275) = 4.196$ ;  $p < .001$ ;  $d = .54$ ), wobei das situationale Interesse den Lernzuwachs partiell mediiert. Man kann an dieser Stelle diskutieren, in wieweit diese Studie eine Interventionsstudie ist oder schon als erfolgreiche Implementation betrachtet werden kann. Allerdings können hier keine Aussagen zu Implementationsbedingungen gemacht werden.

Aus der ersten Diagnosestudie (Rumann, 2005) mit den Interaktionsboxen wurden auch Schlussfolgerungen für eine Interventionsstudie gezogen: Die Gruppenarbeit wurde im Hinblick auf experimentelles Arbeiten stärker strukturiert und der Umgang mit Fehlern unterstützt. Hierzu war wiederum erhebliche Entwicklungsarbeit mit Blick auf beide Faktoren notwendig. Die logische Schlussfolgerung war eine Interventionsstudie im 2 x 2-Design, die zu den bekannten Ergebnissen führte, dass ein Haupteffekt für die Fehler-

korrektur gefunden wurde ( $F(1,295) = 27.83$ ,  $\eta^2 = .086$ ,  $p < .001$ ), aber kein Effekt für die Strukturierung und auch kein Interaktionseffekt (Walpuski, 2006; Walpuski & Sumfleth, 2007). Damit musste die Strukturierungsmaßnahme überarbeitet werden. Zudem wurde sie um ein Strukturierungstraining ergänzt, deren positiven Effekt dann Wahser (2007) in ihrer Dissertation zeigen konnte (Wahser & Sumfleth, 2008). In der Folge dieser langen Forschungsarbeiten wurden dann Interaktionsboxen entwickelt und Lehrkräften zum Ausleihen zur Verfügung gestellt. Die Ausleihe wird durch einen Evaluationsfragebogen begleitet, so dass irgendwann Aussagen zum Nutzen für die Lehrkräfte gemacht werden können. Aber auch diese Maßnahme ist bestenfalls eine Evaluationsmaßnahme.

### *Implementation*

Auf der Basis aller Erkenntnisse zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung wurden dann in Zusammenarbeit mit der Schering-Stiftung Unterrichtsmaterialien für den integrierten Unterricht in den Jahrgangsstufen 5 und 6 entwickelt (Hübinger & Sumfleth, 2006; Hübinger et al. 2009; Emden & Sumfleth, 2009). In das Material wurde auch das Trainingsprogramm integriert. Die Bildungsstandards und die Kernlehrpläne verschiedener Schulformen und unterschiedlicher Bundesländer wurden berücksichtigt und sowohl modulare Arbeitshefte mit Aufgaben für die Schülerinnen und Schüler und Lösungen für die Lehrkräfte sowie ein Lehrerheft mit Rahmeninformationen und wichtigen theoretischen Grundlagen für die Lehrkräfte zur Verfügung gestellt. Im Rahmen der Entwicklung wurden diese Materialien von Lehrkräften nach intensiver Einarbeitung eingesetzt. Diese Studien geben erste Hinweise darauf, dass durch die Materialien zwar die methodisch-experimentellen Kompetenzen der Lehrkräfte gefördert werden, aber Material allein nicht unbedingt Veränderung bedeutet (Hübinger, 2008).

Es bleibt also die Frage, wie man von der Evaluation zur Implementation und möglichst zur Implementationsforschung kommt. Diese ist in vielen Fällen in irgendeiner Form mit Lehrerfortbildungsmaßnahmen verbunden. Um erfolgreiches Experimentieren mit derartigen Interaktionsboxen in die Schulpraxis zu bringen, wurden in zwei verschiedenen Studien Lehrerfortbildungsmaßnahmen umgesetzt. An der ersten Studie von Silke Schiffhauer (2014) aus der Arbeitsgruppe von Joachim Wirth nahmen 24 Lehrkräfte mit Parallelklassen teil. Die Schülerinnen und Schüler beider Klassen bearbeiteten prä und post zum Unterricht verschiedene Testinstrumente, um den Zuwachs an Strukturierungs- und Strategiewissen sowie Fachwissen zu erheben. Nach dem Unterricht in der ersten Klasse nahmen die Lehrkräfte an einer halbtägigen Fortbildung zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen statt. Von den 24 Lehrkräften fokussierten lediglich acht Lehrkräfte nach der Fortbildung auf die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, die anderen gingen mit derselben Absicht in den Unterricht, fokussierten aber wiederum auf die inhaltlichen Zusammenhänge. Bei den Schülerinnen und Schülern der acht Lehrkräfte wurden kleine Effekte in den Testergebnissen gefunden. Die Schwierigkeit des Vorhabens wird an diesem Beispiel sehr deutlich.

In einer weiteren Studie wurde der Schwerpunkt einer eintägigen Lehrerfortbildung zunächst auf das Wissen der Lehrkräfte gelegt (Schmitt, 2015; Schmitt & Melle, 2015). In dieser Lehrerfortbildung erhielten die Lehrkräfte zunächst eine theoretische Einführung in die Thematik der experimentell-naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen und diskutierten mögliche Unterstützungsangebote, die an einem Beispiel verdeutlicht wurden. Sie konnten dann selbst praktisch mit entsprechendem Unterrichtsmaterial arbeiten, bevor sie danach eigene Beispiele entwickelten. Abschließend wurden die Ergebnisse besprochen und der gesamte Prozess gemeinsam reflektiert. Die Studie wurde mit einem Kontrollgruppendesign durchgeführt. 54 Lehrkräfte nahmen als Interventionsgruppe an der beschriebenen Fortbildung teil und 39 Lehrkräfte, die die Vergleichsgruppe bildeten, nahmen an einer allgemeinen Experimentalfortbildung teil. Die Ergebnisse zeigten zunächst einmal, dass die Lehrkräfte mit der Fortbildung zufrieden und von den Inhalten überzeugt waren. Sie

beabsichtigten auch, die neuen Ideen im Unterricht umzusetzen. Bei den Lehrkräften der Interventionsgruppe änderte sich die Einstellung zum Experimenteinsatz ( $p < .001$ ,  $d = 0.69$ ,  $n = 47$ ), während die Vergleichsgruppe erwartungsgemäß keine Veränderung zeigte. Auch das experimentbezogene fachdidaktische Wissen nahm in der Interventionsgruppe zu ( $p < .001$ ,  $d = 0.62$ ,  $n = 42$ ), nicht aber in der Vergleichsgruppe. Bei der Materialentwicklung während der Fortbildung wurden die Fortbildungsinhalte berücksichtigt und umgesetzt, aber werden sie auch im eigenen Unterricht eingesetzt? Lediglich 13 Lehrkräfte waren bereit, die Projektgruppe in ihren eigenen Unterricht zu diesem Thema einzuladen und Videoaufzeichnungen zuzulassen. Diese Videos belegen, dass die Lehrkräfte tatsächlich den Unterricht entsprechend der Fortbildung durchführen. 77% der Schülerinnen und Schüler führen beim Experimentieren alle Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges durch und die übrigen lassen nur einen Schritt aus. Ergebnisse zur Qualität der Umsetzung und den Folgen für den Wissenszuwachs der Schülerinnen und Schüler fehlen in dieser Studie. Auch hier ist offensichtlich ein knappes Drittel der Lehrkräfte so erreicht worden, das sie selbst von der Umsetzung der Ideen überzeugt sind.

### **Lösungsbeispiele als Instruktionsmaterial**

#### *Diagnose*

Dieser Abschnitt wird hier kurz gehalten. Im Zuge der Zunahme an Heterogenität in den Klassenzusammensetzungen und der parallelen Forderung nach individueller Förderung jedes und jeder einzelnen Lernenden wächst der Bedarf an Materialien für das selbstgesteuerte, individuelle Lernen. Eine Materialoption sind hier Lösungsbeispiele. Lösungsbeispiele liefern expertenhaft Musterlösungen, die aus einer Problemstellung, den notwendigen oder verschiedenen möglichen Lösungsschritten und der endgültigen Lösung bestehen (z. B. Atkinson et al., 2000). Sie zeigen, wie ein Gesetz oder Prinzip angewandt wird (Renkl, 2005). Im Schulkontext können sie in unterschiedlichen Zusammenhängen eingesetzt werden, z. B. in zusätzlichen Lernzeiten im Ganztagsbetrieb oder als Hausaufgaben zum Nachbearbeiten durch Krankheit verpasster Inhalte oder prinzipiell zur individuellen Förderung und auch generell im Vertretungsunterricht. In den seltensten Fällen werden sie sicher im normalen Fachunterricht eingesetzt und sie sollten schon gar nicht an dessen Stelle treten.

#### *Intervention*

Zu dem Thema Lösungsbeispiele liegen wissenschaftliche Ergebnisse aus unzähligen, überwiegend lernpsychologischen Laborstudien vor, die ihre Lernwirksamkeit bei den unterschiedlichsten Inhalten unter verschiedenen Rahmenbedingungen zeigen. Für die Chemie seien hier die Arbeiten von Koenen (2014), Kölbach (2011) und Mayer-Richter (2005) genannt (Kölbach et al., 2015), wobei Koenen und Kölbach die Lösungsbeispiele auch im Schulkontext eingesetzt haben. Lösungsbeispiele sind lernwirksam, weil sie die Aufmerksamkeit auf die Lösungsschritte fokussieren und dadurch die kognitive Belastung reduzieren (Ward & Sweller, 1990), effiziente Problemlösestrategien veranschaulichen (Atkinson et al., 2000), den Aufbau elaborierter Wissensstrukturen, Verständnis und Transfer unterstützen (Schnotz, 2001; Schworm & Renkl, 2002) und sich positiv auf die Motivation auswirken (LeFevre & Dixon, 1986; Mackensen-Friedrichs, 2004, 2009; Stark, 1999). Und sie sind lernwirksam, wenn sie die Lernaktivitäten (z. B. Selbsterklärungen) durch Prompts unterstützen (z. B. Chi, 2000; Renkl, 2005) und in Design und Sequenz optimal gestaltet sind. Eine Grundlage hierfür bieten die Designprinzipien basierend auf der Cognitive Theory of Multimedia Learning (z. B. Mayer, 2009, 2014). Außerdem sollten Lösungsbeispielsequenzen eingesetzt werden, die ebenfalls bestimmten Strukturierungsprinzipien folgen müssen (Atkinson, Merrill, & Renkl, 2003; Große & Renkl, 2007). Offene Fragen betreffen vor allem das Zusammenwirken verschiedener Designprinzipien und Prompts. Wegen der

aufwendigen Materialentwicklung ist zudem der Einsatz von Lösungsbeispielen außerhalb von Laborsituationen ziemlich selten.

#### *Implementation*

Ein breites Materialpaket, das die Hauptinhalte des Chemieunterrichts in der Sekundarstufe I abdeckt, konnte mit Unterstützung der Müller-Reitz-Stiftung entwickelt werden und steht zum kostenlosen Download bereit (Schüßler et al., 2016). Bei der Materialentwicklung wurden die bekannten Designprinzipien und die Sequenzcharakteristika berücksichtigt (z. B. Mayer, 2009; 2014). Es wurden also mindestens zwei, meistens drei zusammengehörige Lösungsbeispiele entwickelt, die zwei verschiedenen Prinzipien folgen. Entweder werden die gleichen Inhalte gegebenenfalls unterschiedlicher Komplexität in verschiedenen Kontexten dargestellt (z. B. das Säurekonzept in den Kontexten Cola, saure Weingummis und Malventee) oder es wurde der gleiche Kontext genutzt, um aufeinander aufbauende Inhalte (z. B. Säurekonzept, Neutralisation und Indikator) darzustellen (Schüßler et al., 2016).

Während der Entwicklung wurden die Materialien breit evaluiert. Die Lösungsbeispiele wurden in 9. Klassen an Gymnasien und wenigen Realschulen eingesetzt. Der bei den Schülerinnen und Schülern erzielte Lernzuwachs ist groß ( $F(2,170) = 122.85$ ,  $p \leq .001$ ,  $\eta_p^2 = .591$ ; pre < post ( $p \leq .001$ ) & follow up ( $p \leq .001$ ) (Abb. 2).

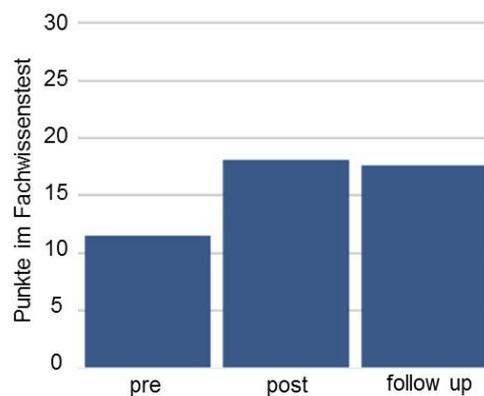
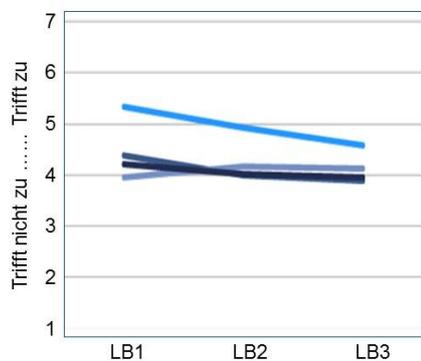


Abb. 2: Fachwissensentwicklung beim Arbeiten mit Lösungsbeispielen (Schüßler, i. V.)

Auch das Interesse am Arbeiten mit den Lösungsbeispielen bleibt über eine Folge von drei Beispielen erhalten (Abb. 3). Logischerweise nimmt das Abwechslungspotential der Methode über die drei Unterrichtsstunden ab.



- „Das Material ist eine gute Abwechslung zu den Aufgaben, mit denen ich normalerweise lerne.“
- „Ich würde gerne öfter mit ähnlichem Material lernen.“
- „Die Arbeit mit dem Material hat Spaß gemacht.“
- „Ich würde mit diesem Material Dinge, die ich noch nicht so gut verstanden habe, auch freiwillig lernen.“

Abb. 3: Interessensverlauf über drei Lösungsbeispiele (Schüler, i. V.)

Die hier beschriebenen Schritte sind erste Annäherungen an die Implementation, haben aber mit tatsächlicher Implementation und gar Implementationsforschung noch wenig zu tun. Kostenloser Download von evaluierten Materialien und einem dazugehörigen Lehrerhandbuch sowie die Verbreitung von Informationen zur Verfügbarkeit dieses Materials sagen nichts darüber aus, ob Lehrkräfte es nutzen (hier hilft auch ein Zählen der Downloads nicht weiter) und wenn sie es nutzen, wie sie es denn nutzen und ob es effektiv ist. Einen geeigneten, wenn auch optimierbaren Rahmen für Implementationsforschung bieten größere Schul- oder Unterrichtsentwicklungsprojekte.

### Das Schulentwicklungsprojekt GanzIn

Das Schulentwicklungsprojekt *GanzIn – Mit Ganztage mehr Zukunft. Das neue Ganztagsgymnasium NRW* ist ein Projekt der Stiftung Mercator, des Instituts für Schulentwicklungsforschung Dortmund (IFS), stellvertretend für die Universitätsallianz Ruhr (UAR), und des Ministeriums für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, in dem 30 Gymnasien in Nordrhein-Westfalen bei der Einführung des Ganztagsgymnasiums (2010-2015/2016-2018) durch Teams der Schulentwicklungsberatung und der Fachdidaktiken in den Fächern Deutsch, Englisch, Mathematik, Biologie, Chemie und Physik in der Strukturentwicklung, bei der Einführung des Ganztagsbetriebs und in der Unterrichtsentwicklung unterstützt werden (Emden et al., 2015; Koenen et al., 2016; Wendt & Bos, 2015). Hierbei stehen Diagnose- und Förderkompetenzen der Lehrkräfte und die Verbesserung der Unterrichtsqualität im Vordergrund. Diese Entwicklungsarbeiten und deren Implementation in den Unterricht der beteiligten Lehrkräfte werden durch eine Evaluation begleitet; um Implementationsforschung unter kontrollierten Bedingungen handelt es sich auch hier noch nicht.

Die Rahmenbedingungen in diesem Projekt sind dabei durchaus gut: Die Schulseite erhält vier Entlastungsstunden und 5.000 €/Jahr und die Fachdidaktikseite zwei halbe wissenschaftliche Mitarbeiterstellen für Beratung und Evaluation, und zwar genau dafür, nicht für die Erforschung von Implementationsbedingungen und deren Einfluss auf die Ergebnisse.

Die einzelnen Fächer entwickelten unterschiedliche Beratungskonzepte. Seitens der Chemie wurden alle 30 Gymnasien in der ersten fünfjährigen Phase über den ganzen Förderzeitraum hinweg in vier räumlichen Netzwerken begleitet (Emden et al., 2015). Es gab in allen Netzwerken jährlich zwei ganztägige Treffen mit den Fachkollegien der beteiligten Gymnasien. Die Arbeitstreffen waren immer über drei Phasen strukturiert. Zunächst fand eine theoretische Einführung statt, die auf Forschungsergebnissen basierte, durch Beispiele konkretisiert wurde und in Entwicklungsperspektiven mündete. Danach wurden diese Perspektiven in Kleingruppenarbeitsphasen diskutiert und entsprechendes Unterrichts-

material entwickelt. Zum Abschluss wurden gegenseitig Arbeitsaufträge verabredet, in die der Bedarf der Lehrkräfte einging. Die Evaluationsergebnisse zu diesem Begleitungskonzept waren durchaus positiv. Die Teilnehmerzahlen lagen bei ca. 100 verschiedenen Lehrkräften, von denen mehr als die Hälfte an mehr als der Hälfte aller Veranstaltungen teilnahm. 20 Lehrkräfte waren zu fast jedem Termin anwesend. In dieser Zeit entstanden eine offene konstruktive Zusammenarbeit beider Seiten, also der universitären und der schulpraktischen Seite, und ein geteiltes Verständnis unterrichtlicher Schwierigkeiten und über Ansatzpunkte zur Verbesserung der Unterrichtsqualität.

Für die laufende dreijährige Fortsetzungsphase des Projekts entschieden sich die Schulen, die Arbeiten in einem Unterrichtsfach und zu einem fachübergreifenden Thema zu intensivieren, so dass es jetzt zu intensivierten Implementationen der Unterrichtsveränderungen kommt. Die entstandenen Projekte sind also gemeinsam von beiden Seiten entwickelt worden. Schwerpunkt sind der Transfer der Erkenntnisse im ersten Schritt ins gesamte eigene Fachkollegium der jeweiligen Schule und der Austausch zwischen Fachkollegien und im zweiten Schritt in alle an GanzIn beteiligten Gymnasien. Dabei wird auch über eine breitere Dissemination an weitere Gymnasien nachgedacht. Die gemeinsame Arbeit ist auch im Fortsetzungsprojekt über unterschiedliche Phasen strukturiert. An eine Kick-off-Phase mit zwei ganztägigen Arbeitstreffen zur Konkretisierung der Aufgaben und zur Arbeitsverteilung über die Lehrkräfteteams schloss sich eine halbjährige Erarbeitungsphase an. Sie bestand aus fünf ganztägigen Arbeitstreffen zur Materialentwicklung, die auch zwischen den Treffen fortgesetzt wurde. Abschließend wurden die Materialien optimiert und aufbereitet und die Implementationsphase koordiniert. Diese wird durch prä-post-Datenerhebungen begleitet, die auch in einer Kontrollgruppe stattfinden, die aus anderen, in ihrer Schülerschaft vergleichbaren Projektschulen besteht. Nach dieser ersten Erprobungsphase findet eine zweite Iterationsschleife statt und danach der Rücktransfer in das Gesamtprojekt.

Insgesamt bietet das Projekt GanzIn durchaus optimale Bedingungen, die nur selten zu realisieren sind. Deswegen werden vermutlich auch Schlussfolgerungen, die für mögliche Implementationen in der Breite gelten, kaum möglich sein. Das bedeutet aber auch, dass Implementationsforschung deutlich darüber hinausgehen muss.

### **Zusammenfassung**

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der gesamte Bereich der Diagnose in der Naturwissenschaftsdidaktik durch facettenreiche Forschungsprojekte mit dem Ziel der Deskription der Situation methodisch gut untersucht wird bzw. untersucht werden kann. Auch der Interventionsbereich ist durch eine steigende Zahl von Interventionsforschungsprojekten mit differenzierten Untersuchungsdesigns gekennzeichnet. Demgegenüber gibt es im Bereich der Implementation eine ausgeprägte Evaluationsforschung, aber kaum oder keine wirkliche Implementationsforschung. Gräsel und Parchmann (2004) beschrieben Implementation als „*steinige(n) Weg, Unterricht zu verändern*“. Dieser Weg muss trotzdem gegangen werden. Verdeutlicht werden die zu überwindenden Schwierigkeiten an den zahlreichen Einflussfaktoren, die in unterschiedlicher Weise auf Implementationen wirken (Tab. 2) und zu deren Wechselwirkungen viele offene Fragen existieren. Während die beiden Ebenen Innovation und Lehrkräfte maßgeblich in den Kompetenzbereich der Fachdidaktik fallen, auf der zweiten Ebene ergänzt um die Expertise der Pädagogik und Lernpsychologie, gehören die Ebenen Einzelschule und Schulsystem überwiegend zum Kompetenzbereich der Pädagogik und Schulentwicklung.

<b>Ebene</b>	<b>Merkmal</b>
Innovation	Lösungsangebot für schulischen Bedarf Klarheit über Zielstellungen und Vorstellungsweisen Komplexität, Qualität und Praktikabilität
Lehrkräfte	Qualifikationen/Kompetenzen, Einstellungen, Subjektive Theorien, Selbstwirksamkeitserwartungen, Motivation (schulübergreifende) Kooperation Anzahl beteiligter Lehrkräfte
Einzelsschule	Schulkultur, (schulübergreifende) Kooperation Schulleitung, Steuergruppe
Schulsystem	Einbindung von Innovationen in Bildungsreformen Stabilität schulischer Kontexte, langfristige Unterstützung und Begleitung Realistische Zeit- und Ressourcenplanung, ausreichend Zeit Informationssystem

*Tab. 2: Einflussfaktoren auf Implementationen (Goldenbaum, 2013, S. 150)*

Implementationsprojekte sind Interventionsprojekte unter erschwerten Bedingungen, weil sie sehr aufwendige Forschungsdesigns erfordern, die mit Lehrkräften auch schulorganisatorisch schwer umsetzbar sind. Es mangelt vor allem auch an organisatorischen Rahmenbedingungen mit Vorteilen für beide Seiten. Erschwert wird die Gesamtsituation dadurch, dass die Projekte aufwendig und teuer sind und Stiftungen überwiegend ausschließlich Entwicklungsarbeiten finanzieren. Voraussetzung für derartige Projekte sind Kooperationsnetzwerke zwischen den Zentren für Lehrerbildung und interessierten Schulen. Um letztere zahlreicher zu gewinnen, müssen die zusätzlichen Aktivitäten auf Schulseite auch finanziell vergütet werden, d. h. bei derartigen Forschungsprojekten muss das Geld für Entlastungsstunden für die Lehrkräfte mit beantragt werden und es müssen Wege gefunden werden, diese Entlastungen in Kooperation mit Bezirksregierungen und Schulministerien auch zu realisieren. Dann wird eine Einbeziehung von Lehrkräften realistischer, inhaltlich möglich ist sie an den unterschiedlichsten Stellen. Da derartige Projekte auch universitärerseite mehr Schwierigkeiten machen als andere und das Drei-Jahres-Raster von Dissertationen sprengen, wird man zu einer nennenswerten Zahl von Forschungsprojekten nur kommen, wenn spezifische Projekt-Ausschreibungen durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung oder im Rahmen eines DFG-Schwerpunktprogramms erfolgen.

### **Danksagung**

Zum Schluss gilt der Dank all denjenigen, die über alle Disziplinen hinweg mit mir kooperiert haben, den unzähligen Schulleitungen und Lehrkräften und Tausenden von Schülerinnen und Schülern, die mitgeholfen haben, Projekte zu realisieren. Das alles wäre ohne eine Vielzahl von Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und ohne die finanzielle Förderung durch die DFG, das BMBF und die Stiftungen Mercator, Müller-Reitz und Schering nicht möglich gewesen.

### Literatur

- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A., & Wortham, D. (2000). Learning from examples: Instructional principles from the worked example research. *Review of Educational Psychology*, 70(2), 181-214.
- Atkinson, R. K., Merrill, M. M., & Renkl, A. (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.
- Campbell, D. T. & Stanley, J. C. (1965). Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching. In N. L. Gage (Ed.), *Handbook of research on teaching*. (2. Auflage). Chicago: McNally, 171-246.
- Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining expository texts: The dual process of generating inferences and repairing mental models. In: R. Glaser (Hrsg.), *Advances in Instructional Psychology*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 161-238.
- Emden, M. (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens*. Berlin: Logos.
- Emden, M., Koenen, J. & Sumfleth, E., (Hrsg.) (2015). *Chemieunterricht – im Zeichen von Diagnostik und Förderung – Ergebnisse und Hinweise aus den Arbeitstreffen der chemiedidaktischen Begleitung im Projekt „Ganz In“*. Münster: Waxmann.
- Emden, M., Ferber, N. & Sumfleth, E. (2015). Lernen im Ganztag: Chemie und naturwissenschaftlich-experimentelles Arbeiten – eine Zwischenbilanz. In: H. Wendt & W. Bos (Hrsg.): *Auf dem Weg zum Ganztagsgymnasium – Erste Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung zum Projekt „Ganz In“* (S. 349-374). Münster: Waxmann.
- Emden, M. & Sumfleth, E. (2009). Materialien für den Naturwissenschaftlichen Unterricht der Klassen 5 und 6: Wasser, die vielen Gesichter eines Stoffes: Bausteine F-H. Berlin: Schering-Stiftung. Zugänglich unter: [https://www.uni-due.de/chemiedidaktik/09\\_forschung\\_agsumfleth\\_wassermaterial.shtml](https://www.uni-due.de/chemiedidaktik/09_forschung_agsumfleth_wassermaterial.shtml).
- Emden, M. & Sumfleth, E. (2012). Assessing Experimental Procedures Through Different Formats – A Comparative Study (e-book). In E. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Hrsg.), *Ebook Proceedings of the ESERA 2011 Conference. Science learning and Citizenship Part 10: Evaluation and assessment of Student learning* (pp. 23-29), Lyon. Verfügbar unter: [http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e\\_book/base/ebook/ebook-esera2011.pdf](http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e_book/base/ebook/ebook-esera2011.pdf).
- Emden, M., & Sumfleth, E. (2016). Assessing Students' Experimentation Processes in Guided Inquiry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(1), 29-54. (online-first: August 2014). DOI: 10.1007/s10763-014-9564-7
- Goldenbaum, A. (2013). Implementation von Schulinnovationen. In M. Rürup & I. Bormann (Hrsg.), *Innovationen im Bildungswesen, Educational Governance*, DOI 10.1007/978-3-531-19701-2\_7, Wiesbaden: Springer Fachmedien, 149-172
- Gut, C. (2012). *Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz*. Berlin: Logos.
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M., & Grimm, T. (2008). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42(2), 66-72.
- Henke, C. (2007). *Experimentell-naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Oberstufe. Untersuchung am Beispiel des HIGHSEA-Projekts in Bremerhaven*. Berlin: Logos.
- Hübinger, R. (2008). *Schüler auf Weltreise. Entwicklung und Evaluation von Lehr-/ Lernmaterialien zur Förderung experimentell-naturwissenschaftlicher Kompetenzen für die Jahrgangsstufen 5 und 6*. Berlin: Logos.
- Hübinger, R. & Sumfleth, E. (2006). Materialien für den Naturwissenschaftlichen Unterricht der Klassen 5 und 6: Mein Körper und ich auf Weltreise: Bausteine A-E. Berlin: Schering-Stiftung. Zugänglich unter: [https://www.uni-due.de/chemiedidaktik/09\\_forschung\\_agsumfleth\\_weltreisen.shtml](https://www.uni-due.de/chemiedidaktik/09_forschung_agsumfleth_weltreisen.shtml).
- Hübinger, R., Emden, M. & Sumfleth, E. (2009). *Mein Körper und ich auf Weltreise & Wasser, die vielen Gesichter eines Stoffes: Materialien für den Naturwissenschaftlichen Unterricht der Klassen 5 und 6*. Berlin: Schering-Stiftung.
- Gräsel, C., & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung - oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, 33, 196-213
- Große, C. S. & Renkl, A. (2007). Finding and fixing errors in worked examples: Can this foster learning outcomes? *Learning and Instruction*, 17(6), 612-634.
- Klos, S. (2007). Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts. Berlin: Logos.
- Klos, S., Henke, C., Kieren, C., Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2008). Naturwissenschaftliches Experimentieren und chemisches Fachwissen: Zwei verschiedene Kompetenzen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(3), 304-321.
- Kölbach, E. (2011). *Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen*. Berlin Logos.

- Kölbach, E., Maier-Richter, A. & Sumfleth, E. (2015). Lösungsbeispiele – Eine besondere Form von Lernaufgaben zur Unterstützung individuellen Lernens in den Naturwissenschaften. *Chemie Konkret*, 22(1), 7-14.
- Koenen, J. (2014). Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftliche-experimenteller Arbeitsweisen. Berlin: Logos.
- Koenen, J., Emden, M. & Sumfleth, E. (Hrsg.) (2016). *Chemieunterricht - ganz im Zeichen der Erkenntnisgewinnung – Ergebnisse und Hinweise aus den Arbeitstreffen der chemiedidaktischen Begleitung im Projekt „Ganz In“*. Münster: Waxmann.
- LeFevre J.-A. & Dixon, P. (1986). Do written instructions need examples? *Cognition and Instruction*, 3(1), 1-30.
- Mackensen-Friedrichs, I. (2004). Förderung des Expertiserwerbs durch das Lernen mit Beispielaufgaben im Biologieunterricht der Klasse 9. Universität Kiel, Dissertation; [http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation\\_diss\\_1303](http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_1303) - letzter Zugriff 25.11.2016
- Mackensen-Friedrichs, I. (2009). Die Rolle von Selbsterklärungen aufgrund vorwissensangepasster, domänenspezifischer Lernimpulse beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 155-172.
- Maier-Richter, A. (2005). Computerunterstütztes Lernen mit Lösungsbeispielen in der Chemie – Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Löslichkeit. Berlin: Logos.
- Mannel, S. (2011). *Assessing Scientific Inquiry. Development and Evaluation of a Test for the Low-Performing Stage*. Berlin: Logos.
- Mannel, S., Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2015). Erkenntnisgewinnung: Schülerkompetenzen zu Beginn der Jahrgangsstufe 5 im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 99-110
- Mayer, J., Grube, C. & Möller, A. (2008). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U. Harms & A. Sandmann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Band 3). Innsbruck: Studien Verlag, 63-79.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning – Second Edition*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (Ed.) (2014). *Cambridge Handbook of multimedia learning. Second Edition*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T., & Pöhlmann, C. (Hrsg.) (2013). *IQB-Ländervergleich 2012 - Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I*. Münster: Waxmann.
- Renkl, A. (2005). The worked-out example principle in multimedia learning. In: R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press, 229-245.
- Rumann, S. (2005). Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik. Berlin: Logos.
- Schiffhauer, S. (2014). Fördermöglichkeiten experimenteller Fähigkeiten mithilfe einer Kombination von computerbasierten und realen Lernumgebungen. Dissertation: Universität Duisburg-Essen; zugänglich unter <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DozBibEntryServlet?mode=show&id=46394>.
- Schmitt, A. (2015). Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Berlin: Logos.
- Schmitt, A. & Melle, I. (2015). Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. In: S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014. Kiel: IPN, 124-126.
- Schnotz, W. (2001). Lernen aus Beispielen: Ein handlungstheoretischer Rahmen. *Unterrichtswissenschaft. Zeitschrift für Lernforschung*, 29(1), 88-95.
- Schübler (i. V.). Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht - Einflüsse auf kognitive Belastung, Motivation und Lernerfolg. Universität Duisburg-Essen: Dissertation
- Schübler, K., Emden, M., & Sumfleth, E. (Hrsg.) (2016). Lösungsbeispiele für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I. (Lehrerinformation und Lösungsbeispiele zu neun Themenbereichen). Verfügbar unter: [https://www.uni-due.de/chemiedidaktik/09\\_sonstiges\\_downloads\\_loesungsbeispiele.php](https://www.uni-due.de/chemiedidaktik/09_sonstiges_downloads_loesungsbeispiele.php).
- Schworm, S. & Renkl, A. (2002). Lernen effektive Lösungsbeispiele zu erstellen: Ein Experiment zu einer computerbasierten Lernumgebung für Lehrende. *Unterrichtswissenschaft. Zeitschrift für Lernforschung*, 30(1), 7-26.
- Stark, R. (1999). Lernen mit Lösungsbeispielen – Einfluss unvollständiger Lösungsbeispiele auf Beispiellaboration, Lernerfolg und Motivation. Hogrefe Verlag, Göttingen.
- Sumfleth, E. & Henke, C. (2011). Förderung leistungsstarker Oberstufen-schülerinnen und -schüler im HIGHSEA-Projekt am Alfred-Wegener Institut, Bremerhaven. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 89-113.
- TU München (2016). <https://www.edu.tum.de/qualitaetsoffensive/clearing-house-unterricht/> letzter Abruf 22.11.2016

- Wahser, I. (2007). Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. Berlin: Logos.
- 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. (2006). Optimierung experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback. Berlin: Logos.
- Walpuski, M. & Hauck, A. (2014). Gestaltung lernwirksamer Experimentierphasen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 67(7), 402 - 407
- Walpuski, M. & Schulz, A. (2011). Erkenntnisgewinnung durch Experimente. *Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae*, 37 (104), 6 – 27
- Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2007). Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 181-198.
- Walpuski, M., Sumfleth E. & Pant, A. H. (2013). Kompetenzstufenmodelle für das Fach Chemie. In: H. A. Pant, P. Stanat, U. Schroeders, A. Roppelt, T. Siegle & C. Pöhlmann (Hrsg.), IQB-Ländervergleich 2012 - Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I. (S. 83-91). Münster: Waxmann.
- Ward, M. & Sweller, J. (1990). Structuring Effective Worked Examples. *Cognition and Instruction*, 7(1), 1-39.
- 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 Erkenntnis-gewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 263-293
- Wendt, H. & Bos, W. (Hrsg). Auf dem Weg zum Ganztagsgymnasium – Erste Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung zum Projekt ‚GanzIn‘. Münster: Waxmann.
- Wissenschaftliches Konsortium HarmoS Naturwissenschaften+ (Hrsg.) (2008). HarmoS Naturwissenschaften+ - Kompetenzmodell und Vorschläge für Bildungsstandards, Wissenschaftlicher Abschlussbericht. CLIP, Bern.

## **Preparing novices to disrupt traditional science instruction: Our need for a practice-based vision of teaching excellence**

The field of teacher education is undergoing a major shift—away from a focus on specifying the necessary knowledge for teaching and toward identifying teaching practices that embody knowledge-in-use. (Ball & Forzani, 2009; McDonald, Kazemi, & Kavanagh, 2013). For the past twelve years the Teacher Education Program at the University of Washington has grounded the preparation of secondary science teachers in core practices that are central to the work of rigorous and equitable instruction. In this presentation I define the theory behind the selection of core practices, give the rationale for our strategic selection of a small number of such practices, and provide examples of what these “look like and sound like” in the classroom. I then describe how a focus on these practices enabled teacher educators associated with our program (including methods instructors, field supervisors, cooperating teachers) support novices in more principled and coordinated ways as they learned to take up complex forms of instruction. I also preview research findings from a study of first-year educators, which compares the instruction of graduates from a TE program that features core practices with graduates of programs that do not feature core practices as central to their work.

### **“Teaching about Teaching”**

Across the 1500+ institutions that educate and license teachers, the quality of learning experiences varies widely (Wang et al., 2003). Among the reasons for inconsistency is that the content of the preparatory experiences—course work, field experiences—does not routinely draw upon high-quality knowledge bases of how students or pre-professionals learn. There is no common curriculum for the preparation of teachers or shared best practices around the design of courses such as those focusing on instructional methods (Clift & Brady, 2005; Wilson, 2011). Wilson and colleagues (2002) found that preparation in pedagogy (e.g., courses in instructional methods, learning theories, and classroom management) could improve both teachers’ practice and outcomes for students, however the research had not yet made clear what specific elements of these experiences yielded results. There is some evidence that training experiences for teachers are centered more on managing both material activities and students themselves and less on designing opportunities for students to reason about ideas (Adams & Krockover, 1997; Freese, 2006; Grossman et al., 2009; Levine, 2006).

An analysis of a national sample of elementary science methods courses by Smith and Gess-Newsome (2004) found that the inclusion of content related to the standards was rare, and there were no clear linkages between the course goals, the learning activities, and assignments described to support those goals. The authors found that, as science teacher educators developed and taught these courses, they chose course content based on personal biases, self-selected objectives, and perceived program needs. They concluded that “what happens in methods classes depends largely on the beliefs and knowledge of the instructor in much the same way that what and how science is taught in the schools is dependent on the personal theories of classroom teachers” (p. 107). This is consistent with findings in other subject matter areas, that portray chances for novices to learn as shaped primarily by the past experiences, skills, and worldviews of their instructors and cooperating teachers (Ball, Sleep, Boerst, & Bass, 2009; Deussen, Coskie, Robinson, & Autio, 2007; Little, 1990).

The unsystematic approach to teacher preparation, and in particular the widely varying supports for learning about instruction itself, eventually contributes to inequities in our schools.

### **A Turn Toward Core Practices**

The lack of focus within and across preparation programs has prompted some teacher educators (e.g., Franke & Chan, 2007) to propose a rethinking of how novices can begin to learn through the development of a set of core instructional practices for use in K-12 classrooms that can be taught to and implemented by beginning educators. This set of practices would be anchored in important learning goals for K-12 students, in the literature of how students learn, and in emerging longitudinal research about how novices learn to teach. Our vision is that selected core practices (CPs) make up the central pedagogical repertoire of ambitious teaching in science.

By *teaching practices* we mean the recurring professional work devoted to planning, enacting, and reflecting on instruction. Strong examples include demonstrating to learners how one talks about supporting a claim with different forms of evidence, or moderating a whole class sense-making discussion. There are other forms of teacher activity that could be defined as practices, but for various reasons students learn little from them. Examples include implementing curriculum without adapting it to the needs of students, having students memorize lists of factual information, or providing written or oral feedback to students in the form of “correct” or “incorrect.”

Within the context of teacher education, the idea of “a practice” has been underspecified and under-theorized. For this reason we borrow from social practice theorists (Bourdieu, 1977; Feldman & Pentland, 2003; Reckwitz, 2002) to propose the following:

A teaching practice:

- has a goal that can be stated in terms of how it supports some aspect of students’ participation and/or learning,
- employs a prototypical sequence of interactions with learners
- uses characteristic tasks, tools, and forms of talk, and
- maintains underlying principles that constrain what counts as an example of the practice while allowing for productive variations.

At the University of Washington, we selected four sets of core practices for use by our science teacher educators and our novices. This selection was based on several criteria. First, the practices had to be applicable to the everyday work of teaching. They had to apply to teaching different topics within science, and support student work that is central to the discipline. For example, the consensus document *Taking Science to School* (NRC, 2007) points out that students should be able to generate and evaluate scientific evidence and explanations, understand the nature and development of scientific knowledge, and participate productively in scientific practices and discourse (NRC, 2012, p. 251). These proficiencies and other research-based resources helped to narrow down the selection of core teaching practices.

The second set of criteria relates to the work of teacher preparation. Our practices had to be conceptually accessible to learners of teaching, which means that they had to be able to be articulated and taught by more knowledgeable others. They then had to be able to be practiced by beginners in their university and field-based settings, and in the process be revisited in increasingly sophisticated and integrated acts of teaching (Hatch & Grossman, 2009).

A third set of criteria makes the UW science core practices unique. We selected practices that were linked to one another instructionally and that played recognizable roles in a coherent system of teaching. This system of inter-related core practices, we felt, would support more comprehensive student learning goals and embody a broader theory of action about the relationships between instruction and learning than would a set of practices that did not act together to support learning. In practical terms, the whole would add up to more than the sum of its parts.

For our program we used the criteria described above to select four sets of core practices. The first of these are planning practices that help teachers construct units of instruction in which the focus is on important science ideas. The second set of practices are focused on eliciting students' ideas and activating prior knowledge. The third set is devoted to supporting changes in student thinking through the use of science practices and individual as well as collective sense-making. The fourth set of practices supports students in drawing together ideas and various forms of evidence from previous lessons to argue for and make changes in their explanations and (scientific) models.

To be clear, we do not believe that these practices comprise the full scope of effective teaching; there are many other things that science teachers need to be able to do to support student learning and participation. However, of *all* the different kinds of work that make up science teaching, we decided that we'd like our graduates to be competent and well-started on these four sets of practices. In addition, nearly every aspect of rigorous and equitable instruction is taught by us within the context of these four sets of practices. This includes formative assessment, discourse strategies, group work, lesson planning, attention to standards, analyzing and modifying existing curriculum materials, and even classroom management.

In the following section I describe one of these sets of practices and provide examples of the characteristic talk, tasks, and tools that are used.

#### **A closer look at one set of core practices**

I now unpack the third of our core practice sets, called "Supporting changes in student thinking." One goal of this coordinated set is to help students use ensembles of scientific practices to test ideas they believe are important to their developing explanations and models—i.e. posing questions, designing ways to collect data, collecting and analyzing data, or evaluating a model for gaps or inconsistencies. A second goal is to foster productive talk between students in the form of developing ideas together and critiquing one another's thinking.<sup>1</sup>

For the purposes of this paper I will focus on the second of these three practices, however it will make more sense if it is described within the context of the other two. The three practices making up this set are: (1) Introducing ideas to reason with, (2) Engaging students with observations or data, and (3) Using knowledge products to revise theories or models. The first of these practices involves a "time for telling" in which the teacher selects some

idea associated with a complex phenomenon that students are expected to develop and revise explanations for across the trajectory of the unit. The science idea is not “discoverable” by students (think of alleles, unbalanced forces, or chemical equilibrium) and is introduced with the intention of having them use it in the subsequent practice as a lever for reasoning about observations and patterns in data. The introduction of conceptual ideas can be determined by students’ current gaps in understanding or by a teacher’s inference of what a logical next step is in constructing an explanation for the anchoring event. We acknowledge here that there is no research consensus about whether teachers should introduce new conceptual ideas as a prelude to investigations, labs, or activity, or alternatively, whether they should engage students in activity before introducing new ideas. The second practice, which we describe in detail below, involves scientific work such as hypothesizing, carrying out studies, and making sense of data patterns and new ideas. The third practice involves returning to public records of thinking and making revisions based on new data and new concepts introduced during instruction. This set of three practices would be used *multiple times* throughout a unit as students gradually work toward more coherent, elaborated, and accurate scientific understandings of complex phenomena.

As mentioned previously, we’ll focus in on the second practice in this set: Engaging students with observations or data. We’ll assume that the teacher has already introduced a new science idea via an interactive form of direct instruction/demonstration. This second practice has three elements.

The first element that we would see and hear is the teacher *framing the work* that the students are about to do. During the framing, the teacher describes what kind of group work students will be engaged in and expresses clear expectations for how students will participate in the work with one another at the level of intellectual work and peer-to-peer talk. Only after this does the teacher give directions and model key parts of the activity in order to support ELLs and students who struggle to interpret written directions.

The second element involves *moving among the tables*. To our teacher education students this comes to represent their close engagement with small groups of learners in ~3 minute segments of time. What would we see and hear? The teacher is moving into the space of a group of students who are engaged in an activity or science practice designed to help them understand a science idea more deeply. The teacher physically gets down at “head level” with students (as opposed to looming over them), and listens to the conversation. Depending upon what is being talked about the teacher asks a probing or pressing question. This question is not broad (“What are you talking about here?”) but references something particular about the activity or something the students have written or said. The question always has a follow up, such as “What makes you think that?” or “Where have you represented your thinking about that here?” In most visits to a table this follow-up is specifically addressed to another student in the group, and occasionally targeted to someone who has not been in the conversation so far. The follow-up used here is “Do you agree with your partner?”, “Would you like to add on?”, or “Can you put that in your own words?” During the questioning the teacher shifts eye contact from one student to another every couple of seconds to “bid” different individuals to participate, all the while being mindful of cultural norms that make some students uncomfortable with this type of engagement. The novice teacher uses a tool called Back-pocket Questions to help select what to say in response to students’ ideas, rather than to improvise spontaneously.

While the teacher listens in these small groups, she/he can make a note about an unusual idea or question the group has described, and ask them “I like that idea you were mentioning, would you be willing to share that in a few minutes when we have a whole class discussion?” This primes the student(s) to rehearse what the group might say to their peers, and increases the chances that the later whole class conversation will not stall out for lack of initial participation by students. The teacher ends the three minutes by asking a “leaving question.” This is a request to talk further, after the teacher moves on, about a question that focuses students’ attention on one part of the activity, problem, or representation they are working with.

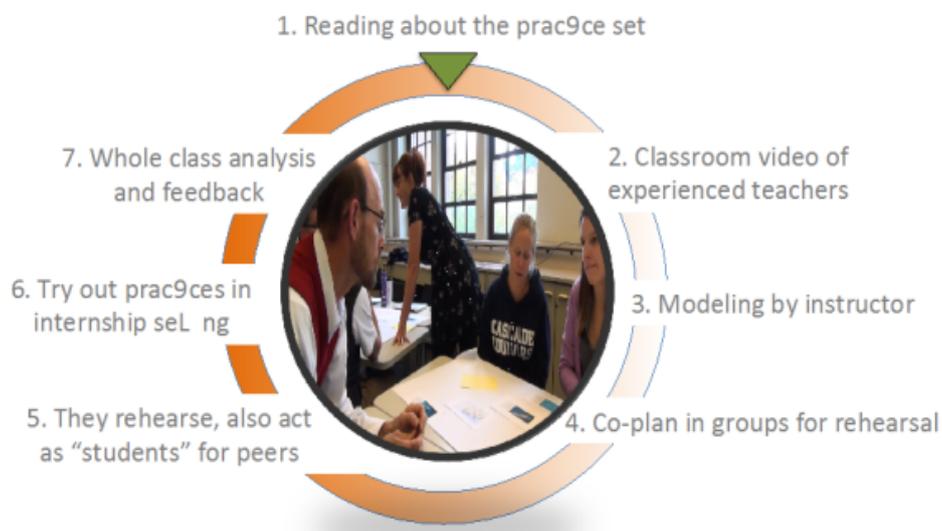
The third element we’d see and hear is a *whole class sense-making conversation*. Here students are asked to share ideas from the small group work that represents their current thinking; these can be observations, models, conceptual drawings, or partial explanations. The teacher does a mini-framing here, reminding students that there are many legitimate ways to express ideas and explanations for the same phenomenon, through language or pictorially, with different combinations of science words and everyday vocabulary. Ideas can be justified using analogies, stories, data, or reference to authoritative information. To invite a wide range of students to participate in the conversation, the teacher initially asks students to share what they observed or what data patterns they noted. They do not initially press for explanations or ask “Why do you think that?” The teacher uses a tool referred to as a Summary Table, which students become familiar with over multiple units. It structures the conversation for both the teacher and the students. The table guides the teacher and students to first come to consensus about what was observed. Following that the teacher will ask students what they believe caused the patterns they saw, and prompt them to use the science ideas introduced earlier in the class period. In the final part of the conversation, the teachers asks about how the activity of the day relates to the larger and more complex science phenomena that are anchoring the entire unit. Conversations can focus on different ways of constructing explanations for the same event, unpacking the meaning of science concepts, or showing how a model could change in response to new evidence. In the process everyone has a chance to hear how others are reasoning about the same problems. The teacher reinforces particular norms and makes expectations explicit as this collective thinking takes place. Students’ representations, for example, are referred to as “works in progress” and are expected to change or have questions asked about them as a result of public discussion.

A variety of discourse moves are used by the teacher, including asking pressing and probing questions, revoicing, use of wait time, use of turn-and-talk, asking students to comment on their ideas of their peers, non-evaluative responses, and a number of other strategies to help students talk about their ideas and the ideas of their peers.

Despite the structure of this practice and the characteristic forms of talk, tasks and tools used, the work done by the teacher cannot be scripted. Decisions about what to do next are determined as much by the students’ current levels of engagement and knowledge of key ideas as they are by the practice framework. Responsiveness to students’ ideas and puzzlements is valued, making it is a matter of principled judgment what to do from the first moments of the lesson. In our experience, no two instantiations of these practices look or sound the same, rather all examples bear a “family resemblance,” in large part because of the underlying principles used to shape classroom interactions.

### How it helps us contribute to teacher education

In recent years, practice-based approaches to preparing teachers have led to the exploration of “pedagogies of enactment” (Grossman & McDonald, 2008). These pedagogies (for clarity we use “pedagogies” used by teacher educators to distinguish from “practices” used by classroom teachers) feature apprenticeship-like activity in which novices learn to participate in specific practices that are core to the work of teaching (Ball et al., 2009; Kloser, 2014). In this participation regime the novice can take on the role of the teacher or a student, but in either case the challenges of teaching a particular practice is unpacked in terms of student responses and opportunities to reason about science (see below). These pedagogies have been incorporated into cycles of learning experiences that begin by observing skilled teaching at the level of an individual practice, most often with the teacher educator modeling instruction and novices playing the role of students. During this modeling, action can be stopped to draw attention to moves by a teacher or questions by the novices about why certain instructional choices were made. The modeling episode is then analyzed by the group. Novices prepare for their own approximation of that practice (referred to as a rehearsal) with guidance from the teacher educator. They then enact a practice or part of a practice under supportive conditions, with peers playing the role of students. Novices are given feedback immediately after these performances and have the option of video-recording the rehearsal for later analysis. The novices can then plan for enactment of these practices in a “live” classroom with students, and again receive feedback (Kazemi, Ghouseini, Cunard & Turrou, 2016).



What makes cycles of enactment a good theoretical fit for learning our core practices is that rigorous and equitable instruction relies on the ability of the teacher to assess how students are currently thinking and to be responsive in some way to their needs, experiences, questions, and ideas. The pedagogies of enactment—modeling of practices for novices, rehearsing, approximating practices with K-12 students—require a person in the role of teacher interacting with and being responsive to other individuals in the role of students.

These habits and skills are central to our four core practices. One cannot learn reform teaching only by reading about it, analyzing it, or planning for it. A different kind of knowledge emerges when engaging with students in the work itself, even if one's students are peers playing a role. This is a very different approach to science teacher education than the common practices of “running through an activity” with novices.

This vision for professional preparation emerges from a stance that K-12 students, beginning teachers, and teacher educators (TEs) each have unique responsibilities to extend their own learning, and that members of these groups play a role in a larger system in which learning at each level is shaped by the activity and responsibilities of actors at other levels. Figure 1 represents these relationships. We propose that the goals for students' learning expressed in the *NGSS, Framework*, and other authoritative documents make up the foundation level (Level A). Realizing these goals requires regular opportunities to learn for students that are designed and enacted by teachers (Level B).

8

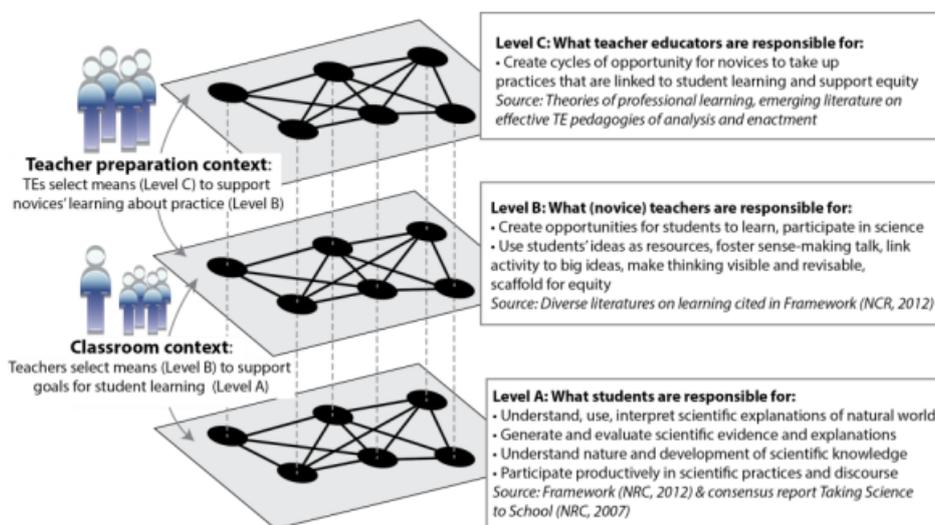


Figure 1. The inter-related learning challenges for students, teachers, teacher educators.

These opportunities are informed by the various research literatures on the conditions under which students of all backgrounds can learn and participate in science. Level B, then, represents what novice teachers must learn in order to support student-learning goals described at Level A. Teacher educators (Level C) face their own pedagogical challenges because Level B represents sophisticated teaching practice that requires skilled support within the context of professional preparation. Thus learning challenges for teachers at Level B also represent the goals for teacher educators who must develop the means to support their novices to do this work in classrooms. What actors have to learn is vastly different at each of

these three levels, with the *greatest demands of knowing and expert practice falling upon teacher educators*, whose deep understanding of Levels A and B are requisite for their work with novices.

### **How it helps us study instruction**

There are a number of ways that core practices allow instruction by novices to be investigated. Perhaps the most promising program of research that we've been involved in is the study of the variation in how these practices are taken up in classrooms (outside the context of rehearsals in the university setting). By variation we refer to the changes that novices make in the basic talk, tasks or tools that are used in a practice, while remaining aligned with the underlying principles. Our practices have become informed not just by theory or by well-designed research studies, but by the on-going work by novices in the field who help us understand how these practices should evolve over time (Thompson, Windschitl, & Braaten, 2014).

One line of our research has been devoted to studying how English Language Learners can be supported to participate more fully in the intellectual work of the science classroom. In the Puget Sound region we have both novices and experienced teachers experimenting with talk routines (structured talk, A-B partner talk) and formative assessments (exit slips that allow students to give feedback to the teacher about how they were or were not able to participate in group work that day) to help us understand what tools and routines should be added to the resources that are used in the core practices. Because these teachers are using core practices, other teachers who also share this vision of instruction can more easily see how new tools and routines make sense in supporting learners.

Another line of research that we can preview here has been the follow-up of novices into their first year teaching. There is an assumption that core practices have value beyond the clinical experiences of teacher education. But it has remained an article of faith that core practices can influence the quality of teaching by novices as they enter their own classrooms. Until recently this has never been tested. We offer a preview of a study that our colleague, Hosun Kang, of the University of California at Irvine, is taking the lead on.

We identified 31 novices who completed a teacher education program that based methods and assessment classes in the sets of core practices described above. We also identified 13 first-year novices who graduated from preparation programs that did not use core practices. We followed both groups into their first year of teaching, making multiple visits to their classrooms. We took observational data, collected artifacts of student work, debriefed with the participants, and conducted multiple interviews with them.

For this analysis, we were not looking for any particular forms of practice to be used in their classrooms, rather we were assessing the quality of opportunities to learn for students. We looked at four criteria for OTL: the framing of the lesson by the teacher, the demand of the task in terms of students' participation in science practices, the cognitive demand of the tasks that the lesson was based on, and the level of responsiveness of the teacher to students' ideas during the lesson. Each of these four was rated in all observations as high, medium, or low. These levels refer to the potential to support intellectual work and/or substantive participation by students. For example, the criteria of responsiveness by the teacher was calibrated this way:

*Low:* Teacher monitors students' talk, IRE exchanges with students.

*Medium:* Teacher elicits ideas about scientific concepts in the abstract, acknowledging them as valuable contributions but not using those ideas in further conversation.

*High:* Eliciting students' ideas about complex phenomena and using them as resources for further conversation.

We found notable differences between the observations of those individuals who experienced core practices in their teacher education program and those who did not. The following trends refer to Figure 2.

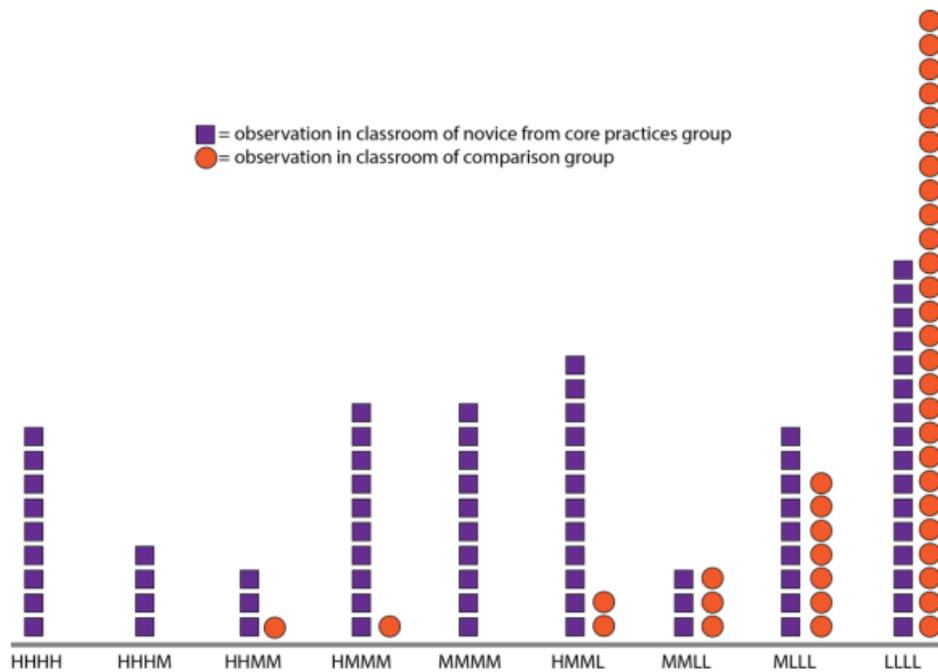


Figure 2. Numbers of observations, arranged by level of opportunity to learn in four categories: framing of the lesson, the demand of the task in terms of expected participation in science practices, the cognitive demand of the task, and the level of responsiveness to students' ideas during the lesson.

1. There was more variation in the quality of the teaching in the core practice group than the comparison group. This was in large part because 34 of 41 classroom observations for the comparison group had combined ratings that were clustered at the lowest two categories on a continuum of sophistication.
2. In the upper (most sophisticated) range of the distribution there were 38 lessons that were rated somewhere between MMMM to HHHH for the four criteria. Of these, 36 were in classrooms of novices from the core practices group and two were in classrooms of novices who were in the comparison group.
3. All of the highest quality learning opportunities, as combined ratings (HHHH), were observed in under-resourced schools, and by the individuals in the core practices group.

This is one example of the types of studies that are both possible and necessary in order to test the efficacy of practice-based teacher preparation. Although these types of studies are few in number, they may be helpful in shaping policy and practice for teacher education programs.

#### **How it helps us improve policy that aims to improve instruction**

Our experiences with modeling and supporting the development of the core practices for novices over the years has made it abundantly clear that teacher educators responsible for helping novices learn about instruction must have a deep mastery of K-12 instruction and student learning, as well as how early career teachers learn. There are policy implications for who is qualified to engage in this critical work with novices, and how they are selected and trained.

I also argue that a common practice-based framework for professional preparation in science would help foster more effective teacher education pedagogies *across* programs (e.g. deconstructing and modeling instructional practices, allowing opportunities for rehearsals of practice by novices, creating beginners' tools for the design of instruction, providing feedback on attempts at practice), in part because such methods would require teacher educators to negotiate clear specifications of what effective classroom practice looks like, in addition to being able to model those practices and provide feedback. Teacher educators could develop a shared language about goals for novices and understand how these align over time around some larger conceptions of student learning and professional learning. Teacher educators could also share a common evidence base about what constitutes novices' capacities to engage in rigorous and equitable instructional practice. For those new to teacher education, explicit processes could be developed for socializing members into the community that are based on a set of core practices, and on the moral commitments to students who will spend the better part of a year under the guidance of professionals that we prepare.

#### **Conclusions**

Based on these data and our programmatic experiences I believe that, if the field of teacher education had clearer conceptions about the core work of rigorous and equitable instruction in the subject matter areas, then studies of how novices learn to take up important practices could inform one another more readily and our knowledge of how this happens could evolve in more productive and cumulative ways than it currently does. Without some common framework to describe and guide good teaching, it is difficult for either researchers or

practitioners to communicate about meaningful classroom problems, and it is especially difficult for professional knowledge to be shared, tested, and refined over time.

## References

- Adams, P. E., & Krockover, G. H. (1997). Beginning science teacher cognition and its origins in the preservice secondary science teacher program. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, (6), 633–653.
- Ball, D. L., & Forzani, F. (2009). The work of teaching and the challenge for teacher education. *Journal of Teacher Education*, 60, 497-511.
- Ball, D. L., Sleep, L., Boerst, T., & Bass, H. (2009). Combining the development of practice and the practice of development in teacher education. *Elementary School Journal*, 109(5), 458 – 474.
- Bourdieu, P. 1977. *Outline of a theory of practice*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Clift, R. T., & Brady, P. (2005). Research on methods courses and field experiences. In M. Cochran-Smith & K. Zeichner (Eds.), *Studying teacher education* (pp. 309–424). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Deussen, T., Coskie, T., Robinson, L., & Autio, E. (2007). “Coach” can mean many things: Five categories of literacy coaches in reading first (issues & answers report, REL 2007-No. 005). Retrieved July 19, 2008, from <http://ies.ed.gov/ncee/edlabs>.
- Feldman, M. S., & Pentland, B. T. (2003). Reconceptualizing organizational routines as a source of flexibility and change. *Administrative Science Quarterly* 48 (1), 94–118.
- Franke, M. L., & Chan, A. (2007, April). Learning about and from focusing on routines of practice. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago.
- Freese, A. R. (2006). Reframing one’s teaching: Discovering our teacher selves through reflection and inquiry. *Teaching and Teacher Education*, 22, 100 – 119.
- Hatch, T., & Grossman, P. (2009). Learning to look beyond the boundaries of representation: Using technology to examine teaching (Overview for a digital exhibition: Learning from the practice of teaching). *Journal of Teacher Education*. 60(1), 70-85.
- Grossman, P., Compton, C., Igra, D., Ronfelt, M., Shahan, E., & Williamson, P. (2009). Teaching practice: A cross-professional perspective. *Teachers College Record*, 111(9), 2055 – 2100.
- Kazemi, E., Ghousseni, H., Cunard, A., & Turrou, A. (2016). Getting Inside Rehearsals: Insights From Teacher Educators to Support Work on Complex Practice. *Journal of Teacher Education*, 67(18-31) doi:10.1177/0022487115615191
- Kloser, M. (2014). Identifying a core set of science teaching practices: A delphi expert panel approach. *Journal of Research in Science Teaching*, 51,(9), 1185–1217. DOI: 10.1002/tea.21171
- Levine, A. (2006). *Educating school teachers*. Washington, DC: Education Schools Project. Retrieved July 10, 2009, from [http://www.edschools.org/teacher report release.htm](http://www.edschools.org/teacher%20report%20release.htm)
- Little, J. W. (1990). The persistence of privacy: Autonomy and initiative in teachers’ professional relations. *Teachers College Record*, 91(4), 509 – 536.
- McDonald, M., Kazemi, E. & Kavanagh, S. (2013). Core Practices and Pedagogies of Teacher Education: A Call for a Common Language and Collective Activity. *Journal of Teacher Education* 64(5) 378–386.
- National Research Council (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Committee on Science Learning, Kindergarten Through Eighth Grade. R. A. Duschl, H. A. Schweingruber, and A. W. Shouse (Eds.). Board on Science Education, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press. doi:10.17226/18290
- Smith, L., & Gess-Newsome, J. (2004). Elementary science education methods courses and the National Science Education Standards: Are we adequately preparing teachers? *Journal of Science Teacher Education*, 15, 91-110.
- Thompson, J., Windschitl, M., & Braaten, M. (2014) *Developing a Theory of Ambitious Early-Career Teacher Practice*. *American Educational Research Journal*.
- Wang, A., Ashaki, B., Coleman, R., & Phelps, R. (2003). *Preparing Teachers Around the World*. [https://www.ets.org/Media/Education\\_Topics/pdf/prepteach.pdf](https://www.ets.org/Media/Education_Topics/pdf/prepteach.pdf)
- Wilson, S., Floden, R. & Ferrini-Mundy J. (2002) *Teacher preparation research an insider’s view from the outside*. *Journal of Teacher Education*, 53(3) 190-204. American Association of Colleges for Teacher Education
- Wilson, S. (2011). *Written testimony before the house science, space and technology committee subcommittee on research and science education hearing on: What makes for successful K-12 stem education? A closer look at successful stem education approaches*. Washington DC, October 12.

**Footnotes**

<sup>1</sup>The principles that constrain this set of practices are the following:

- To work on students' ideas, thinking must be made visible and public.
- Learners cannot "discover" theoretical entities or processes; these must be introduced at strategic times by the teacher and used as tools to reason about phenomena, rather than be merely confirmed in activity.
- Students can learn to participate in science if the epistemic "rules of the game" are made explicit and modeled by others.
- Scientific practice best supports learning when treated as an ensemble of activities that derive meaning from one another.
- Knowledge production in the classroom and in science is supported when theories and models are revised over time to become more consistent with evidence and more internally coherent.
- Tools and scaffolding are necessary to do the intellectual and social work of science.
- Material activity by itself is weakly linked with learning. Sense-making talk during and after an activity and opportunities for metacognition are more strongly linked with learning.

## **Sprachbewusster (Fach-)Unterricht: Bedingungen zur Implementierung einer fachübergreifenden Aufgabe für die Schule**

Erfolgreiches fachliches Lernen ist auch von sprachlichen Kompetenzen abhängig: Nur wer die im Fachunterricht vermittelten Informationen versteht (durch Lesen oder Zuhören) und nur wer fähig ist, über fachliche Inhalte zu kommunizieren (schriftlich oder mündlich), kommt im fachlichen Lernen voran und kann sein Fachwissen beispielsweise in Prüfungen zeigen.

Ausgelöst durch den von der englischen Regierung beauftragten Bullock-Report *A Language for Life* (Bullock, 1975) wurde im englischen Sprachraum bereits in den 1970er-Jahren der enge Zusammenhang von Lernen und Sprache diskutiert. Die Forderungen im Report gleichen den heutigen Forderungen zu einer durchgängigen Sprachbildung: «Each school should have an organised policy for language across the curriculum, establishing every teacher's involvement in language and reading development throughout the years of schooling». Aber schon damals machten kritische Stimmen darauf aufmerksam, dass eine seriöse Implementierung von Konzepten wie «Language across the curriculum» oder «School language policies» eine «Revolution» in Bezug auf die etablierten Unterrichtspraktiken im Fach- und im Sprachunterricht erfordern würde und entsprechend sorgfältig geplant sein müsse (Fillion, 1977). Im deutschen Sprachraum drang die Problematik um das Verhältnis von Sprachkompetenzen und erfolgreichem fachlichen Lernen vor allem mit den Befunden der PISA-Studien in den Fokus der Bildungspolitik und der Bildungswissenschaften. Die PISA-Studien haben eine enge Kopplung zwischen sozialer Herkunft, Sprachkompetenzen und Bildungserfolg nachgewiesen: Jugendliche mit eingeschränkten Sprachkompetenzen weisen gemäss den Studien mit zunehmendem Alter auch geringere Kompetenzen in Mathematik und in den Naturwissenschaften auf (Baumert & Schümer 2001). Ihre Partizipation an fortschreitendem fachlichen Lernen und damit auch ihre Bildungschancen sind entsprechend stark eingeschränkt. Betroffen sind vor allem Jugendliche aus bildungsfernen Familien, denn sie bringen die für schulisches Lernen vorausgesetzten bildungssprachlichen Kompetenzen häufig nicht aus ihrem außerschulischen Umfeld mit (Schleppegrell, 2012; 2, 1983; Künzli, Isler & Leemann, 2010). Um sprachlich bedingte Bildungsungleichheiten zu mindern, sind in den letzten Jahren im deutschen Sprachraum seitens der bildungssteuernden Institutionen verschiedene Forschungs- und Entwicklungsprojekte unterstützt worden, die einen Beitrag zur Konzeption von «sprachbewusstem (Fach-)Unterricht» oder zu «durchgängiger Sprachbildung» leisten wollen. Im folgenden Beitrag werden Bedingungen für die Implementierung dieser Konzepte diskutiert. Dabei wird das Konzept von «sprachbewusstem (Fach-)Unterricht», wie in Lindauer et al. (2013) sowie Lindauer, Schmellentin & Beerenwinkel (2016) definiert, fokussiert. Die Bedingungen werden von den Merkmalen des Innovationsgegenstandes selbst abgeleitet, daher werden diese im ersten Abschnitt detaillierter in den Blick genommen.

### **1. Merkmale von sprachbewusstem (Fach-)Unterricht**

Die Teilhabe an Bildung ist dann eingeschränkt, wenn, wie von verschiedenen AutorInnen festgestellt, eine Diskrepanz zwischen den für das Fachlernen implizit vorausgesetzten sprachlichen Kompetenzen und den vorhandenen besteht (vgl. u. a. Bolte & Pastille, 2010; Morek & Heller, 2012; Rincke, 2010; von Borries, 2011; Schmellentin et al., i. Dr.). Diese Diskrepanz betrifft – zumindest was die Lesekompetenzen betrifft – nicht nur eine Minderheit der Lernenden: So sind die Anforderungen, die beispielsweise Biologielehrmitteltexte der Sekundarstufe I an die Lesekompetenzen stellen, auf Stufe 4 der PISA-Kompetenzni-

veaus anzusiedeln, einer Stufe also, die rund 75% der Jugendlichen in Deutschland, der Schweiz und Österreich *nicht* erreichen (OECD, 2014; Schmellentin et al. i.Dr.).

Die Ursache für eine solche Diskrepanz kann sowohl bei den Anforderungen selbst als auch bei den Kompetenzen der Schüler und Schülerinnen liegen. Mit Blick auf das Textverstehen bedeutet dies: Verfügt ein Teil der Lernenden nicht über die für den Wissenstransfer vorausgesetzten Lesekompetenzen, muss entweder die Sprache der schulischen Texte an die Verstehensmöglichkeiten der Lernenden angepasst oder die Lernenden müssen an die für das Verstehen der Texte notwendigen Handlungsweisen und Verstehensleistungen herangeführt werden (Leisen, 2010). Die erste Forderung zielt darauf, sprachliche Hürden abzubauen, beispielweise durch die sprachliche Vereinfachung von Texten. Bei der zweiten Forderung geht es darum, die Schüler und Schülerinnen sprachdidaktisch so zu unterstützen, dass sie sprachliche Hürden überwinden können. Im Folgenden werden die beiden Maßnahmen mit Bezug zu den Funktionen von Texten für das fachliche Lernen genauer betrachtet:

Texte haben im (Fach-)unterricht eine wissenstransferierende Funktion. Sie vermitteln teils komplexe fachliche Inhalte. Dies ist allerdings nur bedingt mit einer ‚einfacheren‘ Sprache möglich, denn die Komplexität der Sprache spiegelt bis zu einem gewissen Grad auch die Komplexität der Inhalte wieder. Die sprachlichen Mittel in schulischen Fachtexten sind von den zu transferierenden Fachinhalten abhängig und so wie die Inhalte in den verschiedenen Fächern variieren, so variiert auch die Sprache in den Texten der unterschiedlichen Fächer: In den Naturwissenschaften werden häufig Strukturen (z. B. Aufbau der Blüte), Prozesse (z. B. Fotosynthese), Funktionsweisen (z. B. Funktion der Schleimhäute in den Atemwegen) oder Modelle (z. B. Atommodelle) dargestellt. Diese Darstellungen erfordern andere sprachliche Mittel als beispielsweise die Darstellung von historischen Begebenheiten und Ereignissen, und zwar nicht nur in Bezug auf das Vokabular, sondern auch in Bezug auf die syntaktische und textuelle Struktur. Schulische Fachtexte werden mit zunehmendem Lernalter aus inhaltlichen Gründen immer fachspezifischer (Kernen et. al, 2012; Nagy & Townsend, 2012; Schleppegrell, 2004; Schrader, 2013). Mit anderen Worten: Der Abbau sprachlicher Hürden – z. B. durch Textvereinfachungen – weist aus fachlicher Sicht Grenzen auf. Zwar bedingt die wissenstransferierende Funktion von schulischen Fachtexten, dass diese verstanden werden und es besteht in dieser Hinsicht durchaus Optimierungspotenzial (Starauschek, 2003; von Borries, 2011; Schmellentin et al., i.Dr.). Da schulische Fachtexte mitunter jedoch komplexe Fachinhalte vermitteln sollen, weisen sie fachspezifische Textkomplexitätsmerkmale auf, die nicht eliminierbar sind, ohne inhaltlich Abstriche machen zu müssen.

Neben den genannten inhaltlichen Grenzen weisen Textvereinfachungen auch aus fachdidaktischer Sicht Grenzen auf: Die fachspezifischen sprachlichen Unterschiede von schulischen Fachtexten machen auch unterschiedliche Be- und Verarbeitungsstrategien erforderlich: In einem Geschichtstext kann das Markieren wichtiger Inhalte zielführend für die Textbearbeitung sein, bei informationsdichten naturwissenschaftlichen Texten hingegen ist diese Strategie wenig hilfreich. Das bedeutet, dass mit dem Erwerb von fachlichen Konzepten auch der Erwerb der damit verbundenen (fach-)sprachlichen Kompetenzen einhergeht. Texte haben im Fachunterricht also nicht nur eine wissenstransferierende Funktion, sie dienen auch dem Aufbau einer fachspezifischen Literalität und das geht nun mal nicht ohne Fachsprache, auch wenn diese mitunter hohe oder gar zu hohe Anforderungen an die Verstehensleistungen stellt.

Schließlich weisen textseitige Maßnahmen auch aus sprachdidaktischer Sicht Grenzen auf, wie die vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) geförderte Studie *Textverstehen in den naturwissenschaftlichen Schulfächern* nachweist:<sup>1</sup> In der erwähnten Studie konnte zwar nachgewiesen werden, dass durch Textanpassungen die fachlichen Verstehensleistungen der

<sup>1</sup> Das Projekt wird von Hansjakob Schneider und Claudia Schmellentin geleitet. Als Beraterin für naturwissenschaftsdidaktische Aspekte ist Anne Beerenwinkel am Projekt beteiligt.

Schüler und Schülerinnen durchaus signifikant verbessert werden, allerdings profitieren von diesen Textanpassungen nur die mittelstarken und stärkeren LeserInnen (Schneider et al., in Vorb.). Die schwächeren sind für den Verstehensaufbau auf weitere sprach- und fachdidaktische Maßnahmen angewiesen z.B. indem das Verstehen gezielt und kleinschrittig mit Fragen zum Text angeleitet wird.

Die Ausführungen zeigen, dass eine bessere Passung von Anforderungen in schulischen Fachtexten und Verstehenskompetenzen der Lernenden nicht alleine durch textseitige Maßnahmen erreicht werden kann. Hier setzt die zweite Forderung an: Sollen (komplexe) schulische Fachtexte zum Wissenstransfer eingesetzt werden, müssen allfällige sprachlich bedingte Verstehenshürden, die fachlich begründet sind, mittels fachspezifischer sprachdidaktischer Maßnahmen überwunden werden.

Sprachbewusster Fachunterricht sollte unter den dargestellten Überlegungen folgende Eigenschaften aufweisen (vgl. Lindauer et al., 2013; Lindauer, Schmellentin & Beerenwinkel 2016):

- Unnötige sprachliche Hürden werden zwar abgebaut, Texte werden bspw. vereinfacht, nicht aber ‚ent-fachsprachlicht‘ oder gar simplifiziert: Nur wer mit Fachsprache in Kontakt kommt, kann auch die zum Fach gehörende Sprache erlernen.
- Schüler und Schülerinnen werden beim fachlichen Lernen beim Verstehen und Produzieren eines fachspezifischen Sprachgebrauchs unterstützt: Sprachabhängige Lernprozesse müssen auch sprachbewusst strukturiert werden.
- Der Aufbau der fachsprachlichen Kompetenzen wird horizontal-fachübergreifend und vertikal-curricular durchgängig strukturiert.

Bei sprachbewusstem Fachunterricht geht es entsprechend nicht primär darum, Sprachförderung in allen Fächern zu betreiben, so wie es beispielsweise die EDK (Schweizerische Erziehungsdirektorenkonferenz) in ihrem *Aktionsplan PISA 2000* (EDK, 2003) gefordert hat, es geht auch nicht darum, Fachlehrpersonen zu Sprachlehrpersonen umzuschulen. Sprachbewusster Fachunterricht muss im Dienste des fachlichen Lernens stehen. Es zielt darauf ab, dass Sprache seine wissenstransferierende Funktion im Fachunterricht entfalten kann und dass der Aufbau fachspezifischer Sprachkompetenzen als Bestandteil von Fachkompetenzen ermöglicht werden soll. Im Folgenden werden nun ausgehend von den oben dargestellten Merkmalen von sprachbewusstem (Fach-)Unterricht Bedingungen für seine Implementierung diskutiert.

### 3. Bedingungen für die Implementierung von sprachbewusstem Fachunterricht

Altrichter & Wiesinger (2004) haben förderliche und hinderliche Faktoren für eine erfolgreiche Implementierung von Innovationen zusammengestellt. Diese Zusammenstellung wird den folgenden Überlegungen zu Bedingungen der Implementierung von sprachbewusstem Fachunterricht zugrunde gelegt. Altrichter & Wiesinger (2004) unterscheiden vier Faktorengruppen (vgl. auch Altrichter et al., 2005):

**A) Charakteristika der Innovation:** Es sind die inhärenten Eigenschaften der Innovation, die die Implementierung beeinflussen. Dabei spielen unter anderem folgende Faktoren eine Rolle: *das wahrgenommene Bedürfnis nach Lösungen* der involvierten Akteure; die von den Akteuren wahrgenommene *Qualität und Praktikabilität der geplanten Innovation*; die *Klarheit über die Ziele und die Mittel*; die *Komplexität* des Innovationsgegenstandes. All dies bestimmt unter anderem die Entwicklung von Materialien, Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen usw.

**B) Lokaler Kontext:** Die Unterstützung durch die regionale Verwaltung sowie deren Know-how sind ein wesentlicher Faktor für die Implementierung. Ähnliches gilt auch für die Ebene C) **Politik und Zentralverwaltung.** Diese stellen Richtlinien auf, entscheiden über Fördergelder, Projektsporing usw.

**D) Organisationsebene – AkteurInnen:** Das innerschulische Management ist für eine erfolgreiche Implementierung von Innovationen entscheidend. Insbesondere die Schulleitungen und ihre Einstellungen gegenüber dem Innovationsgegenstand können den Implementierungserfolg wesentlich beeinflussen, aber auch die Partizipationsmöglichkeiten des Personals sind entscheidend. Wichtig bei der Implementierung einer Innovation ist es, die Kompetenzen und Einstellungen der Lehrpersonen mitzuberücksichtigen.

Ausgangspunkt für eine erfolgreiche Implementierung von «sprachbewusstem (Fach-)Unterricht» sind – so die Grundthese in diesem Beitrag – Faktoren der Gruppe A, also die Orientierung an der Charakteristik des Innovationsgegenstandes selbst. Diese Faktoren bestimmen diejenigen der anderen Gruppen mit. Dazu ein Beispiel:

Zur Verbesserung der Sprachkompetenzen wurden unter Einfluss der ersten Ergebnisse der PISA-Studien in den deutschsprachigen Ländern verschiedene Maßnahmen gefordert. Unter anderem sollten die Sprachkompetenzen in allen Unterrichtsfächern aktiv gefördert werden (bspw. Ministerium für Schule, Jugend und Kinder des Landes Nordrhein-Westfalen, 1999; EDK, 2003). Die Verantwortung für die Umsetzung der Forderung wurde vor allem an die Fachlehrpersonen und an die Lehreraus- und Weiterbildung delegiert. Bis heute ist diese Forderung jedoch kaum umgesetzt worden. So wird beispielsweise in der Schweiz «sprachbewusster Fachunterricht» bzw. «durchgängige Sprachbildung» kaum in den Ausbildungszielen der pädagogischen Hochschulen erwähnt und auch in der Weiterbildung gibt es wenig bis keine Angebote dazu. Der Blick auf die Faktoren der Gruppe A deckt einige Gründe für die gescheiterte Implementierung auf:

Die Forderung, in allen Fächern Sprachkompetenzen zu fördern, ist sehr unspezifisch. So wird weder klar, welche sprachlichen (Teil-)Kompetenzen in den Fächern gefördert werden sollen und können, noch wird definiert, welchen Beitrag die Fächer bei der Sprachkompetenzförderung leisten können. Zudem missachtet die Forderung die kontextuelle Praxis und das Bedürfnis der involvierten AkteurInnen, also der Fachlehrpersonen: In den Fächern geht es primär darum, die in den Lehrplänen aufgeführten umfangreichen fachlichen Kompetenzen zu fördern. Dafür sind aber die in den jeweiligen Fächern zur Verfügung stehenden Zeitressourcen schon sehr knapp – für ein gezieltes Sprachlernen steht kaum Lernzeit zur Verfügung. Um Fachlehrpersonen für sprachliche Themen zu sensibilisieren und sie auch für Sprachförderung miteinzubeziehen, muss der fachbezogene Zusammenhang von Lernen und Sprache sichtbar gemacht werden: Es geht, wie oben bereits ausgeführt, nicht darum, allgemeine bildungssprachliche Kompetenzen in den Fächern zu fördern, sondern darum, fachliches Lernen auch unter Einbezug von sprachdidaktischen Maßnahmen zu verbessern. Zudem sollte es darum gehen, *fachspezifische* Sprachkompetenzen als Bestandteil von Fachkompetenz zu fördern. Erst wenn den Lehrpersonen der Zusammenhang von sprachbewusstem Unterricht und fachlicher Förderung bewusst und einsichtig ist, werden sie bereit sein, sich auf diesen einzulassen. Die Innovation muss mit dem Berufsverständnis der Akteure kompatibel sein: Fachlehrpersonen sind keine Sprachlehrpersonen und verstehen sich auch nicht als solche.

Ohne die Berücksichtigung der Charakteristik des Innovationsgegenstandes, wird die Implementierung auch dann scheitern, wenn, wie aktuell beim Thema «Sprache im Fach» und «sprachbewusster (Fach-)Unterricht» bzw. «durchgängige Sprachförderung» sehr viele Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie Initiativen durch die lokale und nationale Bildungssteuerung unterstützt werden. Die im Folgenden diskutierten Gedanken zu Bedin-

gungen für die Implementierung von sprachbewusstem Fachunterricht gehen daher von seinen zentralen Merkmalen (vgl. Abschnitt 2) aus: a) Abbau unnötiger sprachlicher Hürden, b) sprachdidaktische Strukturierung sprachabhängiger Lernprozesse, c) durchgängige (fachübergreifende und curriculare) Modellierung und Strukturierung des Aufbaus fachspezifischer Sprachkompetenzen. Sie werden mit Bezug zu den oben erwähnten Implementierungsfaktoren diskutiert:

*a) Abbau unnötiger sprachlicher Hürden:* Seit den 70er-Jahren weisen verschiedene Studien immer wieder darauf hin, dass Schulbücher und Unterrichtsmaterialien in der Regel in Bezug auf Verständlichkeit nicht hinreichend optimiert sind (vgl. u.a. Schulz von Thun et al., 1973; Britton et al., 1993; von Borries, 2011; Starauschek, 2003; Schmellentin et al., i.Dr.). Wellenreuther (2010, S. 211) fordert daher, dass die Verbesserung der Verständlichkeit von Schulbüchern und Unterrichtsmaterialien durch Experten für Textverständlichkeit ermöglicht werden könne, dass dies allerdings mindestens einen zusätzlichen Arbeitsschritt bei der Entwicklung von Schulbüchern erfordere. Der Einsatz von «Experten für Verständlichkeit» muss allerdings gut konzipiert sein, denn es ist nicht damit getan, dass entwickelte Materialien allein aus linguistischer oder sprachdidaktischer Sicht «verbessert werden». Nur wer beurteilen kann, was der Inhalt und die unter Lernerperspektive relevante Information einer Textpassage, eines Satzes sein soll, kann eine Textpassage so reformulieren, dass sie verständlicher bzw. lernwirksamer wird. Die sprachbewusste Gestaltung von Lehrmitteln und Unterrichtsmaterialien lässt sich nur in interdisziplinärer Zusammenarbeit von entsprechender Fachdidaktik und Sprachdidaktik umsetzen. Dies erhöht allerdings den Entwicklungsaufwand, denn die interdisziplinäre Zusammenarbeit erfordert Annäherungsprozesse von fach- und sprachdidaktischen Perspektiven. Ob die Lehrmittelverlage bereit sind, die dazu notwendigen zusätzlichen Ressourcen aufzuwenden, wird sich weisen. Gefordert wäre hier auch die Bildungssteuerung: In vielen Schweizer Kantonen werden Lehrmittel von den bildungssteuernden Institutionen zugelassen. Würde Sprachbewusstheit ein zentrales Zulassungskriterium sein, wären die Lehrmittelverlage gezwungen, die zusätzlichen Ressourcen aufzuwenden.<sup>2</sup>

*b) Sprachdidaktische Strukturierung sprachabhängiger Lernprozesse:* Für die Umsetzung einer «sprachdidaktischen Strukturierung sprachabhängiger Lernprozesse» im Unterricht sind sowohl die Einstellungen und Kompetenzen der Lehrpersonen als auch die Bereitstellung von unterstützenden Materialien und von Ressourcen zur Weiterbildung entscheidend (Altrichter et al., 2005; Gräsel & Parchmann 2004): Lehrpersonen benötigen ein (Handlungs-)Wissen über didaktische Strukturierungsmöglichkeiten von sprachbedingten Lehr-/Lernprozessen. Dieses Handlungswissen setzt neben fachdidaktischen auch sprachdidaktische und (psycho-)linguistische Kenntnisse voraus. Dazu gehören beispielsweise Kenntnisse von fachsprachlichen Besonderheiten wie fachspezifische Textprozeduren (Feilke, 2012a), fachspezifische Lese- und Schreibstrategien, fachspezifische Diskurstypen usw.; Wissen über sprachliche Entwicklungsprozesse (in Erst- und Zweitsprache) und Förderansätze sowie Kenntnisse von sprachdidaktischen Konzepten und Hilfestellungen (z.B. Verstehensprozesse (sprach-)didaktisch anleiten, Schreibprozesse initiieren und strukturieren usw.). Dabei handelt es sich um Kenntnisse aus verschiedenen disziplinären Wissensbereichen. Für die mehrheitlich disziplinär ausgerichtete Lehreraus- und -

<sup>2</sup> Neben der Entwicklung sprachbewusster Lehrmittel und Unterrichtsmaterialien bedingt Eigenschaft a) auch eine Sensibilisierung der Lehrpersonen in Bezug auf ihren eigenen Sprachgebrauch und in Bezug auf das Erkennen von sprachlichen Hürden in Unterrichtsmaterialien. Hier ist die Lehreraus- und -weiterbildung gefordert (vgl. dazu auch unter b)).

weiterbildung bedeutet die Bereitstellung dieses interdisziplinären Wissens eine große Herausforderung, die allenfalls auch mit strukturellen Maßnahmen, wie der Schaffung interdisziplinär ausgerichteter Ausbildungsgefäße verbunden ist.<sup>3</sup>

Auch die Entwicklung von fach- oder domänenspezifischen Materialien zuhanden der Lehrpersonen (z.B. Checklisten zur Strukturierung von sprachbedingten Lehr-/Lernprozessen) sollten in interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen den entsprechenden Fach- und Sprachdidaktiken geschehen, denn die Materialien, die von den Sprachdidaktiken für den Sprachunterricht entwickelt werden, lassen sich nicht eins zu eins für den Fachunterricht übertragen. Die Materialien sind auf die Funktionen von Sprache in den einzelnen Fächern und auf die fachspezifische Art, Sprache für das Lernen zu verwenden, anzupassen. Auch sollten die Materialien an fachliche Traditionen anknüpfen und so gestaltet sein, dass den Fachlehrpersonen der Zugang zu sprachbewusstem (Fach-)Unterricht möglichst leicht gemacht wird. Aus diesem Grund fordern Lindauer, Schmellentin & Beerenwinkel (2016), dass diese Materialien nicht nur in *inter*-, sondern noch besser in *transdisziplinärer* Zusammenarbeit zwischen den entsprechenden Fach- und Sprachdidaktiken unter Einbezug von AkteurInnen der Praxis entwickelt werden.

*c) Durchgängige (fachübergreifende und curriculare) Modellierung und Strukturierung des Aufbaus fachspezifischer Sprachkompetenzen:* Im englischen Sprachraum wird insbesondere von der Linguistik schon seit längerem gefordert, dass es ein Curriculum für den Aufbau fachspezifischer Literalität brauche (Nagy & Townsend 2012, Schleppegrell 2004, Snow 2010). In den deutschsprachigen Lehrplänen ist diese Forderung bisher kaum umgesetzt. Der Aufbau allgemeiner bildungssprachlicher Kompetenzen ist allein in den Curricula für das Fach Deutsch vorgesehen.<sup>4</sup> Nicht nur, dass damit die fachbezogenen Sprachkompetenzen nicht curricular modelliert sind und somit den Fachlehrpersonen Anhaltspunkte zu deren Aufbau fehlen, die Fächer werden so auch nicht in die Pflicht genommen. Für die erfolgreiche Implementierung von sprachbewusstem Fachunterricht wäre die verbindliche Strukturierung fachbezogener Sprachkompetenzen in den Curricula der einzelnen Fächer entscheidend. Vor allem der Einfluss der Curricula auf die Lehrmittelentwicklung könnte für die Implementierung von sprachbewusstem (Fach-)Unterricht positive Effekte haben: Die Umsetzung curricularer Vorgaben gilt als das wichtigste Kriterium für die Zulassung von Lehrmitteln. Da Lehrpersonen sich bei der curricularen Strukturierung des Unterrichts stark an die Lehrmittel orientieren (Oelkers, 2001), könnte die Festschreibung fachbezogener Sprachkompetenzen in den Fachcurricula via Lehrmittel direkten Einfluss auf den Unterricht haben.

Zu einer durchgängigen Konzeption von sprachbewusstem Fachunterricht gehört allerdings nicht nur seine curriculare-vertikale Modellierung über die Stufen hinweg, sondern auch die horizontale über die einzelnen Schulfächer hinweg. Auf den ersten Blick scheint dies ein Widerspruch zur oben beschriebenen fachlichen Bedingtheit von sprachbewusstem Unterricht zu sein. Trotz der fachlichen Bedingtheit wäre aber aus Schülersicht eine kohärente Modellierung von Sprachkompetenzen über möglichst alle Fächer hinweg wünschenswert.

<sup>3</sup> An der Pädagogischen Hochschule der Nordwestschweiz (PH FHNW) ist auf das Herbstsemester 2017 eine interdisziplinäre Ringvorlesung zum Thema «Sprachbewusster Fachunterricht» vorgesehen. Die Ringvorlesung wird ergänzt durch Tutorate, in denen das Handlungswissen im Fokus steht. Die Tutorate werden von den Masterstudierenden Deutsch erteilt, die in einem Seminar auf diese Aufgabe vorbereitet werden sollen und die auch später an Schulen als Sprachexperten und Multiplikatoren für sprachbewussten Fachunterricht fungieren könnten.

<sup>4</sup> Manchmal finden sich noch Angaben zu allgemeinen Sprachkompetenzen in den Teilen, in denen überfachliche Kompetenzen thematisiert werden, so z.B. beim Deutschweizer Lehrplan 21 (EDK, 2015). Diese bleiben aber meist sehr allgemein sowohl in Bezug auf die Beschreibung der Kompetenzen als auch in Bezug auf deren curriculare Strukturierung.

Wie die Betonung auf fachübergreifende Merkmale von Bildungssprache ohne den Verlust der fachspezifischen Merkmale bewerkstelligt werden könnte, wird am Beispiel von Lesestrategien gezeigt: Der komplexe Lese- bzw. Verstehensprozess ließe sich auf einer Metaebene in allen Fächern in gleiche Schritte strukturieren. Das in der Schweiz verbreitete Sprachlehrmittel *Die Sprachstarken* (Lindauer/Senn 2013) vermittelt dafür folgende vier Leseschritte:

- *Leseschritt 1*: dem Text begegnen – Vorwissen aktivieren, Leseerwartung aufbauen, Ziele klären
- *Leseschritt 2*: den Text bearbeiten – lokale Informationen gewinnen
- *Leseschritt 3*: Textinhalte verarbeiten – Textinhalte miteinander verknüpfen
- *Leseschritt 4*: Textverständnis überprüfen und mit Vorwissen in Verbindung bringen

Die Ebene der konkreten Handlungen beim Lesen spezifischer Fachtexte, die durch die einzelnen Leseschritte ausgelöst werden, ist hingegen fachspezifisch. Sie variiert – wie oben gezeigt – je nach Fach und Textbeschaffenheit. Die explizite Strukturierung in die immer gleichen Schritte in allen Fächern und über alle Stufen hinweg schafft allerdings Kohärenz und soll die Schüler und Schülerinnen dazu führen, den komplexen Leseprozess mit der Zeit selbst zu steuern.

Die Umsetzung von durchgängigem sprachbewusstem (Fach-)Unterricht bedingt also auch, dass nach Möglichkeiten fachübergreifender Aspekte des Verhältnisses von Fachlernen und Sprache gefragt wird. Mit anderen Worten: Für die Umsetzung von sprachbewusstem Fachunterricht sind nicht nur der Unterricht selbst und die Lehrpersonen in den Blick zu nehmen. Sprachbewusster Fachunterricht erfordert eine Harmonisierung der sprachdidaktischen Maßnahmen zur Strukturierung von sprachlich bedingten Lernprozessen über die Fach- und Stufengrenzen hinweg. Dies bedingt die innerschulische Schaffung einer Planungs- und Koordinationsinstanz z.B. in Form von schulischen Sprachbeauftragten oder Sprachcoaches. Damit rücken die (geleiteten) Einzelschulen in den Fokus von Implementierungsbemühungen. Die Schulen benötigen eigene, zu den lokalen und organisationalen Gegebenheiten passende Konzepte zur Umsetzung von durchgängig kohärent strukturiertem sprachbewusstem Unterricht, die in transdisziplinärer Zusammenarbeit von ExpertInnen aus der Sprach- und aus den Fachdidaktiken sowie den Lehrpersonen entwickelt werden.<sup>5</sup> Das Gelingen dieser Entwicklungsarbeiten kann durch Faktoren der Gruppe B (lokaler Kontext) und der Gruppe C (Politik und Zentralverwaltung) positiv beeinflusst werden, z.B. indem personelle und finanzielle Ressourcen zur Verfügung gestellt oder indem durch zentrale oder lokale Verwaltungen in Zusammenarbeit mit den Aus- und Weiterbildungsinstitutionen Qualifikationsmöglichkeiten für Sprachbeauftragte oder Sprachcoaches geschaffen werden.

### 3. Fazit

Sprachbewusster (Fach-)Unterricht ist Aufgabe aller an Schule Beteiligten. Nicht zuletzt aus diesem Grund ist seine Implementierung aber auch sehr komplex. Die Implementierung von sprachbewusstem Unterricht erfordert nicht nur eine «Revolution» in Bezug auf die etablierten Unterrichtspraktiken, wie dies Fillion (1977) prognostiziert hat, sondern auch die Änderung von Einstellungen und Identitäten z. B. in Bezug auf das Fachverständnis und auf das Lehr- und Lernverständnis. Dies gilt auch für die Fachdidaktiken: Sprachbewusster Fachunterricht erfordert eine engere Zusammenarbeit unter den Fachdidaktiken und eine stärkere Betonung der gemeinsamen Bezugsfelder, man könnte hier also auch von einer interdisziplinären Fachdidaktik sprechen. Auch wird die Umsetzung strukturelle Auswirkungen auf verschiedene Ebenen des Bildungssystems haben (z. B. auf die innerschulische

<sup>5</sup> Dieser Aspekt würde für eine so genannte *symbiotische Implementierungsstrategie* (Gräsel & Prachmann 2004) sprechen.

Organisation durch die Schaffung interdisziplinärer Arbeitsgruppen oder durch die Etablierung von Sprachbeauftragten; auf die disziplinär strukturierte Ausbildung von Lehrpersonen durch die interdisziplinäre Bedingtheit von sprachbewusstem Fachunterricht usw.) Die Tatsache, dass die Konzeption und Umsetzung von sprachbewusstem Fachunterricht inter- und transdisziplinäre Forschungs- und Entwicklungsarbeit bedingt, könnte eine der größten Herausforderungen für seine Implementierung bedeuten. Dieser Aspekt lässt keine schnelle Umsetzung zu: Es braucht Zeit, um Konzepte und Materialien auf der Basis von interdisziplinären Forschungsergebnissen in transdisziplinärer Zusammenarbeit zu entwickeln und anzupassen, dann braucht es Zeit, diese Konzepte unter Berücksichtigung aller involvierter Ebenen und Akteure sowie ihrer Einstellungen und Praktiken zu implementieren. Es bleibt zu hoffen, dass die Ergebnisse der internationalen Vergleichsstudien nicht wie bereits Anfang der 2000er-Jahre zur Forderung nach schneller Umsetzung und damit zu einem «Rückzug auf ältere Implementationsmodelle» (Altrichter et al., 2005: 30) verleiten.

### Literatur

- Altrichter, H. & Wiesinger, S. (2004). Der Beitrag der Innovationsforschung im Bildungswesen zum Implementierungsproblem. In: Reinmann, G. & Mandl, H. (Hrsg.). *Psychologie des Wissensmanagements*. Göttingen: Hogrefe, 220–233.
- Altrichter, H., Wiesinger, S. & Kepler, J. (2005). Implementation von Schulinnovationen – aktuelle Hoffnungen und Forschungswissen. In: *journal für schulentwicklung*, 9/4, S. 28–36. [<http://paedpsych.jk.uni-linz.ac.at/internet/ORGANISATIONORD/ALTRICHTERORD/IMPLse2PlusLit.pdf>; 28.10.2016]
- Baumert, J. & Schümer, G. (2001). PISA 2000: Die Länder der Bundesrepublik Deutschland im Vergleich. Leverkusen: Leske + Budrich.
- Bolte, C. & Pastille, R. (2010). Naturwissenschaften zur Sprache bringen. Strategien und Umsetzung eines sprachaktivierenden naturwissenschaftlichen Unterrichts. In: Gabriele Fenkart, Anja Lembens und Edith Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.). *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften*. Innsbruck, Wien, Bozen: Studien Verlag; ide-extra 16, 26–46.
- Britton, B., Gülgöz, S. und Glynn, S. (1993). Impact of Good and Poor Writing on Learners: Research and Theory. In: B. Britton, A. Woodward und M. Binkley (Hrsg.). *Learning From Textbooks*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Publishers.
- Bullock, A. (1975). A language for life – Report of the Committee of Enquiry appointed by the Secretary of State for Education and Science under the Chairmanship of Sir Alan Bullock F.B.A. London: Her Majesty's Stationery Office (HMSO). [<http://www.educationengland.org.uk/documents/bullock/bullock1975.html>; 15.10.2016]
- Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (D-EDK) (Hrsg.) (2015). Lehrplan 21. [<http://www.lehrplan.ch>; 15.10.2016]
- EDK (2003). Aktionsplan PISA 2000 – Folgemaßnahmen. Bern. [[http://www.edudoc.ch/static/web/arbeiten/pisa2000\\_aktplan\\_d.pdf](http://www.edudoc.ch/static/web/arbeiten/pisa2000_aktplan_d.pdf); 15.10.2016]
- Feilke, H. (2012a). Was sind Textroutinen? – Zur Theorie und Methodik des Forschungsfeldes. In: Lehnen, K. & Feilke, H. (Hrsg.). *Schreib- und Textroutinen: Theorie, Erwerb und didaktisch-mediale Modellierung*. Frankfurt a.M.: Peter Lang. S. 1–31.
- Feilke, H. (2012b). Bildungssprachliche Kompetenzen. In: *Praxis Deutsch* 233, 4–13.
- Fillion, B. (1979). Language Across the Curriculum: Examining the place of language in our schools. *McGill Journal of Education*, 14, 47–60.
- Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, 32, 196–207.
- Heath, S. (1983). *Ways with words: Language, life and work in communities and classrooms*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kernen, N. & Riss, M. (2012). Textschwierigkeiten in Lehrmitteln für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe I – Eine Analyse von der Pädagogischen Hochschule FHNW Zentrum Lesen. Beratung: Th. Lindauer, C. Schmellentin. *Bildungsraum Nordwestschweiz*. [[www.zentrumlesen.ch](http://www.zentrumlesen.ch); 15.10.2016]
- Künzli, S.; Isler, D. und Leemann, R. (2010). Frühe Literalität als soziale Praxis – Analyse von Mikroprozessen der Reproduktion von Bildungsungleichheit. In: *Zeitschrift für Soziologie der Erziehung und Sozialisation* 30/1, 60–73.
- Leisen, J. (2010). Leseverstehen und Leseförderung in den Naturwissenschaften. In: G. Fenkart, A. Lembens und E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.). *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften*. Innsbruck, Wien, Bozen: Studien Verlag. (= ide-extra 16), 212–231.
- Lindauer, Th. & Senn W. (Hrsg.) (2008–2016). *Die Sprachstarken 2–9*. Baar: Klett & Balmer.
- Lindauer, Th., Schmellentin, C. & Beerenwinkel, A. (2016.). Sprachbewusster Naturwissenschafts-Unterricht. Werkstattbericht zu einem transdisziplinären Entwicklungsprojekt. In I. Winkler & F. Schmidt (Hrsg.). *Interdisziplinäre Forschung in der Deutschdidaktik. «Fremde Schwestern» im Dialog*. Frankfurt am Main u.a.: Lang. S. 226 – 246.
- Lindauer, Th., Riss, M. & Schmellentin, Claudia (2012). Empfehlungen für die sprachbewusste Gestaltung von Lehrmitteln. [[www.zentrumlesen.ch](http://www.zentrumlesen.ch), 15.10.2016]
- Lindauer, Th., Schmellentin, C., Beerenwinkel, A. Hefti, C. & Furger, J. (2013). *Fachlernen und Sprache: Sprachbewusst unterrichten – Eine Unterrichtshilfe für den Fachunterricht*. Bildungsraum Nordwestschweiz. [[www.fhnw.ch/ph/zt/publikationen/studien\\_berichte](http://www.fhnw.ch/ph/zt/publikationen/studien_berichte); 15.10.2016]
- Ministerium für Schule, Jugend und Kinder des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (1999): *Förderung in der deutschen Sprache als Aufgabe des Unterrichts in allen Fächern – Empfehlungen*. [[http://www.zfsl-hagen.nrw.de/Seminar\\_GyGe/Seminarmaterialien/Materialien/Foerderung-in-der-deutschen-Sprache-als-Aufgabe-des-Unterrichts-in-allen-Fachern.pdf](http://www.zfsl-hagen.nrw.de/Seminar_GyGe/Seminarmaterialien/Materialien/Foerderung-in-der-deutschen-Sprache-als-Aufgabe-des-Unterrichts-in-allen-Fachern.pdf); 26.10.2016]

- Morek, M. & Heller, V. (2012). Bildungssprache – Kommunikative, epistemische, soziale und interaktive Aspekte ihres Gebrauchs – In: Zeitschrift für angewandte Linguistik 57/1.
- Nagy, W. & Townsend, D. (2012). Words as Tools: Learning Academic Vocabulary as Language Acquisition. *Reading Research Quarterly* 47, 1, 91–108.
- OECD (2014). PISA 2012 Ergebnisse: Was Schülerinnen und Schüler wissen und können (Band I, Überarbeitete Ausgabe, Februar 2014) Schülerleistungen in Lesekompetenz, Mathematik und Naturwissenschaften. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag, Germany.  
[<https://login.remote.library.dcu.ie/login?url=http://dx.doi.org/10.1787/9789264208858-de>; 26.10.2016]
- Oelkers, J. (2001). Erfahrung Illusion und Grenzen von Lehrmitteln. In: Oelkers, J. & Tröhler, D. (Hrsg.). *Über die Mittel des Lernens* S. 94–121.
- Schleppegrell, M.J. (2004). *The language of schooling. A Functional Linguistic perspective*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schmellentin, C., Dittmar, M., Gilg, E. & Schneider, H. (i.Dr.). Sprachliche Anforderungen in Biologielehrmitteln. In: Ahrenholz, B.; Hövelbrinks, B. & Schmellentin, C. (Hrsg.). *Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen*. Tübingen: Narr.
- Schulz von Thun, F., Göbel, G. & Tausch, R. (1973). Verbesserung der Verständlichkeit von Schulbuchtexten und Auswirkungen auf das Verständnis und Behalten verschiedener Schülergruppen. In: *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, Jg. 20, S 223 – 234.
- Snow, Catherine E. (2010). Academic Language and the Challenge of Reading for Learning About Science. In: *Science* 328/5977, S. 450–452. [<http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1182597>; 15.10.2016]
- Starauschek, E. (2003). Ergebnisse einer Schülerbefragung über Physikschulbücher. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 9, S. 135–146 .
- von Borris, B. (2011). Schulbuch-Gestaltung und Schulbuch-Benutzung im Fach Geschichte. Zwischen empirischen Befunden und normativen Überlegungen. In: Handro, S. & Schönemann, B. (Hrsg.). *Geschichtsdidaktische Schulbuchforschung*. 2. Aufl. Münster: LIT, S. 39–51.
- Wellenreuther, M. (2008). *Lehren und Lernen – aber wie? Empirisch-experimentelle Forschungen zum Lehren und Lernen im Unterricht*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Thomas Wilhelm<sup>1</sup>  
Martin Hopf<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Goethe-Universität Frankfurt am Main  
<sup>2</sup>Universität Wien

## **Bericht von der Schwerpunkttagung „Newton’sche Mechanik“ mit Thesen zur Mechanik**

### **Inhalt und Ablauf**

Die GDCP-Schwerpunkttagung „Newton’sche Mechanik“ fand vom 19.2. bis 20.2.2016 im Institut für Didaktik der Physik der Goethe-Universität Frankfurt am Main statt und setzte damit die GDCP-Tagungsreihe „Fachlichkeit“ fort, die 2014 mit der GDCP-Schwerpunkttagung zur Elektrizitätslehre begann. Inhalt der Tagung sollten die Themenbereiche Kinematik und Dynamik sein. Das große Thema „Energie“ sollte bewusst hier ausgeklammert werden.

An der Tagung nahmen ca. 20 Teilnehmer teil. Es wurden vier Hauptvorträge und fünf Kurzbeiträge gehalten. Entscheidend war aber, dass es nach jedem Vortrag viel Zeit für Diskussionen gab. Jeder Referent brachte ca. drei Thesen bzw. Forderung zum Mechanikunterricht mit. Diese wurden dann nach dem entsprechenden Vortrag vor Ort diskutiert. Trotz im Detail unterschiedlicher Meinungen herrschte ein konstruktives und kompromissbereites Klima.

Auf der Grundlage der Thesen und der Diskussion wurde als Ergebnis der Tagung ein Thesenpapier erstellt. Dies wurde nach der Tagung noch per E-Mail weiter diskutiert und schließlich konsensuell verabschiedet.

### **Die Vorträge**

Zu Beginn der Tagung wurden von Thomas Wilhelm von der Goethe-Universität Frankfurt beispielhaft einige Aspekte des Mechanikunterrichts vorgestellt, die aus heutiger Sicht didaktisch eher problematisch und lernhinderlich sind. Dabei wurden auch Gründe aufgezeigt, warum man sich früher für dieses Vorgehen entschieden hat und dies früher sinnvoll war. Insbesondere zeigte sich, dass die früher sehr begrenzten Messmöglichkeiten Auswirkungen hatten. Messbar waren nur Orte und Zeiten und nur eindimensionale Bewegungen. Die heute ganz anderen Messmöglichkeiten fordern ein Überdenken von manchem Vorgehen, das historisch bedingt ist. Dazu gehören die Thematisierung des Übergangs von Momentan- zu Durchschnittsgeschwindigkeit (Wilhelm 2016a), die Gleichung  $s = \frac{1}{2} a t^2$  (Wilhelm 2014b), die Verwendung von „Weg“ anstelle von „Ort“ (Amenda & Schecker 2014), die Reduzierung der „Geschwindigkeit“ auf ihren Betrag (Wilhelm 2014a) und der Beginn mit der Statik, aus der auch ein problematischer Umgang mit Trägheitskräften (Wilhelm 2016b), der Kräftezerlegung (Wilhelm 2015b) und dem Begriff „Gegenkraft“ (Wilhelm 2015a) folgt.

Thomas Amenda von der Universität Bremen stellte sein Promotionsvorhaben vor, das insgesamt vier Studien umfasst (Amenda et al. 2013). Die Schulbuchanalyse beschreibt die fachlichen Probleme des skalaren Ansatzes der Kinematik in vier bekannten Schulbüchern. In einer Vergleichsstudie konnte gezeigt werden, dass der mathematisch anspruchsvollere vektorielle Ansatz zu mindestens gleichguten Ergebnissen führt wie der skalare Schulbuchansatz. Eine Lernwirksamkeitsstudie unter kontrollierten Laborbedingungen zeigt, dass sich ein konsequent vektorieller Ansatz grundsätzlich lernwirksam unterrichten lässt. In einer Lernwirksamkeitsstudie unter Feldbedingungen konnte gezeigt werden, dass sich das im Rahmen dieses Vorhabens entwickelte Unterrichtskonzept auch von Kollegen an einer anderen Schule lernwirksam unterrichten lässt. Das in den beiden Machbarkeitsstudien erprobte Unterrichtskonzept vermittelt die nötigen Elemente der Vektorrechnung integrativ.

Carl-Julian Pardall vom Hebel-Gymnasium Schwetzingen berief sich auf empirische Studien, die besagen, dass der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler wesentlich größer ist, sobald die Dynamik am Beginn und im Zentrum des Mechanik-Unterrichts steht. Wenn man aber mit der Dynamik und daher mit Bewegungen beginnt, ist es nach seiner Einschätzung nur konsequent, die Bewegungsgröße, den Impuls, an den Anfang zu stellen. Der Vortrag stellte ein entsprechendes Unterrichtskonzept für die Jahrgangsstufe 7/8 vor, das fachlich auf der Newton'schen Punktmechanik aufbaut (Pardall 2015). Das Konzept ist inzwischen weiter verbreitet und es liegt eine erste Evaluation dazu vor.

Bruno Hartmann von der Humboldt-Universität Berlin zeigte, wie man die Definition von Impuls und Masse durch elementare Vergleichshandlungen, durch die Konstruktion von hinreichend konstanten Bezugsgeräten und durch eine Maschinerie gewinnen kann. Impuls und Masse werden damit als direkt beobachtbare Grundmaße gelehrt.

Matthias Laukenmann von der PH Ludwigsburg legte dar, dass die Annahme, dass der Impuls eine Erhaltungsgröße ist, in Verbindung mit einer lokalen Beschreibung von Vorgängen den Begriff der Impulsströmung nach sich zieht. Die Newton'schen Axiome lassen sich dann als Kontinuitätsgleichung für den Impuls lesen und bringen nichts weiter zum Ausdruck als eben die Impulserhaltung. Darauf basiert die Darstellung der Mechanik im Karlsruher Physikkurs. An ausgewählten Beispielen wurde gezeigt, wie sich Vorgänge mit dem Impuls und seinen Strömen physikalisch beschreiben lassen. In der Diskussion wurde bedauert, dass der Karlsruher Physikkurs mit eindimensionalen Bewegungen beginnt.

Hartmut Wiesner von der LMU München beschrieb 100 Jahre fachdidaktische Forschung zum Mechanikunterricht in Deutschland, den USA und Großbritannien und gab damit einen Überblick über die Entwicklungen des Mechanikunterrichts bis in die Gegenwart. Vor 100 Jahren erschienen die Didaktiken und Methodiken zum Physikunterricht von Grimsehl (1911) und von Poske (1915). Sie stellen die ersten Zusammenfassungen der bis dahin erfolgten fachdidaktischen Diskussion dar mit ausführlichen Empfehlungen für die Durchführung des Unterrichts über Mechanik. Im Vergleich dazu hat sich am Mechanikunterricht bis 1945 in Deutschland - und nach 1945 in der BRD - sehr wenig geändert. Ab etwa 1970 begann die intensive Untersuchung von Schülervorstellungen und parallel dazu die Entwicklung und Evaluation darauf gestützter, alternativer Unterrichtskonzepte. In den USA setzen bereits 1957 nach dem sogenannten Sputnikschock beispiellose Reformbemühungen ein mit deutlichen Veränderungen des Mechanikunterrichts.

Lana Ivanjek von der Universität Wien erklärte, dass der Force Concept Inventory (FCI) ein wichtiges und sehr häufig benutztes Messinstrument im Bereich der physikdidaktischen Forschung ist, das das Wissen der Student/innen und Schüler/innen zur Mechanik testet. Deswegen ist es besonders wichtig, sein Funktionieren durch Verwendung verschiedener Statistikwerkzeuge zu evaluieren. Eines dieser Werkzeuge ist das Rasch-Modell, das aus den Rohdaten eine lineare Skala konstruiert, um die Fähigkeiten der Personen sowie die Schwierigkeit der Aufgaben messen zu können. Der FCI wird sehr häufig als Vor- und Nachtest verwendet, weshalb es wichtig ist, das Funktionieren des Tests in zwei verschiedenen Stichproben zu analysieren. Die Daten für diese Studie stammen von 1676 Schüler/innen aus der Abschlussklasse des Gymnasiums in Kroatien (17 – 18 jährige Schüler/innen) und von 141 erstsemestrigen Student/innen der Ingenieurwissenschaft der Universität Zagreb. Diese Analyse (Planinić et al. 2009) zeigt, dass es für den FCI möglich ist, in beiden Stichproben das unidimensionale Konstrukt „Mechanikwissen“ zu definieren. Für keine Aufgabe wurde ein starker Missfit zum Modell gefunden. Die Analyse deutet an, dass der FCI verschieden

funktionieren könnte je nach Ausprägung des Newton'schen Verständnisses in den Stichproben.

Sabine Pschorner vom Graf-Stauffenberg-Gymnasium Flörsheim am Main diskutierte die Überfrachtung der Einführungsphase mit Themen der Newton'schen Mechanik, die verkürzte Bearbeitung des Themas „Kreisbewegungen“, oft aus Zeitmangel, und die daraus resultierenden Verständnisprobleme bei Schülerinnen und Schülern sowie Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler und Ansätze zu deren Behebung. Sie stellte ein Unterrichtskonzept vor, bei dem die Oberstufenmechanik mit der Behandlung von Kreisbewegungen über Kräfte beginnt ohne die vorherige Behandlung der eindimensionalen Bewegungen und der gleichmäßig beschleunigten Bewegung.

Sabrina Milke von der PH Ludwigsburg zeigte, dass Schülerinnen und Schüler und auch Physikstudierende Schwierigkeiten haben, den physikalischen Kern des 3. Newton'schen Axioms zu erfassen. Insbesondere zeigt eine Analyse ausgewählter Schul- und Hochschulbücher die Schwierigkeit, dass unterschiedliche Szenarien zum 3. Newton'schen Axiom physikalisch unterschiedliche Argumentationen erfordern. Unter Berücksichtigung dieser Analyse wurde ein Lernprogramm zum 3. Newton'schen Axiom entwickelt. Das Lernprogramm ist entsprechend den Prinzipien des Multimedia Learning mit einfachen Texten und Bildern gestaltet. Die Erklärungen zum 3. Newton'schen Axiom basieren auf einem dynamischen Kraftbegriff. Mit einem Pre-Post-Design wurde der Wissenserwerb zum 3. Newton'schen Axiom mit offenen Fragen erfasst. Signifikante Unterschiede zwischen Pre- und Post-Test sprechen für eine Anwendung der angebotenen Erklärungskonzepte. Die didaktischen Überlegungen zum Lernprogramm und die Ergebnisse der Studie wurden vorgestellt (Milke & Staraschek 2016).

### **Erstellung von Thesen**

Jeder Referent präsentierte einige Thesen zum Mechanikunterricht und zur Forschung über den Mechanikunterricht, die dann diskutiert wurden. Dabei stellte sich heraus, dass sich bei den Teilnehmern in den wesentlichen Aussagen große Übereinstimmung fand, z.T. deutlich im Widerspruch zur aktuellen Praxis in den Schulen.

Die folgenden Thesen wurden auf der Tagung „Mechanik“ schließlich konsensuell verabschiedet.

### **Die Thesen**

#### *Vorbemerkung zum Mechanikunterricht*

Mechanikunterricht soll Schülerinnen und Schüler ermöglichen, Vorgänge ihres Alltags sinnvoll einordnen und physikalisch deuten zu können. Andererseits soll der Mechanikunterricht den Kindern und Jugendlichen eine altersgemäße Einsicht in die Erklärungsmacht des Zweiten Newton'schen Gesetzes als eine große physikalische Theorie erlauben. Diese beiden Aspekte müssen je nach Alter und Vorwissen der Schülerinnen und Schüler unterschiedlich gewichtet werden.

Bei der Planung von Unterricht ist es unabdingbar, Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten zu berücksichtigen und geeignete Sachstrukturen zu verwenden. Der Fokus muss auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler gerichtet werden, denn der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler ist bisher noch immer unbefriedigend.

#### *Dynamik und Statik*

Der Mechanikunterricht soll mit der Dynamik beginnen, nicht mit der Statik. Das bedeutet, der dynamische Kraftbegriff steht im Mittelpunkt. Dabei hat sich ein zweidimensionaler

dynamischer Zugang unter Verwendung der didaktischen Rekonstruktion in der Form  $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v} = \Delta \vec{p}$  mit vektoriellen Größen als erfolgreicher erwiesen als ein eindimensionaler Einstieg bzw. Einstiege über die Statik oder Kinematik. Ob ein Einstieg über die vektorielle Geschwindigkeit oder über den vektoriellen Impuls überlegen ist, ist dabei empirisch ungeklärt.

Aspekte der Statik sollten reduziert werden. Sie werden erst unterrichtet, nachdem Schülerinnen und Schüler mit dynamischen Beschreibungen vertraut sind. Der Übergang vom dynamischen zum statischen Kraftbegriff muss überzeugend gestaltet werden, wobei hier noch Entwicklungsbedarf besteht.

#### *Kinematik*

Der Begriff „Weg“ sollte aus dem Mechanikunterricht entfernt werden. Kinematische Größen sollten ausgehend vom Ort anhand zweidimensionaler Bewegungen eingeführt werden. Zwischen Geschwindigkeit und Geschwindigkeitsbetrag (Tempo) muss im Unterricht klar unterschieden werden. Dabei sollte man sich von manchem historisch Bedingtem trennen, wie die Betonung der Momentangeschwindigkeit, die Gleichung  $s = \frac{1}{2} a t^2$  und die ausschließliche Messung von Zeit und Ort. In der Sekundarstufe 2 kann auch eine Verbindung von mathematischer Darstellungsweise und qualitativem Verständnis der kinematischen und dynamischen Größen vermittelt werden.

#### *Impulsströme*

Die Beschreibung mit Impulsströmen ist nicht per se ungeeignet. Sie hat Vor- und Nachteile gegenüber der etablierten Beschreibung, kann sich gegen diese aber nicht durchsetzen. Im Anfangsunterricht sind entweder Kraft oder Impulsströme zu unterrichten, aber nicht beides. An der Hochschullehre können Kraft und Impulsströme thematisiert werden. Die Befundlage zur Effizienz ist jedoch nach wie vor unbefriedigend.

#### *Forschung*

Die gründliche Aufarbeitung früherer Überlegungen, Forschungsergebnissen und Entwicklungen beschleunigt den Fortschritt in der Physikdidaktik und die Entwicklung lernerfolgsverbessernder Unterrichtskonzepte. Physiklernen ist Conceptual change. Die Forschung über Prozesse des Physiklernens muss intensiv weitergeführt werden. Besonders erfolgversprechend scheint diese Forschung im Rahmen der „coordination classes“ von diSessa zu sein. Mikrostudien sollten als Vorstufe der Unterrichtsentwicklung stärker integriert werden, z.B. bei Entwicklung von Lehr-Lern-Materialien. Dabei zeigt sich, dass sehr detaillierte und sehr explizite Erklärungen das Lernen „neuer“ physikalischer Konzepte unterstützen können. Ebenso sollten Argumentationsschritte, die den Lernprozess von Schülerinnen und Schülern nachgewiesen unterstützen, stärker fokussiert werden.

Ein großes Desiderat in der Forschung ist die Entwicklung sorgsam evaluierter Messinstrumente, die den gesamten Altersbereich und alle Themengebiete (u.a. Dynamik, vektorielle Beschreibung, Kinematik, Statik) abdecken. Daneben sollte dem Mechanikunterricht auf der universitären Ebene mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden, vor allem für zukünftige Physiklehrkräfte.

**Literatur**

- Amenda, T. & Schecker, H. (2014). Moment mal ... Ort, Ortsverschiebung, Weg - wofür steht eigentlich das s? - In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 63, Heft 2
- Amenda, T., Schecker, H. & Kulgemeyer, C. (2013). Bedeutung fachlicher Elementarisierungen für das Verständnis der Kinematik - In: S. Bernholt (Hrsg.): Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen, Kiel: IPN-Verlag, S. 269-271
- diSessa, A. A. & Sherin, B. L. (1998). What changes in conceptual change? - In: International Journal of Science Education 20, S. 1.155 – 1.191
- diSessa, A. A. & Wagner, J. (2005). What coordination has to say about transfer – In: Mestre, J. P. (Hrsg.) Transfer of Learning from a modern multi-disciplinary perspective, IAP-Verlag, S. 121 - 154
- Grimsehl, E. (1911). Didaktik und Methodik der Physik, C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München
- Milke, S. & Staraschek, E. (2016). Unterstützt Priming das Lernen des 3. Newtonschen Axioms? - In: Maurer, C. (Hrsg.): Authentizität und Lernen - das Fach Physik in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2015 in Berlin. Universität Regensburg. Band 36, S. 62 - 64
- Pardall, C.-J. (2015). Der Impuls – eine Chance für die Kraft – In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, Heft 2
- Planinić, M., Ivanjek, L. & Sušac, A. (2009). The Rasch model based analysis of the Force Concept Inventory – In: Physical Review Special Topics - Physics Education Research 6
- Poske, F. (1915). Didaktik des physikalischen Unterrichts, Reihe: Didaktische Handbücher für den Realistischen Unterricht an höheren Schulen (in 10 Bänden), 4. Band, Leipzig, Berlin, Teubner
- Wilhelm, T. (2014a). Moment mal ... (6): Geschwindigkeit oder Tempo? - In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 63, Nr. 1, 2014, S. 48 - 49
- Wilhelm, T. (2014b). Moment mal ... (12):  $s = \frac{1}{2} a t^2$ ? - In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 63, Nr. 8, S. 48 – 49
- Wilhelm, T. (2015a). Moment mal ... (13): Wo ist die Gegenkraft? - In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 64, Nr. 1, S. 44 - 45
- Wilhelm, T. (2015b). Moment mal ... (14): Wie entsteht die Hangabtriebskraft? - In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 64, Nr. 2, S. 36 – 38
- Wilhelm, T. (2016a). Moment mal ... (23): Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit? - In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 65, Nr.2, S. 42 – 43
- Wilhelm, T. (2016b). Trägheitskräfte im Mechanikunterricht? - In: Plus Lucis 2/2016, [www.univie.ac.at/pluslucis/PlusLucis/index\\_pl.html](http://www.univie.ac.at/pluslucis/PlusLucis/index_pl.html)

Ilse Bartosch<sup>1</sup>  
 Anja Lembens<sup>1</sup>  
 Markus Precht<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universität Wien  
<sup>2</sup> Pädagogische Hochschule Weingarten

## How to teach Gender? Theorie und Praxis für die LehrerInnenbildung

Die Geschlechterforschung ist an vielen Fachbereichen an den Hochschulen in Deutschland, Österreich und der Schweiz inzwischen etabliert. Eine besondere Bedeutung hat sie für das Lehramt, da zu den Anforderungen für die Ausbildung von Lehrerinnen und Lehrern der reflektierte Umgang mit Diversität zählt. Entsprechende Kompetenzen sollten während des Studiums und des Vorbereitungsdienstes angebahnt und in Fortbildungen kontinuierlich weiterentwickelt werden. Im Workshop haben wir anhand von Good-Practice-Beispielen eruiert, welche Schnittstellen zwischen der Geschlechterforschung und den Fachdidaktiken Physik/Chemie gegeben sind und welche Exempel sich eignen, um diese zu beleuchten. Im Folgenden geben wir einen Überblick zu Perspektiven der Geschlechterforschung, aus denen heraus Unterricht geschlechtersensibel betrachtet werden kann. Anschließend erfolgen zwei Konkretisierungen: erstens vermittels der Reflexion von videografierten Interaktionen unter Berücksichtigung verschiedenen Dimensionen von Diversität sowie zweitens anhand der geschlechtersensiblen Gestaltung von Unterricht am Beispiel von Forschendem Lernen.

### Perspektiven auf Geschlecht in den Fachdidaktiken Physik und Chemie

Um Geschlecht in fachdidaktische Fragestellungen und Konzeptionen mit einzubeziehen, wurden primär die Perspektiven *Geschlechterdifferenzen* und *Geschlechterdifferenzierungen* (Doing Gender) gewählt; Abb. 1 bietet Stichwörter zu den wichtigsten Forschungsfeldern. In jüngerer Zeit wurden sie um Konzepte ergänzt, die erstens mit den Termini Intersektionalität und Diversität markieren, welche Schnittstellen zwischen MINT, Geschlecht, Alter, Kultur, Migration, Handicap etc. unangetastet sind, die zweitens Geschlecht als Baustein kultureller Ordnungssysteme sowie die daraus resultierende asymmetrische Privilegierung von Gruppen bzw. Gruppenmitgliedern zu dekonstruieren versuchen und die drittens, aus der Perspektive *Geschlechterdiffraktionen* heraus, die Verschränkung von Subjekt, Objekt und empirischer Methode, analog der etablierten Konzeptidee NOS, kritisch betrachten (vgl. Precht, 2016).

Perspektive	<i>Geschlechterdifferenzen</i>	<i>Geschlechterdifferenzierungen (Doing Gender)</i>	<i>Geschlechterdiffraktionen und -dekonstruktionen</i>
Stichwörter zu Forschungsfeldern	Fach-/Sachinteressen, Leistungsvergleiche, spez. Kompetenzen (spatial ability, reading literacy), Berufswahl ...	Unterrichtsinteraktionen und Methoden/Experimente, Stereotypisierungen (Medien), (Fähigkeits-)Selbstkonzept, Fachimage, Role Models ...	Reflexion des Einflusses von Empirie auf die Entwicklung von Forschungsfragen und Befunden; Dekonstruktion der Kategorie Geschlecht
Literaturtipps	Selbstkonzept, Attributionen, Stereotype Threat ...		z.B. Barad, 2013
	z.B. Bartosch, 2013; Finsterwald et al., 2012; Kessels, 2012; Lembens, 2012; Precht, 2006		

*Abb. 1: Perspektiven zu Geschlecht, Handlungsfelder und Literaturtipps*

In der LA-Ausbildung sollten sich die Studierenden mit den verschiedenen Perspektiven und Forschungsfeldern vertraut machen und zudem lernen, wie auf Chancengleichheit abzielende Interventionsmaßnahmen im Unterricht einzusetzen sind. Entsprechende Anleitungen und Methodenwerkzeuge sowie Links zu Materialien liegen vor (Bartosch & Lembens, 2012; NiU-Chemie-Themenheft 151 „Boys & Girls“, 2016).

In der geschlechtersensiblen LA-Ausbildung können über die Auseinandersetzung mit dem Konstrukt *Stereotyp Threat* (vgl. Martiny & Götz, 2011; Deemer et al., 2014) gleich mehrere der aufgeführten Felder angesprochen werden. Zum Ausgangspunkt wird die Feststellung gemacht, dass sich bei einigen Lernenden in Leistungssituationen stereotypisches Denken einstellt, das als Bedrohung des Selbstkonzepts erlebt wird. Wird beispielsweise die Gruppenmitgliedschaft („Ich bin ein Mädchen“) mit einem Fachimage („Physik/Chemie ist ein typisches Jungenfach“) verknüpft, können Selbstzweifel bei Mädchen entstehen. Es werden entsprechende gedankliche, selbstwertschützende Strategien generiert. Diese beanspruchen allerdings die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, sodass weniger mentale Aufmerksamkeit für die Aufgabenlösung verfügbar bleibt. Als Resultat stellt sich ein vergleichsweise schlechtes Leistungsergebnis ein. Der Effekt des Stereotyp Threats kann mit einer simplen Intervention abgemildert werden, nämlich mithilfe der Aufklärung über den Stereotype Threat (vgl. Johns, Schmader & Martens 2005, S. 119). Damit dieser wichtige Schritt erfolgen kann, sollten sich LA-Studierende unbedingt mit dem Konstrukt beschäftigen.

### **Interaktionen und Fachkulturen**

Unterrichtsbeobachtungen (z. B. Bartosch, 2013, Faulstich-Wieland et al., 2008) zeigen, dass stereotype Zuschreibungen durch eine Vielzahl zum Teil unbewusster Interaktionen genährt werden und dass die männliche Konnotation von Physik & Chemie in der Inszenierung der Lernumgebungen auf mannigfache Weise immer wieder ins Spiel gebracht wird (Willems, 2007). Darüber hinaus fixieren mediale Darstellungen der Fächer nicht nur deren maskulines Image sondern geben den Fächern auch einen elitären Anstrich, indem etwa die „grundlegend[e], fruchtbar[e] und weit umfassend[e]“ Natur der Physik betont wird, sowie auf den „zeitlos[en] und universell gültig[en]“ Charakter der „physikalischen Gesetze“ hingewiesen wird (Festschrift der DPG, 2001, S. 1). Das führt etwa dazu, dass nicht nur Mädchen sondern auch viele Jungen sich nicht „smart“ genug fühlen (Archer et al., 2014) ihr Interesse an Physik über die Schule hinaus zu verfolgen und etwa eine einschlägige naturwissenschaftlich Karriere anzustreben. In der Lehramtsausbildung ist daher auf die Dekonstruktion von Geschlecht in der Darstellung von Physik und Chemie, aber auch in den Artefakten und den gängigen didaktischen Rekonstruktionen des Fachs in den Lernumgebungen sowie den damit verbunden selbstverständlich scheinenden Narrationen besonderes Augenmerk zu legen.

Fallbeispiele und Videos eignen sich in besonderer Weise, um die Konstruktion von Geschlecht in Intersektion mit anderen Kategorien gesellschaftlicher Benachteiligung (insbesondere natio-ethno-kultureller Hintergrund) in den Interaktionen zu verdeutlichen und bieten darüber hinaus die Möglichkeit implizite Theorien von Lehrkräften reflektierbar und besprechbar zu machen. (Eine Reihe von Beispielen findet sich dazu in Bartosch 2013; 2012). Bedeutsam ist dabei zweierlei: Zum ersten, die detailgenaue Berücksichtigung des gesamten Spektrums der Interaktionen, nicht nur der fachbezogenen, da gerade in der nicht offensichtlich zum Fach gehörigen Rahmung des Unterrichtsgeschehens Diskrimination transportiert wird. Zum zweiten, die Vermeidung der Reifizierung von Geschlecht. Gemeint ist damit, dass in der Analyse vermieden wird, eine vorschnelle Dichotomie zwischen männlich und weiblich oder autochthon/ Migrationshintergrund herzustellen. Das gelingt, indem der Fokus zunächst auf eine detailgenaue Beschreibung gelegt wird und erst im Anschluss daran gefragt wird, ob „Doing Difference“ stattfindet, um zuletzt danach zu fragen, welche Rolle dabei Geschlecht in Intersektion mit anderen Aspekten sozialer Benachteiligung spielt.

### Geschlecht und Forschendes Lernen

Daten der großen Vergleichsstudien (TIMSS, PISA) zeigen (Leistungs-)Differenzen in den naturwissenschaftlichen Fächern zwischen Mädchen und Jungen und sie zeigen auch, dass es Länder gibt, in denen Mädchen besser abschneiden und solche, in denen Jungen besser abschneiden. Diese Geschlechterasymmetrien sind folglich nicht naturgegeben. Österreich und Deutschland gehören zu den Ländern, in denen Jungen insbesondere in Physik und Chemie bessere Leistungen zeigen als Mädchen. Besonders auffällig sind die Unterschiede wenn es um den kognitiven Bereich des naturwissenschaftlichen Begründens geht, bei dem z. B. Ergebnisse aus Experimenten mit naturwissenschaftlichen Konzepten in Verbindung gebracht werden sollen. Im EU-Schnitt gibt es hier kaum Unterschiede, in Österreich liegen die Leistungen der Jungen um 15 Punkte vor denen der Mädchen (vgl. Suchaň et al., 2012).

Forschendes Lernen gilt als eine besonders nachhaltige und inklusive Form des Lernens, mit der Lernende mit verschiedenen Diversitätsdimensionen (Vorwissen, Sprache, Geschlecht etc.) erreicht und gefördert werden (Scruggs et al., 1998; Zocher, 2001). Im Gegensatz zum fragend-entwickelnden Unterricht, der analytisch-instrumentale Typen (mehr Jungen als Mädchen) bevorzugt, ermöglichen optimal implementierte Phasen Forschenden Lernens zusätzlich intuitiven Typen (mehr Mädchen als Jungen) eine fragende Haltung einzunehmen, welche eine zentrale Gelenkstelle für die subjektive Sinnkonstitution darstellt (vgl. Blonder et al., 2015). Letztere ist besonders für Mädchen relevant, die sich oft nur dann einer Sache intensiv widmen, wenn diese in ihren Augen einen Beitrag zur Erklärung von Welt liefern kann (Lembens & Bartosch, 2012). Eine fragende Haltung führt zu mehr Interesse und besseren schulischen Leistungen. Sie ist zudem die Grundlage für naturwissenschaftliches Begründen, wobei eine Frage bzw. Hypothese unter Verwendung von Belegen beantwortet wird. Um Lehramtsstudierende dafür zu sensibilisieren, dass „Experimente eine Bühne für Geschlechterdifferenzierungen durch Inszenierung maskuliner und femininer Verhaltensskripte“ bieten (vgl. Spitzer & Prechtel, 2015), bewährt es sich, während des praktischen Arbeitens, einem Teil der Gruppe Beobachtungsaufträge zu geben, die einerseits das Forschende Lernen und andererseits mögliche geschlechterstereotype Verhaltensweisen in den Blick nehmen und diese anschließend gemeinsam zu reflektieren. Mögliche Aufträge sind: Wie wurde geplant? Wie wurden die Aufgaben verteilt und wer hat welche Aufgabe übernommen? Sind Verhaltensweisen aufgetreten, die als geschlechtstypische Muster aufgefasst werden? Welche Formen von Diversität sind wahrnehmbar? Um allen Lernenden (SchülerInnen, Studierenden) die Möglichkeit zu geben, sich in verschiedenen Rollen auszuprobieren, sollten klassische Rollen (ProtokollantIn, ExperimentatorIn, OrganisatorIn ...) durch Rollenkarten immer wieder neu vergeben und reflektiert werden. So kann einerseits bewusst gemacht werden, dass weibliche Personen häufiger die *care-taker*-Rolle (*communion*) und männliche Personen oft die Fachautoritäten-/Macherrolle (*agency*) übernehmen und andererseits können sich die Lernenden in (noch) fremden Rollen erfahren.

In der Bildungssozialisation spielen Geschlechterstereotype eine bedeutsame Rolle, dies macht sich unter anderem dadurch bemerkbar, dass Jungen in den Fächern Chemie und Physik häufig eine größere Kompetenz zugeschrieben wird. Diese (unbewussten) Zuschreibungen können z. B. durch den Einsatz von Concept Cartoons in der Phase des Hypothesenbildens ins Bewusstsein gehoben werden (Lembens, 2012). Die Verteilung der Aussagen in den Sprechblasen der dargestellten Personen kann und muss diskutiert werden (z. B. wissenschaftlich angemessene Aussagen nur bei den weiblichen und Alltagskonzepte nur bei den männlichen Figuren oder umgekehrt oder gleichmäßig verteilt). Welcher Figur/Person traue ich mehr Fachkompetenz zu und warum? Diese Frage kann schon mit jungen SchülerInnen sehr fruchtbar diskutiert werden und führt dazu, den (wissenschaftlichen) Argumenten in den Aussagen mehr Aufmerksamkeit zu schenken als den dargestellten Personen, womit ein wichtiger Schritt zu Dekonstruktion von Stereotypen getan wird.

### Literatur

- Archer, L., DeWitt, J., & Willis, B. (2014). Adolescent Boys' Science Aspirations: Masculinity, Capital, and Power. *Journal of Research in Science Education* 51(1), S. 1-30
- Barad, K. (2013). Diffractionen: Differenzen, Kontingenzen und Verschränkungen von Gewicht. In C. Bath et al. (Hrsg.), *Geschlechter Interferenzen. Wissensformen – Subjektivierungsweisen – Materialisierungen* (S. 27-67). Berlin: Lit
- Bartosch, I. & Lembens, A. (2012). Naturwissenschaftliche Bildung: Ein Menschenrecht! IMST (Hrsg.), *Gender\_Diversity-Kompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachdidaktische Anregungen für Lehrerinnen und Lehrer* (S. 13-25). Klagenfurt: Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung
- Bartosch, I. (2013): *Entwicklung weiblicher Geschlechtsidentität und Lernen von Physik ein Widerspruch?* Münster: Waxmann
- Bartosch, I. (2012). Den Blick der Physik auf die Welt verstehen – Physikalische Bildung für ALLE. In I. Gender-Netzwerk (Hrsg.), *Gender\_Diversity-Kompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachdidaktische Anregungen für Lehrerinnen und Lehrer* (S. 55-72). Klagenfurt: Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung. Retrieved from [https://www.imst.ac.at/app/webroot/files/nawi\\_fertig\\_28.11.pdf](https://www.imst.ac.at/app/webroot/files/nawi_fertig_28.11.pdf).
- Blonder, R., Rap, S., Mamluk-Naaman, R. & Hofstein, A. (2015). Questioning behavior of students in the inquiry chemistry laboratory: differences between sectors and genders in the Israeli context. *International Journal of Science and Mathematics Education* 13(4), S. 705-732
- Deemer, E. D. et al. (2014): Feeling the Threat: Stereotype Threat as a Contextual Barrier to Women's Science Career Choice Intentions. *Journal of Career Development* 41(2), S. 141-158
- Faulstich-Wieland, H., Willems, K., Feltz, N., Freese, U., & Läzer, K. L. (2008). *Genus – geschlechtergerechter naturwissenschaftlicher Unterricht in der Sekundarstufe I*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Finsterwald, M., Schober, B., Jöstl, G. & Spiel, C. (2012). Motivation und Attributionen: Geschlechtsunterschiede und Interventionsmöglichkeiten. In H. Stöger et al. (Hrsg.), *Mädchen und Frauen in MINT* (S. 193-212). Berlin: Lit
- Johns, M., Schmader, T. & Martens, A. (2005). Knowing is half the battle. Teaching stereotype threat as a means of improving women's math performance. *Psychological Science* 16(3), S. 175-179
- Kessels, U. (2012). Selbstkonzept: Geschlechtsunterschiede und Interventionsmöglichkeiten. In H. Stöger et al. (Hrsg.), *Mädchen und Frauen in MINT* (S. 163-191). Berlin: Lit
- Lembens, A. (2012). *Chemielernen und Gender – Zugänge für ALLE ermöglichen*. In: IMST Gender\_Diversität Netzwerk (Hrsg.), *Gender\_Diversity-Kompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachdidaktische Anregungen für Lehrerinnen und Lehrer* (S. 39-54). Klagenfurt: Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung
- Lembens, A. & Bartosch, I. (2012). Genderforschung in der Chemie- und Physikdidaktik. In M. Kampshoff & C. Wiepcke (Hrsg.), *Handbuch Geschlechterforschung und Fachdidaktik* (S. 83-97). Wiesbaden: Springer VS
- Martiny, S. E. & Götz, T. (2011). Stereotype Threat in Lern- und Leistungssituationen: Theoretische Ansätze, empirische Befunde und praktische Implikationen. In M. Dresel (Hrsg.), *Motivation, Selbstregulation und Leistungsexzellenz* (S. 153-178). Berlin: Lit
- Prechtl, M. (2006). „Doing Gender“ im Chemieunterricht. Zum Problem der Konstruktion von Geschlechterdifferenz – Analyse, Reflexion und mögliche Konsequenzen für die Lehre von Chemie. Diss., Univ. zu Köln: <http://kups.ub.uni-koeln.de/1825/>
- Prechtl, M. (2016): *Geschlechterdifferenzen, -differenzierungen und -diffractionen. Lesarten von Geschlecht in der Fachdidaktik Chemie am Beispiel von substanzbezogenem Risikoverhalten*. In N. Balzer, F. C. Klenk & O. Zitzelsberger (Hrsg.), *Queering MINT. Impulse für eine dekonstruktive Lehrer\_innenbildung* (S. 149-165). Opladen: Budrich
- Scruggs, T., Mastropieri, M. & Boon, R. (1998). Science Education for Students with Disabilities: A Review of Recent Research. *Studies in Science Education* 32(1), S. 21-44
- Spitzer, P. & Prechtl, M. (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* (S. 137-163). Bielefeld: Transcript
- Suchaň, B., Wallner-Paschon, C. & Schreiner, C. (Hrsg.) (2015). *PIRLS & TIMSS 2011. Die Kompetenzen in Lesen, Mathematik und Naturwissenschaft am Ende der Volksschule. Österreichischer Expertenbericht*. Graz: Leykam
- Themenheft (151, 2016) „Boys & Girls – Gender bewusst unterrichten“ der Zeitschrift *Unterricht Chemie*
- Willems, K. (2007). *Schulische Fachkulturen und Geschlecht. Physik und Deutsch - natürliche Gegenpole?* (Vol. 10). Bielefeld: Transcript.
- Zocher, U. (2000). *Lernen entdecken – vom Entdeckenden Lernen und der Bedeutung der eigenen Frage*. In E. Funke & T. Rihm (Hrsg.), *Subjektsein in der Schule?* (S. 155-180). Bad Heilbrunn: Klinkhardt

### **Kunstbasiertes Lernen in den Naturwissenschaften Ein Workshop zur Jahrestagung der GDCP 2016 in Zürich**

Kunstbasierte Ansätze in der Didaktik sind Ansätze, die Lehr-Lernprozesse durch den gezielten Einsatz künstlerischer Praxen, also die unterschiedlichen Prozesse und Produkte, wozu ich auch Erkenntnisse zähle, künstlerischer Ausdrucksformen und Arbeitsweisen, gestalten.

Kunstbasiertes Lernen und Lehren findet aktuell verstärkte Aufmerksamkeit, weil zum einen das Verhältnis zwischen wissenschaftlichen und künstlerischen epistemologischen Prozessen neu ausgelotet wird (Tröndle & Warmers, 2011; Bast & Carayannis, 2015) und zum anderen, auch infolge der Neuauslotung dieses Verhältnisses, zahlreiche Studien den didaktischen Wert von Ansätzen kunstbasierten Lehrens und Lernens untersuchen und positive Effekte nachweisen (Mardirosian & Fox 2003; Oreck, 2014). Die künstlerischen Domänen, die ästhetische Ansätze abdecken, erstrecken sich von literarischen, musischen oder bildenden bis hin zu darstellenden Kunstformen und künstlerischen Herstellungspraxen. Ihren Einsatz finden Formen kunstbasierten Lernens sowohl in der Grundschule (Neuss, 1999), als auch in den Sekundarstufen (Hazari, Sonnert, Sadler & Shanahan, 2010), der Hochschullehre (Schuhmacher, 1997; Ingram & Riedel, 2003) und in Forschungsinstitutionen (Veen, 2012). Ebenso breit gestreut sind die fachlichen Disziplinen, in denen kunstbasierte Formate eingesetzt werden (Knowles & Cole, 2007).

Anliegen des Workshops „Kunstbasiertes Lernen in den nicht-künstlerischen naturwissenschaftlichen Fächern“, der Ausgangspunkt dieses kurzen Aufsatzes ist, war, eine Begegnung mit kunstbasiertem Lernen anzubieten. Das Workshopformat soll in diesem Falle vor allen Dingen dazu genutzt werden, Raum für praktische Erfahrungen anzubieten, ohne Theoretisierungen vorwegnehmen zu müssen. Konsequenterweise folgte auf einen einführenden Kurzvortrag, der den Begriff des kunstbasierten Lernens konturierte und drei Kategorien von Praxisbeispielen zeigte, ein längerer Praxisteil, bei dem wir uns in einen konkreten kunstbasierten Lernprozess hineinbegaben. Die verbleibenden fünfzehn Minuten am Workshopende widmeten wir einer gemeinsamen Reflektion und Ergebnissicherung. Nachfolgend möchte ich über die Inhalte und den Verlauf des Workshops kurz berichten.

Begonnen haben wir den Impulsvortrag mit einer kurzen Konturierung des Begriffs kunstbasierten Lernens. Vorgestellt wurden zum einen unterschiedliche Begriffe die wir im Workshop unter kunstbasiertem Lernen subsumierten, beispielsweise *arts based learning* oder *aesthetic education*, und zum anderen zwei konkrete pädagogische Ansätze - das ästhetische Lernen von Maxime Greene (2001) und die Methode des *artful learning* des Bernstein Center (2003) in New York. Darauf folgten Beispiele von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die sich mit künstlerischen Methoden ihr Forschungsgebiet erschließen und Kunstschaffenden, die sich mit wissenschaftlichen Themen auseinandersetzen. Die Übergänge sind dabei fließend und nicht wenige Prozesse und Akteurinnen und Akteure in diesem Feld sind Hybride, die sich zwischen den Disziplinen bewegen. Beispielsweise:

*The Crossroads Project is an ongoing experiment — a partnership between the two great endeavors of science and art. It's a partnership with a purpose — bringing to bear the power of performance art one of the great conversations of our time — human civilization's growing unsustainability and the quest for truly meaningful response. [...]*

*Crossroads seeks to take an audience from intellectual understanding, to visceral experience, to personal resolve. (crossroads, 2016)*

Das *Crossroads Projekt* ist in seinem Ansatz nicht nur transdisziplinär, es ist auch ein kollektives Projekt, getragen von mehreren Protagonistinnen und Protagonisten. Anke Zürn, Chemikerin und bildende Künstlerin, geht in ihrem Projekt *Looking for new Diamonds* anders vor. Sie konstruiert eine Versuchsanordnung, in der explizit mit künstlerischen Mitteln geforscht werden darf. Und zwar forscht sie simultan mit dem Auditorium. Die Grenzziehung, wie sie im *Crossroads Projekt* zwischen den wissenschaftlichen und künstlerischen Disziplinen besteht, löst sich bei Zürn zwanglos auf, wenn sie künstlerischen Vorgehensweisen explizit epistemologische Eigenschaften, auch im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess, zuweist:

*[I]ch beschloss aus meinem Vortrag eine Versuchsanordnung zu machen [...], um dadurch 1.) Forschungs- und Kommunikationstraditionen in der Chemie und Kristallographie aufzuzeigen, 2.) Kommunikationsformate und Arbeitsweisen in der bildende Kunst fassbar zu machen und mit jenen der Naturwissenschaften zu vergleichen sowie 3.) indirekt zu verweisen auf mögliche Bedeutungen des haptischen Arbeitens für den Forschungsprozess selbst. Über die prozesshafte manuelle Betätigung und des kollektiven Modellbau sollten dann Gemeinsamkeiten der (Natur-) Wissenschaft und der Kunst greifbar und verhandelbar werden. (Zürn, 2015)*

Mit einem wiederum anderen Ansatz, beschäftigt sich Isabella Rosselini. In ihrer Reihe *Green Porno* zeigen Rosselini und ihr Team in achtzehn kurzen Filmsequenzen Paarungshandlungen unterschiedlicher Tierarten (Rosselini, 2009). Mit einer Bildsprache, die kindlich bis naiv anmutet, schlüpft Rosselini in Tierkostüme und die Rolle eines sich mit einem Artefakt seiner Gattung paarenden Tieres. *Green Porno* ist eine künstlerische Ästhetisierung von Paarungshandlungen und zugleich sexuelle Aufklärung. Ein ganz anderes Beispiel sind die Studien von Afra Foroud, die medizinische Forschung unter anderem mittels eines Ansatzes der Bewegungsanalyse, die im Tanz entwickelt wurde, betreibt. Anhand der Laban Movement Analysis (LMA, Laban, 1960) gelingt es Foroud beispielsweise zielgerichtete Bewegungen der Hände und Arme von Herzinfarktpatientinnen und -patienten während der Genesung zu beschreiben und Kriterien für therapeutischen Erfolg zu bestimmen (Foroud, 2008).

Schließlich guckten wir uns noch drei Beispiele aus der pädagogischen Praxis an. In *Ozontanz* zeigen zwei Schulklassen ihre multiperspektivische Auseinandersetzung mit dem Thema Ozon (Hanfgarn, 2006). Angeregt und fachlich begleitet wurde das Projekt vom Alfred-Wegner-Institut für Polar- und Meeresforschung, die tanz- und theaterpädagogische Arbeit lag in den Händen von Claudia Hanfgarn. *Es ist nicht alles Gold, was glänzt* ist die performative Collage einer achten Klasse zum Thema Galvanisierung (Schulze Heuling, 2016). *Draw your physics homework* schließlich ist ein Konzept, das Jaatila van der Veen für Einführungsveranstaltungen in die theoretische Physik entwickelte (Veen, 2012). Van der Veen geht vom Thema Symmetrie als übergeordnetem Prinzip aus und greift auf zeichnerische Hausaufgaben zurück, um das Prinzip aus unterschiedlichen physikalischen und mathematischen Perspektiven zu verhandeln.

Auf den Impulsvortrag folgte der Übergang in die Praxis. Wir haben mit Aufwärmübungen begonnen und dann mit theater- und tanzpädagogischen Techniken gearbeitet. Insbesondere haben wir dabei im künstlerischen Zusammenhang die Parameter *Tempo, Raum, Level, und Dynamik* eingeführt und ihre Bedeutung für die Qualität von Bewegungen systematisch

erschlossen. In Kleingruppen ging es dann an die Aufgabe, eine harmonische Schwingung in Bewegung umzusetzen und die Einflüsse der vier Parameter auf die Bewegungsqualität herauszuarbeiten. Nach einem kurzen Showing der Gruppenarbeiten tauschten wir im Stuhlkreis unsere Erfahrungen und Gedanken aus.

Deutlich wurde, dass bereits das Arbeiten an der Bewegungsaufgabe zur harmonischen Schwingung zu fachlichen Diskussionen führte: Kann ich den Parameter Dynamik darstellen, ohne etwas am Parameter Level zu ändern? Was würde das mathematisch oder physikalisch bedeuten. Kurz – wir haben uns unmittelbar in einer fachdidaktischen Diskussion wiedergefunden, wie wir sie uns bei der Konzeption des Workshops auch erhofft hatten. Zahlreiche konkrete Ideen für den unterrichtlichen Einsatz wurden geäußert und weitere eigene didaktische Miniaturen zu anderen Themen kamen hinzu. Neben dem didaktischen Wert des Ansatzes wurden erkenntnistheoretische Dimensionen kunstbasierten Lernens angesprochen und die Frage erörtert, inwiefern kunstbasierte Ansätze auch ein Verständnis der *nature of science* fördern können. Als weitere Merkmale wurden die Breite der Disziplinen und Altersstufen, die für diesen Ansatz in Frage kommen, sowie die Vorteile für Lernen in heterogenen Gruppen hervorgehoben. Abschließend darf gesagt werden, dass der Workshop von einer lebendigen, experimentier- und diskussionsfreudigen Atmosphäre geprägt war und jede einzelne Teilnehmerin bzw. jeder einzelne Teilnehmer zum erfolgreichen Gelingen des Workshops beigetragen hat. Ihnen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

**Literatur**

- Bast, G., Carayannis, E.G. (2015). *Arts, Research, Innovation and Society*. Wien/ New York, Springer.
- (Bernstein) New American Schools. (2003). The Leonard Bernstein center for learning. Abrufbar über <http://naschools.org/contentViewer.asp?highlightID=57&catID=189> (04.10.2016).
- (Crossroads). The Crossroads Project. <http://www.thecrossroadsproject.org/>. (12.10.2016).
- Foroud, A. (2008). *Moving from stroke to development: A deconstruction of skilled reaching in humans*. Dissertation, Lethbridge University.
- Greene, M. (2001). *Variations on a blue guitar*. Lincoln Center Institute Lectures on Aesthetic Education. New York, NY: Teachers College Press.
- Hanfgarn, C. (2006). Ozontanz. [www.hanfgarn.de/tapstblog/?page\\_id=42](http://www.hanfgarn.de/tapstblog/?page_id=42) (12.10.2016).
- Ingram, D. & Riedel, E. (2003). Arts for academic achievement: What does arts integration do for students? Center for Applied Research and Ed Improvement, University of Minnesota.
- Knowles, J.G., Cole, A.L. (2008). *Handbook of the Arts in Qualitative Research. Perspectives, Methodologies, Examples, and Issues*. London, Sage.
- Laban R. (1960). *The Mastery of Movement*. Revised third edition by L Ullman. London, Macdonald & Evans.
- Mardirosian, G.H. & Fox, L. (2003). Literacy learning intervention for at-risk students through arts-based instruction: A case study of the imagination quest model. Presentation at the Learning Conference 2003: What Learning Means, Institute of Education, University of London.
- Neuss, N. (1999). *Ästhetik der Kinder. Interdisziplinäre Beiträge zur ästhetischen Erfahrung von Kindern*, Frankfurt am Main, Suhrkamp.
- Oreck, B. (2004). The Artistic and Professional Development of Teachers: A Study of Teachers' Attitudes toward and Use of the Arts in Teaching. *Journal of Teacher Education*, 55 (55).
- Rosselini, I. (2009). *Green Porno*. München, Schirmer & Mosel.
- Schuhmacher, Doris (1997). *Ästhetische Bildung und Hochschulausbildung nach der Moderne*. Essener Unikate, 9.
- Schulze Heuling, L. (2016). Vom Schönen Schein. Kunstbasiertes Lernen in den Naturwissenschaften am Beispiel eines Performance-Projekts über verschiedene Aspekte der Galvanisierung“. *Zeitschrift für Theaterpädagogik*, 68, 37-39
- Tröndle, M., Warmers, J. (2011). *Kunstforschung als ästhetische Wissenschaft. Beiträge zur transdisziplinären Hybridisierung von Wissenschaft und Kunst*. Bielefeld, transcript.
- Veen, J.v.d. (2012). Draw your physics homework? Art as a Path to Understanding in Physics Teaching. *American Educational Research Journal*, 49 (2), 356-407.
- Zürn, A. (2015). Looking for new Diamonds. In: O. Neumaier (Hg.), *Grenzgänge zwischen Wissenschaft und Kunst, Reihe: Schnittstellen. Wissenschaft und Kunst im Dialog*, Bd. 6. Münster, lit, 115 – 134.

Peter Labudde<sup>1</sup>  
 Horst Schecker<sup>2</sup>  
 Claudia Haagen-Schützenhöfer<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PH FHNW Nordwestschweiz  
<sup>2</sup>Universität Bremen  
<sup>3</sup>Universität Graz

## **PISA und seine Folgen in Deutschland, Österreich und der Schweiz**

Veränderungen und Umwälzungen in der naturwissenschaftlichen Bildung sichtbar machen, auf diesem Hintergrund die Forschung und Entwicklung unserer Scientific Community reflektieren, auf der Basis des tri-nationalen Austausches neue Perspektiven entwickeln: Dies drei Hauptziele eines Workshops an der GDCP-Jahrestagung in Zürich. Zunächst wurden in drei Kurzreferaten die PISA-Folgen länderspezifisch vorgestellt, um anschließend vier Schwerpunktthemen in Gruppen zu diskutieren.

*Deutschland:* Horst Schecker ging in seinem Eingangsreferat zu den PISA-Folgen in Deutschland auf die drei Bereiche Bildungsadministration, Fachdidaktik und Schulen ein. Er begann mit einem zeitlichen Aufriss der Entwicklungen von der Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) über PISA und die Verabschiedung nationaler Bildungsstandards bis zum System Monitoring auf Grundlage einer Evaluation der Bildungsstandards in den drei Naturwissenschaften. Schecker stellte eine KMK-Verlautbarung (2004) infrage, nach der die Entwicklung der Bildungsstandards sich an „fachdidaktisch entwickelten und in der Schulpraxis bewährten Kompetenzmodellen“ orientiert habe. Eine fachdidaktische Diskussion habe es weder vor noch nach Verabschiedung der Standards gegeben. Ebenso fehle eine Validierung im Sinne von Messicks (1995) Consequential Validity als Überprüfung der Angemessenheit der aus den Testergebnissen abgeleiteten Schlussfolgerungen und Maßnahmen. Ein großes Manko der Standards sei das Fehlen eines Kerncurriculums. Darauf hätten Fachverbände bereits bei einer Anhörung zu den Standards im Jahr 2004 deutlich hingewiesen. Erst langsam setzte sich in manchen Bundesländern die Erkenntnis durch, dass durch die Konzentration der Lehrpläne auf die Beschreibung von Kompetenzen den Lehrkräften die Orientierung fehle, mit welchen Inhalten diese Kompetenzen erworben werden sollten. Für die PISA-Wirkungen in der Chemie- und Physikdidaktik verwies Schecker auf den Bericht über den Workshop „Fachlichkeit der Fachdidaktik“ auf der GDCP-Jahrestagung 2015 in Berlin (Schecker, Parchmann & Staraschek, 2016). Die Themenschwerpunkte der in der Gelben Reihe des Logos-Verlags veröffentlichten physik- und chemiedidaktischen Dissertationen hätten sich durch die Förderprogramme zur „Stärkung der empirischen Bildungsforschung“ in der Folge von PISA von inhalts- und lernprozessbezogenen Studien zur Testentwicklung und Kompetenzmodellierung verlagert.

*Österreich:* Claudia Haagen-Schützenhöfer verdeutlichte eingangs die skeptische Rezeption von PISA und der in Folge ausgelösten top-down Reformprozessen durch diverse Unregelmäßigkeiten bei PISA Erhebungen (2000, 2009) in Österreich (Pareiss, Pointinger & Schwantner, 2010). Als zentrale Folge im Bereich Bildungsadministration strich Haagen die Gründung des Bundesinstituts für Bildungsforschung, Innovation und Entwicklung (BIFIE) 2008 hervor, das für nationales Bildungsmonitoring (Bundesministerium für Unterricht Österreich, 2009) und für die Umsetzung nationaler Bildungsstandards verantwortlich sei. Haagen skizzierte die Implementierung der nationalen Bildungsstandards als Regelstandards auf den Schulstufen 4 und 8, deren gesetzliche Verankerung und inhaltliche Ausschärfung im Bereich der naturwissenschaftlichen Fächer bisher fehle; ebenso sei eine Validierung des normativen Kompetenzmodells ausständig. Dies bedinge u. a. einen diffusen Kompetenzbegriff und das Fehlen klarer und für Lehrkräfte handhabbarer Operationalisierungen,

was sich als problematisch in Aus- und Fortbildungsmaßnahmen von Lehrkräften sowie bei der Entwicklung kompetenzorientierter Schulbücher herausstellte. Als konkrete Maßnahmen zur Lenkung auf Unterrichtsebene, so erklärte Haagen, würden aktuell Lehrpläne für die Sekundarstufe II kompetenzorientiert adaptiert werden und eine Reifeprüfungsreform umgesetzt. Im Bereich der Lehrkräfteausbildung erfolgte eine Umstrukturierung der einstigen Pädagogischen Akademien zu Pädagogischen Hochschulen als tertiäre Bildungseinrichtungen mit dem Auftrag, eine Akademisierung des Lehrpersonals voranzutreiben und Forschung zu stärken. Zudem werde derzeit im Rahmen der PädagogInnenbildung neu eine gemeinsame Ausbildung von Lehrkräften im Sekundarbereich implementiert, die in Verbunden von Universitäten und Pädagogischen Hochschulen umgesetzt werde und deren Curricula eine deutliche Schwerpunktsetzung in Fachdidaktik aufwiesen. Haagen schloss mit dem Aufschwung fachdidaktischer Forschung als unmittelbare Folge von PISA, der etwa durch die Schaffung nationaler Kompetenzzentren (AECCs) mit klarem Forschungsauftrag oder durch die Projektierung von fachdidaktischen Lehrstühlen im Prozess der PädagogInnenbildung neu, auch international sichtbar werde.

*Schweiz:* Peter Labudde unterschied wie bereits Schecker drei Bereiche, in welchen er die PISA-Folgen in der Schweiz zusammenfasste. Im Bereich "Bildungsstandards, Lehrpläne, Monitoring" betonte er als erstes die immense Bedeutung des politischen Großprojekts HarmoS (Harmonisierung obligatorische Schule Schweiz), eine direkte Folge von PISA. HarmoS umfasst sowohl strukturelle Änderungen, z.B. zwei Jahre obligatorischer Kindergarten, dann sechs Jahre Primarstufe und drei Jahre Sekundarstufe I, wie auch nationale Bildungsstandards für das Ende des 2., 6. und 9. Schuljahrs (EDK 2011). Die Standards bildeten den Rahmen für sprachregionale Lehrpläne, in der Deutschschweiz für den Lehrplan 21, welcher 2014 verabschiedet wurde und in den kommenden Jahren sukzessive kantonsweise eingeführt wird. Zudem wird die Schweiz in Zukunft im Rahmen ihres Bildungsmonitorings ähnlich wie die KMK bzw. das IQB repräsentative Tests durchführen, u.a. in Naturwissenschaften. Im Bereich "Forschung- und Entwicklungsfelder" wies Labudde auf die Förderung der (empirischen) naturwissenschaftsdidaktischen Forschung hin, welche durch PISA mitinitiiert und durch den Aufbau der Pädagogischen Hochschulen ab 2001 begünstigt wurde. Dabei führten PISA und HarmoS zu neuen Forschungsfeldern, nämlich zeitgleich wie in den Nachbarländern zu den Feldern Kompetenzmodelle, -progression, -förderung und -diagnose. Parallel dazu begannen Fachdidaktiker/innen und Lehrpersonen neue Lehrmittel und -materialien zu entwickeln. Die erwähnten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten führten zu einer noch intensiveren Kooperation zwischen Forschung und Bildungsadministration, welche in der kleinräumigen Schweiz bereits ohnehin eng und gut sei. Im Bereich "Lehr-, Studien-, Lebenspläne" fasste Labudde zunächst die Folgen für die Schulen und Hochschulen zusammen, d.h. die neuen Lehrpläne und Lehrmittel für die obligatorische Schule vom Kindergarten bis zum Ende der Sekundarstufe I, die neuen Studienpläne an den Pädagogischen Hochschulen sowie die derzeit startenden kantonalen Weiterbildungsoffensiven im Hinblick auf die Implementation des Lehrplans 21 und der neuen Lehrmittel. Gleichzeitig wies er auf Verunsicherungen und Widerstände von Lehrpersonen und einzelnen politischen Parteien hin, welche HarmoS, den Lehrplan 21 und dessen Kompetenzorientierung ausgelöst haben. So sei es bereits in mehreren Kantonen zu Volksabstimmungen über die geplanten Neuerungen gekommen.

Im Folgenden stellen wir aus jeder der vier Diskussionsgruppen ausgewählte Resultate vor:

*1. Zentrale Vergleichsarbeiten und Abschlussprüfungen: Folgen für die naturwissenschaftliche Bildung:* Die Gruppe diskutierte eine mit zentralen Prüfungen verbundene Ambivalenz: auf der einen Seite das Interesse an Chancengerechtigkeit und an einer fairen Selektion, auf

der anderen Seite der pädagogische und bildungspolitische Wunsch nach Freiheit und Vielfaltigkeit bei den Profilen und Leitbildern von Schulen. Im Weiteren analysierten die Gruppenmitglieder die Motivation für Vergleichsarbeiten; sie sahen dafür in der Qualitätssicherung einen wesentlichen Grund, fragten dann aber auch nach möglichen Alternativen. Das Thema Qualitätssicherung führte in der Folge zu intensiven Diskussionen: "Mittels welcher fachdidaktischer Maßnahmen lässt sich die Qualität im Unterricht sichern? Welche Kriterien sollten Testaufgaben genügen, um qualitätssichernd zu wirken?"

2. *Kompetenzmodelle und Standards: Orientierung für die Unterrichtsplanung?* Die Gruppenmitglieder beantworteten die Frage zunächst eher skeptisch: Viele Lehrpersonen würden Kompetenzmodelle und Standards nicht kennen oder sähen deren Nutzen nicht ein; auch neue Lehrmittel setzten die Modelle und Standards nur beschränkt um und zudem würde in Vergleichsarbeiten und zentralen Abschlussprüfungen nach wie vor mehrheitlich das Fachwissen getestet. Im Verlaufe der Diskussion skizzierte die Gruppe dann Ideen, wie sich Kompetenzmodelle und Standards vermehrt als Orientierung für die Unterrichtsplanung nutzen ließen. Die Teilnehmenden kamen zum Schluss, dass kompetenzorientierte Aufgaben ein Schlüsselement darstellen. Aufgaben zur Diagnostik könnten und sollten der formativen Beurteilung dienen, d.h. einer Beurteilung im Sinne von Feedback geben.

3. *Scientific Literacy sensu PISA: Ersatz für das Konzept der (gymnasialen) naturwissenschaftlichen Bildung?* Die Gruppe vergewisserte sich eines gemeinsamen Verständnisses des PISA-Frameworks zur Scientific Literacy. Die Formulierung der Rahmenkonzeption sei durch folgende Merkmale gekennzeichnet: Fähigkeit zum handelnden Umgang mit naturwissenschaftlichem Wissen in lebensweltbezogenen Anwendungssituationen. Diesem funktionalen Verständnis wurde die Perspektive der humanistischen Bildung gegenübergestellt, in der das Individuum mit seiner persönlichen Entfaltung und der Klärung seines Verhältnisses zur Welt im Zentrum stehe. Naturwissenschaftliche Bildung drücke sich in diesem Rahmen darin aus, dass Schülerinnen und Schüler die spezifische Form naturwissenschaftlicher Erkenntnisbestände und Erkenntniswege reflektieren, um für sich persönlich zu entscheiden, ob sie in dadurch gekennzeichneten Kontexten ihre Interessen und Fähigkeiten ausprägen möchten, z.B. sich einer Astronomie-AG anschließen oder ein Physikstudium aufnehmen. Als Grundlage für eine solche Reflexion sei der Unterricht in ausgewählten Themenbereichen (Basiscurriculum) unabhängig von funktionalen Verwertungsaspekten so anzulegen, dass ein tiefes Verständnis fachlicher Zusammenhänge erreicht werden könne.

4. *Entwicklung und Implementierung von Unterstützungssystemen für kompetenzorientierten Unterricht (z.B. Aus- und Weiterbildung, Lehrmittel):* In der Gruppe aus LehrerbildnerInnen und FachdidaktikerInnen wurde die Wahrnehmung geteilt, dass Kompetenzorientierung im Unterrichtshandeln von Naturwissenschaftslehrkräften erst bruchstückhaft angekommen sei und vielfach als zusätzlicher Planungsaufwand wahrgenommen werde. Dementsprechend fehlten Unterstützungssysteme im Sinne langfristiger Fortbildungsmaßnahmen und Unterrichtsunterlagen, aber auch Maßnahmen zur Entlastung von Lehrkräften, um ständig neuen Anforderungen des Bildungssystems gerecht werden zu können. Für den Bereich der Ausbildung wurde geäußert, dass gut ausgebildete Referendare neue Impulse in Lehrerkollegien einbringen können; umgekehrt jedoch auch, dass der bekannte „Praxisschock“ von jungen Lehrkräften zur Rückkehr in alte Muster führen könne. Im Bereich von Schulbüchern wurde der Ruf nach Lernbüchern laut, die forschungsbasiert unter der Beteiligung von FachdidaktikerInnen entwickelt würden. Als Vorbilder wurden etwa Schulbücher aus Finnland oder dem anglo-amerikanischen Raum genannt.

**Literatur**

- Bundesministerium für Unterricht Österreich (2009). Nationaler Bildungsbericht Österreich 2009. Fokussierte Analysen bildungspolitischer Schwerpunktthemen. W. Specht (Ed.). Graz: Leykam
- EDK (2011). Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften: Nationale Bildungsstandards. Bern: EDK (Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren)
- KMK (2004). Kultusministerkonferenz legt Entwürfe zu nationalen Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss in den Fächern Biologie, Chemie, Physik vor (Pressemitteilung, 29.10.2004). Berlin: KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder)
- Messick, S. (1995). Validity of Psychological Assessment. Validation of Inferences From Persons' Responses and Performances as Scientific Inquiry Into Score Meaning. *American Psychologist* 50(9), 741-749
- Pareiss, M., Pointinger, M. & Schwantner U. (2010). Rücklauf, Stichprobenausfälle und Stichprobengröße. In U. Schwantner, & C. Schreiner (Eds.), PISA 2009. Internationaler Vergleich von Schülerleistungen. Technischer Bericht. Salzburg: Bundesinstitut BIFIE
- Schecker, H., Parchmann, I. & Staruschek, E. (2016). Fachlichkeit der Fachdidaktik - Standortbestimmung und Perspektiven (Workshop). In S. Bernholt (Ed.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Berlin 2015. Kiel: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, 25-28

Jens Fleischer<sup>1</sup>  
 Daniel Averbek<sup>1</sup>  
 Elke Sumfleth<sup>1</sup>  
 Detlev Leutner<sup>1</sup>  
 Matthias Brand<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen

## **Entwicklung und Vorhersage von Studienzufriedenheit in MINT-Fächern**

### **Ausgangslage und theoretischer Hintergrund**

Vor dem Hintergrund steigender Studierendenzahlen bei gleichzeitig hohen Quoten an Studienabbrüchen, insbesondere in den MINT-Studiengängen (Heublein, Hutzsch, Schreiber, Sommer & Besuch, 2010; Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2012), kommt der Studieneignungsdiagnostik eine zunehmend wichtiger werdende Rolle zu (vgl. Schuler & Hell, 2008). Bisherige empirische Arbeiten zur Vorhersage von Studienerfolg sind häufig fachunspezifisch, sehr unterschiedliche Studiengänge betreffend oder sehr punktuell auf einzelne Fächer bezogen und unterscheiden sich darüber hinaus in der Operationalisierung von Studienerfolg, was eine vergleichende Bewertung erschwert. Die Fülle an empirischen Einzelbefunden zu Prädiktoren von Studienerfolg wurde in verschiedenen Modellen zusammengefasst (z. B. Thiel, Veit, Blüthmann, Lepa & Ficzk, 2008; Heublein & Wolter, 2011). Zu den in diesen Modellen zentralen Prädiktoren zählen unter anderem das bereichsspezifische Vorwissen, erfasst über fachspezifische Schulnoten oder die Abiturgesamtnote (Trapmann, Hell, Weigand & Schuler, 2007; Pixner & Schüpbach, 2008), kognitive Fähigkeiten (Trapmann, 2008), die allgemeine Studienmotivation und persönliche Ziele und Interessen (Cordier, 1994; Heublein et al., 2010; Müller, 2001), Fähigkeits-selbsteinschätzungen (Giesen, Gold, Hummer & Jansen, 1986), Persönlichkeitsmerkmale (Komarraju, Karau & Schmeck, 2009) sowie eine ganze Reihe weiterer möglicher demographischer Variablen (z. B. Oswald, Schmitt, Kim, Ramsay & Gillespie, 2004). Bisher fehlen jedoch systematisch angelegte fachspezifische Untersuchungen des Studienerfolgs, die neben einer querschnittlichen Betrachtung auch eine längsschnittliche Modellierung des Studienerfolgs ermöglichen. Dies erscheint auf Grund der hohen Studienabbruchquoten insbesondere in den MINT-Fächern von besonderer Relevanz.

### **Zielsetzung**

Ziel des hier beschriebenen Teilprojektes der DFG-Forscherguppe „ALSTER“ ist es daher, die Ergebnisse aller anderen Teilprojekte zusammenzuführen und übergreifend eine systematisch angelegte fachspezifische Modellierung des Studienerfolgs zu entwickeln. Dabei sollen relevante Einflussgrößen des Studienerfolgs identifiziert und ein Modell zum Beziehungsgefüge überprüft werden. Zu diesem Zweck wurde ein Rahmenmodell erstellt, welches zum einen auf spezifische Anforderungen naturwissenschaftlich-technischer Studiengänge und zum anderen auf individuelle Eingangsvoraussetzungen von Studierenden fokussiert. Auf Seite der Prädiktoren wird in diesem Moderated-Mediation-Modell zwischen stabilen und variablen Merkmalen der Studierenden unterschieden. Stabile Merkmale sind zum einen kognitive Grundfähigkeiten, inklusive der Abiturgesamtnote, und zum anderen Persönlichkeitseigenschaften. Zu den variablen Merkmalen, also den in Laufe des Studiums veränderbaren Prädiktoren, zählen das fachliche Vorwissen, Wissen über Metakognition und Lernstrategien, akademisches Selbstkonzept und Erwartungen an das Studienfach sowie fachliches Interesse und weitere motivationale Variablen. Studienerfolg wird operationalisiert über Klausurnoten, die Studienzufriedenheit, das Fachwissen beziehungsweise den fachlichen Wissenszuwachs sowie den Verbleib im Studium. Es wird davon ausgegangen, dass die Prädiktoren sowohl direkt auf die Kriterien für Studienerfolg wirken als auch medi-

iert über geeignete Lernstrategien und ein adäquates Ressourcenmanagement sowie über die Studienzufriedenheit einen Einfluss ausüben. Darüber hinaus wird angenommen, dass sowohl die direkten als auch die indirekten Effekte durch die spezifischen Anforderungen der unterschiedlichen Fächer moderiert werden. Die Studienzufriedenheit spielt in diesem Modell eine besondere Rolle, da sie sowohl ein zentrales Kriterium für Studienerfolg, als auch einen Mediator für die Effekte der anderen Prädiktoren auf die weiteren Kriterien für Studienerfolg darstellt. Bisherige Studien haben gezeigt, dass die Studienzufriedenheit als Teilaspekt der allgemeinen Lebenszufriedenheit eng verknüpft ist mit subjektivem Wohlbefinden, Selbstwertgefühl sowie physischer und psychischer Gesundheit (Westermann, 2001) und eine hohe Studienzufriedenheit die Wahrscheinlichkeit für einen Studienabbruch verringert (Meulemann, 1991). Aus institutioneller Perspektive ist zudem relevant, dass eine hohe Studienzufriedenheit die Wahrscheinlichkeit erhöht, die eigene Hochschule anderen Studieninteressierten weiter zu empfehlen (Mavondo, Tsarenko & Gabbott, 2004).

### **Methode**

Für die Pilotstudie, die im Wintersemester 2015/2016 an der der Universität Duisburg-Essen durchgeführt wurde, liegen Daten von zwei Messzeitpunkten ( $T_1$ : Anfang des ersten Semesters;  $T_3$ : Ende des ersten Semesters) für insgesamt  $N_{T1} = 426$  ( $N_{T3} = 380$ ) Bachelor-Studierende der Fächer Bauingenieurwesen ( $n_{T1} = 146$ ;  $n_{T3} = 125$ ), Biologie ( $n_{T1} = 45$ ;  $n_{T3} = 41$ ), Chemie/Water Science ( $n_{T1} = 137$ ;  $n_{T3} = 126$ ), Physik/Energy Science ( $n_{T1} = 39$ ;  $n_{T3} = 29$ ) und Erziehungswissenschaft ( $n_{T1} = 59$ ;  $n_{T3} = 59$ ) als Vergleichsgruppe vor. Die Studienzufriedenheit wurde zusätzlich Mitte des Semesters ( $T_2$ ) erhoben, sodass für diese Variable Daten von drei Messzeitpunkten vorliegen. Ein Vergleich der Stichprobengrößen zwischen  $T_1$  und  $T_3$  zeigt geringe Stichprobenmortalitäten (0%-14%; mit Ausnahme der Physik: 26%). Ebenso zeigt ein Vergleich der Stichproben mit der jeweiligen Grundgesamtheit aller Erstsemesterstudierenden im jeweiligen Fach hohe Ausschöpfungsquoten (71%-93%; mit Ausnahme der Physik: 48%)

Die für die folgende Darstellung ausgewählter Ergebnisse relevanten Variablen, die nur einen Teil der insgesamt erfassten Variablen darstellen, sind kognitive Grundfähigkeiten erfasst über die Subskala *Figurenklassifikation* des *KFT 4-12+R* (Heller & Perleth, 2000;  $\alpha = .76$ ), Persönlichkeitseigenschaften (*NeoFFI*, Borkenau & Ostendorf, 1993;  $\alpha = .75-.89$ ), Studienzufriedenheit erfasst mit den beiden Subskalen *Zufriedenheit mit den Studieninhalten* ( $\alpha_{T1} = .82$ ,  $\alpha_{T2} = .83$ ) und *Zufriedenheit mit der Bewältigung von Studienbelastungen* ( $\alpha_{T1} = .74$ ,  $\alpha_{T2} = .77$ ; Westermann, Heise, Spies & Trautwein, 1996), *Studieninteresse* (Schiefele, Krapp, Wild & Winteler, 1993;  $\alpha = .90$ ), *Engagement im Studium* (adaptiert nach Schaufeli & Baker, 2003;  $\alpha = .86$ ) sowie die Studienmotivation erfasst über die beiden Subskalen *Wert* ( $\alpha = .84$ ) und *Kosten* ( $\alpha = .74$ ; Kosovich, Hulleman, Barron & Getty, 2014). Studienerfolg wurde über die *Klausurnoten* ( $\alpha \geq .71$ ) sowie die *Zufriedenheit mit den Studieninhalten* ( $\alpha_{T3} = .87$ ) und die *Zufriedenheit mit der Bewältigung von Studienbelastungen* ( $\alpha_{T3} = .76$ ) jeweils zum Ende des ersten Fachsemesters erhoben.

### **Ausgewählte Ergebnisse**

Betrachtet man die Entwicklung der Studienzufriedenheit über den Verlauf des ersten Semesters, so zeigen sich für die Subskala *Inhalte* signifikante Haupteffekte für die Veränderung über die drei Messzeitpunkte ( $F_{(2, 736)} = 54.94$ ;  $p < .001$ ;  $\eta_p^2 = .130$ ) und das Fach ( $F_{(4, 368)} = 2.82$ ;  $p = .025$ ;  $\eta_p^2 = .030$ ) sowie eine signifikante Interaktion Veränderung\*Fach ( $F_{(8, 683)} = 2.78$ ;  $p = .005$ ;  $\eta_p^2 = .029$ ). Die Zufriedenheit mit den Studieninhalten nimmt demnach für alle Fächer vom Anfang bis zur Mitte des ersten Semesters ab und bleibt dann bis zum Ende des Semesters stabil. Eine Ausnahme stellen die Studierenden des Bauingenieurwesens dar, die bereits zu Beginn im Vergleich die niedrigsten Zufriedenheitswerte aufweisen, welche bis zum Ende des Semesters weiter absinken. Ein ähnliches Bild zeigt sich für die Sub-

skala *Bewältigung* mit ebenfalls signifikanten Haupteffekten für die Veränderung ( $F_{(2, 736)} = 12.87$ ;  $p < .001$ ;  $\eta_p^2 = .034$ ) und das Fach ( $F_{(4, 368)} = 12.77$ ;  $p < .001$ ;  $\eta_p^2 = .122$ ) sowie einer signifikante Interaktion Veränderung\*Fach ( $F_{(8, 736)} = 2.25$ ;  $p = .022$ ;  $\eta_p^2 = .024$ ). Die Zufriedenheit mit der Bewältigung von Studienbelastungen sinkt somit ebenfalls vom Anfang bis zur Mitte des ersten Semesters ab und bleibt dann bis zum Ende des Semesters stabil. Die Studierenden des Bauingenieurwesens stellen auch hier eine Ausnahme dar, mit den bereits zu Beginn des Semesters niedrigsten Zufriedenheitswerten, welche sich über den Verlauf des Semesters nicht verändern.

Auf Grund der in einigen Fächern zu geringen Stichprobengrößen zur Spezifizierung geeigneter Prognosemodelle wurden zur Modellierung des Studienerfolgs zunächst nur die Stichproben der Studierenden des Bauingenieurwesens und der Chemie/Water Science berücksichtigt. Zur Vorhersage der Studienzufriedenheit zum Ende des Semesters wurde ein Pfadmodell spezifiziert ( $N = 243$ ), in dem durch das Studieninteresse ( $\beta = .38$ ;  $p < .001$ ) und die Wertkomponente der Studienmotivation ( $\beta = .19$ ;  $p < .01$ ) 32.4% der Varianz der Zufriedenheit mit den Studieninhalten aufgeklärt werden konnten. Für die Zufriedenheit mit der Bewältigung der Studienanforderungen konnten durch das Studieninteresse ( $\beta = .16$ ;  $p < .01$ ), die Kostenkomponente der Studienmotivation ( $\beta = -.27$ ;  $p < .001$ ) und die Subskala Neurotizismus des NeoFFI ( $\beta = -.21$ ;  $p < .001$ ) 20.7% der Varianz aufgeklärt werden. Beide Subskalen der Studienzufriedenheit sind in diesem Modell nicht signifikant korreliert ( $r = .10$ ;  $p \geq .05$ ). Zur Vorhersage der Klausurnoten wurde ebenfalls ein Pfadmodell spezifiziert ( $N = 259$ ), in dem sich die Variablen Studieninteresse ( $\beta_{\text{indirect}} = -.03$ ;  $p < .001$ ), Engagement im Studium ( $\beta_{\text{indirect}} = -.04$ ;  $p < .001$ ), Wertkomponente der Studienmotivation ( $\beta_{\text{indirect}} = -.05$ ;  $p < .001$ ), Abiturgesamtnote ( $\beta_{\text{total}} = .44$ ;  $p < .001$ ), kognitive Grundfähigkeiten ( $\beta_{\text{direct}} = -.14$ ;  $p < .01$ ) sowie Zufriedenheit mit den Studieninhalten zur Mitte des Semesters ( $\beta_{\text{direct}} = -.15$ ;  $p < .05$ ) als prädiktiv erwiesen ( $R^2 = 26.5$ ). Die Zufriedenheit mit den Studieninhalten stellt in diesem Modell einen Mediator dar, über den ein Teil der Effekte der übrigen Prädiktoren auf die Klausurnoten vermittelt wird.

### Fazit & Ausblick

Es konnte gezeigt werden, dass die Studienzufriedenheit vom Anfang bis zur Mitte des ersten Semesters in den meisten untersuchten Fächern abnimmt und dann bis zum Ende des Semesters stagniert, während sich für die Studierenden des Bauingenieurwesens abweichende Verläufe zeigen. Hier liegen die Zufriedenheitswerte bereits zu Beginn unter denen der anderen Fächer und sie fallen auf der Subskala Inhalte kontinuierlich ab, während sie auf der Subskala Bewältigung über den Verlauf des Semesters unverändert bleiben. Sowohl für die Studienzufriedenheit zum Ende des Semesters als auch für die Klausurnoten als Kriterien für Studienerfolg kann durch die betrachteten Prädiktoren substanziell Varianz aufgeklärt werden. Bei der Vorhersage der Klausurnoten lassen sich zudem Mediationseffekte über die Studienzufriedenheit zur Mitte des Semesters zeigen. Für beide Pfadmodelle finden sich darüber hinaus Hinweise auf Moderationseffekte des Fachs, die in weiteren Analysen näher betrachtet werden sollen.

In der Hauptstudie (Wintersemester 2016/17) sollen die Analysen auf die weiteren Kriterien für Studienerfolg, die weiteren Fächer sowie einen weiteren Messzeitpunkt (Ende des zweiten Semesters) ausgeweitet werden. Zusätzliche Erhebungen an der Ruhr-Universität Bochum sollen hinreichend große Stichproben gewährleisten, um eine Modellierung der Zusammenhänge auch auf latenter Ebene zu ermöglichen.

**Danksagung:** Die Erstellung dieses Kapitels wurde gefördert von der DFG unter LE 645/14-1 und SU 187/14-1 in der Forschergruppe „Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase naturwissenschaftlich-technischer Studiengänge“ (ALSTER; FOR 2242).

### Literatur

- Borkenau, P. & Ostendorf, F. (1993). NEO-Fünf-Faktoren Inventar nach Costa und McCrae. Göttingen: Hogrefe
- Cordier, H. (1994). Studienabbruch bis zur Mitte des ersten Hochschulseesters. Hannover: HIS GmbH
- Giesen, H., Gold, A., Hummer, A., & Jansen, R. (1986). Prognose des Studienerfolgs. Ergebnisse aus Längsschnittuntersuchungen. Frankfurt a. M.: Institut für Pädagogische Psychologie
- Heller, K.A. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (KFT 4-12+R). Göttingen: Beltz Test GmbH
- Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D., & Besuch, G. (2010) Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Hannover: HIS GmbH
- Heublein, U. & Wolter, A. (2011). Studienabbruch in Deutschland. Definition, Häufigkeit, Ursachen, Maßnahmen. Zeitschrift für Pädagogik, 57, 214-245
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2012). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Universitäten. Hannover: HIS GmbH
- Komarraju, M., Karau, S.J., & Schmeck, R.R. (2009). Role of the Big Five personality traits in predicting college students' academic motivation and achievement. Learning and Individual Differences, 19, 47-52
- Kosovich, J., Hulleman, C.S. Barron, K.E., & Getty, S. (2015). A practical measure of student motivation: Establishing validity evidence for the Expectancy-Value-Cost Scale in middle school. Journal of Early Adolescence, 35, 790-816
- Mavondo, F.T., Tsarenko, Y., & Gabbott, M. (2004). International and local student satisfaction: resources and capabilities perspective. Journal of Marketing for Higher Education, 14(1), 41-60
- Meulemann, H. (1991). Zufriedenheit und Erfolg in der Bildungslaufbahn. Ein Längsschnitt vom Gymnasium bis zum Studienabschluss. Zeitschrift für Sozialisationsforschung und Bildungssoziologie, 11, 215-238
- Müller, F. H. (2001): Studium und Interesse: Eine empirische Untersuchung bei Studierenden. Münster: Waxmann
- Oswald, F.L., Schmitt, N., Kim, B.H., Ramsay, L.J., & Gillespie, M.A. (2004). Developing a biodata measure and situational judgment inventory as predictors of college student performance. Journal of Applied Psychology, 89, 187-207
- Pixner, J. & Schüpbach, H. (2008). Zur Vorhersagbarkeit von Studienabbrüchen als Kriterium des Studien(miss)erfolgs. In H. Schuler & B. Hell (Hrsg.), Studierendenauswahl und Studienentscheidung. Göttingen: Hogrefe, 122-128
- Schaufeli, W.B. & Bakker, A.B. (2001). Werk en welbevinden: Naar een positieevenadering in de Arbeids- en Gezondheidspsychologie' [Work and well-being: Towards a positive Occupational Health Psychology] Gedrag & Organisatie, 229-253
- Schiefele, U., Krapp, A., Wild, K.-P., & Winteler, A. (1993). Der "Fragebogen zum Studieninteresse" (FSI). Diagnostica, 39, 335-351
- Schuler, H. & Hell, B. (2008). Studierendenauswahl und Studienentscheidung aus eignungsdiagnostischer Sicht. In H. Schuler & B. Hell (Hrsg.), Studierendenauswahl und Studienentscheidung. Göttingen: Hogrefe, 11-17
- Thiel, F., Veit, S., Blüthmann, I., Lepa, S., & Ficzk, M. (2008). Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der Freien Universität Berlin - Sommersemester 2008. Verfügbar unter [http://www.ewi-psy.fu-berlin.de/einrichtungen/arbeitsbereiche/lehr\\_studienqualitaet/zentrale-evaluation/bachelorbefragung/bachelorbefragung-2008.pdf](http://www.ewi-psy.fu-berlin.de/einrichtungen/arbeitsbereiche/lehr_studienqualitaet/zentrale-evaluation/bachelorbefragung/bachelorbefragung-2008.pdf) [14.10.2016]
- Trapmann, S. (2008). Mehrdimensionale Studienerfolgsprognose: Die Bedeutung kognitiver, temperamentsbedingter und motivationaler Prädiktoren für verschiedene Kriterien des Studienerfolgs. Berlin: Logos
- Trapmann, S., Hell, B., Weigand, S., & Schuler, H. (2007). Die Validität von Schulnoten zur Vorhersage des Studienerfolgs – eine Metaanalyse. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 21, 11-27
- Westermann, R. (2001). Studienzufriedenheit. In D.H. Rost (Hrsg.), Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. Weinheim: Beltz, 693-698
- Westermann, R., Heise, E., Spies, K., & Trautwein, U. (1996). Identifikation und Erfassung von Komponenten der Studienzufriedenheit. Psychologie in Erziehung und Unterricht, 43, 1-22

Julia Waldeyer<sup>1</sup>  
 Jens Fleischer<sup>1</sup>  
 Joachim Wirth<sup>2</sup>  
 Detlev Leutner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Ruhr-Universität-Bochum

## Selbstreguliertes Lernen – Ressourcenmanagementstrategien im Studium

„Man kann viele Aspekte des eigenen Lernens  
 durch strategisches Verhalten selbst beeinflussen“  
 (Friedrich & Mandl, 2006, S. 1).

### Ausgangslage

Es gibt wohl kaum ein Lernfeld, in dem die Freiheitsgrade zur Gestaltung des eigenen Lernens so massiv offen gestaltet sind wie im Hochschulsektor. Studierende müssen den wesentlichen Anteil ihres Studiums selbstständig und eigenverantwortlich gestalten und bewältigen (Wild, 2005). Damit stellt akademisches Lernen an Hochschulen und Universitäten hohe Anforderungen an die Selbstregulation und die strategische Ausrichtung der Lernprozesse. Vor diesem Hintergrund liegt es auf der Hand anzunehmen, dass Lernende, die über ein breites Arsenal an kognitiven und metakognitiven Lernstrategien verfügen, erfolgreicher lernen können und gute bis sehr gute Lernergebnisse erzielen. Diese Annahme lässt sich jedoch nicht ausnahmslos bestätigen. Bisherige Untersuchungen zum Zusammenhang von Lernstrategien (üblicherweise erfasst mit Fragebögen wie dem LIST, Wild & Schiefele, 1994, oder dem MSLQ, Pintrich, Smith, Garcia & McKeachie, 1991) und Lernerfolg zeigen meist keine oder nur geringe Korrelationen (für einen Überblick siehe Leutner & Leopold, 2003). In jüngeren Zeiten nehmen ressourcenbezogene Strategien in der Forschung eine zunehmend stärkere Rolle für die Vorhersage von Studienerfolg ein. Zwar zeigen Metaanalysen zur Vorhersage des Studienerfolgs, dass kognitive Lernvoraussetzungen noch immer die besten Prädiktoren für Studienleistungen und den Verbleib im Studienfach darstellen (z.B. Trapmann, Hell, Weigand & Schuler, 2007, zur Rolle von Schulnoten). Dennoch lassen sich auch substanzielle Korrelationen sogenannter nicht-kognitiver Variablen wie der Einsatz von Ressourcenmanagementstrategien mit Studienerfolg zeigen (z.B. DeFeyer, Caers, Vigna & Berings, 2012). Ressourcenmanagementstrategien beziehen sich zum einen auf interne Ressourcen wie Zeitmanagement, die Fokussierung von Aufmerksamkeit und die Regulation von Anstrengung und Motivation. Zum anderen beziehen sie sich auf externe Ressourcen wie die Gestaltung der Lernumgebung und das Hilfesuchen bzw. die Beschaffung von Informationen (z.B. Wild & Schiefele, 1994). Bemerkenswert ist, dass qualitätsbezogene Defizite des Ressourcenmanagementstrategieeinsatzes in der einschlägigen Forschung zum akademischen Lernen bisher nur unzureichend thematisiert wurden. Die reine Verfügbarkeit von Ressourcenmanagementstrategien gewährleistet jedoch nicht, dass diese in konkreten Lernsituationen auch (sinnvoll) angewandt werden.

### Zielsetzung und Forschungsfragen

Alternativ zu in der Forschung etablierten Instrumenten wie dem LIST (Wild & Schiefele, 1994), bei denen die Probanden lediglich angeben, wie häufig sie Lernstrategien einsetzen, wird ein neues Instrument entwickelt und validiert. Dieses Instrument basiert auf dem Ansatz eines *Situational-Judgement*-Verfahrens und soll erstmals ermöglichen, neben Strategiewissen, auch qualitätsbezogene Defizite des Strategieeinsatzes (z.B. Verfügbarkeitsdefizite, Produktionsdefizite oder Nutzungsdefizite) in konkreten Studiensituationen zu erfassen.

Und letztlich soll mit diesem neuen Instrument die Frage geklärt werden, inwieweit Studierende zu Beginn ihres Studiums derartige Strategien überhaupt kennen und inwieweit sie diese – sofern bekannt – für die Bewältigung der Lernanforderungen einsetzen bzw. einsetzen können. Darüber hinaus bleibt zu klären, ob sich Strategiewissen und Regulationsdefizite als prädiktiv für Studienerfolg erweisen.

### **Methode & Design**

Um die genannten Ziele und Fragen zu beantworten, wurden zwei Studien durchgeführt. In Studie 1 ging es zunächst darum, am Beispiel des Kontrasts zweier Studienfächer mit unterschiedlichen Studienanforderungen festzustellen, vor welche Ressourcenprobleme Studierende im ersten Semester überhaupt gestellt werden. Studie 1 konnte im Sommersemester 2015 mittels Fokusdiskussionsgruppen (vgl. Krueger & Casey, 2009) typische Situationen im Studium identifizieren, die – im retrospektiv wahrgenommenen Kontrast zur Schule – besondere Anforderungen an das Ressourcenmanagement Studierender stellen. Darüber hinaus wurden Bewältigungsstrategien identifiziert, die Studierende kennen und nutzen. Die Fokusdiskussionsgruppen wurden anhand eines 2x2x2-Designs gebildet – mit den Faktoren Studienfach (Bauingenieurwesen/ Erziehungswissenschaft), Zeitpunkt im Studienverlauf (zweites Studiensemester/ viertes Studiensemester) sowie Selbstwirksamkeit der Teilnehmerinnen und Teilnehmer (niedrig/ hoch). Zum Zweck der Auswertung wurden die Gesprächsinhalte aufgezeichnet und transkribiert. Basierend auf den in Studie 1 gewonnenen Ergebnissen wurde in Studie 2 ein Situational-Judgement-Instrument entwickelt, bei dem die Probanden für verschiedene konkrete Studiensituationen angeben sollen, ob sie adäquate Strategien kennen, anwenden würden und darüber hinaus – im Sinne von Selbstwirksamkeit – auch adäquat nutzen können. Dieses Instrument wurde in zwei weiteren Schritten in einem Expertenrating sowie in einer Pilotstudie im Wintersemester 2015/16 evaluiert und validiert. Um möglichst viele Items pilotieren zu können, bestand das Instrument aus drei Teilen, die im Rahmen eines Rotationsdesigns von allen Probanden zu unterschiedlichen Zeitpunkten bearbeitet wurden. Jedem Studierenden wurden so, über alle Messzeitpunkte hinweg, insgesamt 60 prototypische Situationen vorgelegt sowie für jede Situation eine Liste strategischer Handlungsoptionen, von denen jedoch nur eine gemäß einheitlicher Expertenmeinung die in dieser Situation sinnvollste Strategie darstellt. Zur weiteren Validierung wurden in der Pilotstudie außerdem Skalen wie beispielsweise der LIST (Wild & Schiefele, 1994) sowie Instrumente zur Erfassung von Zeitmanagement (adaptiert nach Britton & Tesser, 1991), Prokrastination (Patzelt & Optitz, 2004) und kognitiven Grundfähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) eingesetzt. Zusätzlich wurden die Klausurnoten im ersten Semester als ein Studienerfolgskriterium erfragt.

### **Stichprobe**

An den Fokusdiskussionsgruppen nahmen  $N = 55$  Studierende aus den Fächern Erziehungswissenschaft ( $n = 30$ ) und Bauingenieurwesen ( $n = 25$ ) der Universität Duisburg-Essen teil (58% weiblich). Das Expertenrating erfolgte durch  $N = 15$  Experten des Selbstregulierten Lernens von drei deutschen Universitäten (60% weiblich). An der Pilotstudie nahmen insgesamt  $N = 198$  Erstsemesterstudierende der Universität Duisburg-Essen teil (57.1% weiblich;  $M_{Gebj} = 1994.4$ ;  $SD = 3.4$ ). Hiervon studierten  $n = 59$  Erziehungswissenschaft (89.8% weiblich;  $M_{Gebj} = 1993.1$ ;  $SD = 5.5$ ), und  $n = 149$  studierten Bauingenieurwesen (43.1% weiblich,  $M_{Gebj} = 1994.9$ ;  $SD = 1.6$ ).

### **Ausgewählte Ergebnisse**

Insgesamt konnten in den Fokusdiskussionsgruppen 60 unterschiedliche Ressourcenmanagement-Problemsituationen exploriert und für die Erstellung des neuen Instruments herangezogen werden. Eine erste, bereits reduzierte Version dieses Instruments mit 36 Items (=

Situationen) zeigt eine sehr gute Reliabilität von  $\alpha = .87$  sowie hohe Interrater-Übereinstimmungen im Expertenrating – bei der Identifizierung der sinnvollsten Strategie jeder vorgelegten Problemsituation. Analysen zur konvergenten- und diskriminanten Validität verweisen ergänzend auf eine zufriedenstellende Konstruktvalidität. So korrelieren konvergente Konstrukte wie die Subskala Ressourcenmanagement des LISTs ( $r = .30, p < .01$ ) oder die Skalen Zeitmanagement ( $r = .28, p < .01$ ) und Prokrastination ( $r = -.41, p < .01$ ) ausnahmslos signifikant mit dem neuen Instrument. Diskriminante Variablen wie die kognitive Subskala Elaboration des LISTs korrelieren demgegenüber zu null ( $r = .06, p > .05$ ). Die Ratings eines jeden Studierenden zu den – je Situation – optimalen Strategien lassen sich nutzen, um über die Situationen hinweg die relative Auftretenshäufigkeit der Defizitkategorien zu bestimmen. Wird so ein erster Blick auf die Kompetenzen Studierender im Bereich des Ressourcenmanagements geworfen, zeigt sich folgendes Ergebnis: Insgesamt verzeichnet der größte Teil der Erstsemesterstudierenden im Ressourcenmanagement ein Verfügbarkeitsdefizit (44%), d.h. dass sie die als angemessen angesehenen Strategien nicht (er)kennen. Ein kleiner Teil der Studierenden fällt in die Kategorien Produktions- und Nutzungsdefizit (17%) und ein mittelgroßer Teil der Studierenden gibt an, kein Defizit im Ressourcenmanagement zu haben (39%). Auffällig ist in diesem Zusammenhang, dass Studierende des Fachs Bauingenieurwesen ( $M = .09; SD = .35$ ) insgesamt signifikant schlechter abschneiden als Studierende des Fachs Erziehungswissenschaft ( $M = 1.06; SD = .37$ ) abschneiden ( $t(198) = 2.90; p < .05; d = .45$ ). Hinsichtlich der Frage nach der Bedeutung des Ressourcenmanagements für den Studienerfolg zeigen sich erste Hinweise darauf, dass Ressourcenmanagement, auch über kognitive Fähigkeiten und die Abiturnote hinaus, Klausurerfolg signifikant vorhersagen kann.

#### **Fazit & Ausblick**

Die präsentierten Ergebnisse sind nur ein kleiner Auszug aus den Ergebnissen der Pilotstudie. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass sowohl Kompetenzen als auch Defizite von Erstsemesterstudierenden hinsichtlich des Ressourcenmanagements mithilfe des neu entwickelten Instruments, das über eine adäquate psychometrische Güte verfügt, erfasst werden können. Darüber hinaus erwies sich das Instrument als prädiktiv für den Studienerfolg. Weiter konnte gezeigt werden, dass Bauingenieure gegenüber Erziehungswissenschaftlern signifikant schlechter im Ressourcenmanagement abscheiden. Vor dem Hintergrund, dass das Fach Bauingenieurwesen durch hohen Klausurendruck schon im ersten Studiensemester höhere Anforderungen an das Ressourcenmanagement stellt als das Fach Erziehungswissenschaft, ist dieses Ergebnis umso alarmierender.

Aufbauend auf die ersten Ergebnisse wird das finale Instrument in einer Hauptstudie im Wintersemester 2016/17 eingesetzt, um Hypothesen zur Veränderungen der Regulationsdefizite zu prüfen. Weiter soll geprüft werden, wie die Nutzung von Ressourcenmanagementstrategien den Effekt von Persönlichkeitseigenschaften (z.B. die "Big Five"; Costa & McCrae, 1992) auf den Studienerfolg mediiert (vgl. DeFeyter et al., 2012).

**Danksagung:** Die Erstellung dieses Kapitels wurde gefördert von der DFG unter LE 645/14-1 in der Forschergruppe „Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase naturwissenschaftlich-technischer Studiengänge“ (ALSTER; FOR 2242).

**Literatur**

- Britton, B. K. & Tesser, A. (1991). Effects of time-management practices on college grades. *Journal of Educational Psychology* 83(3), 405–410.
- DeFeyter, T., Caers, R., Vigna, C. & Berings, D. (2012). Unraveling the impact of the Big Five personality-traits on academic performance: The moderating and mediating effects of self-efficacy and academic motivation. *Learning and Individual Differences*, 22, 439–448.
- Friedrich, H. F., & Mandl, H. (2006). Lernstrategien: Zur Strukturierung des Forschungsfeldes. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 1-23). Göttingen: Hogrefe.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (KFT 4 12+R)*. Göttingen: Beltz Test GmbH.
- Krueger, R. A., & Casey, M. A. (2009). *Focus groups: A practical guide for applied research*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Leutner, D. & Leopold, C. (2003). Selbstreguliertes Lernen: Lehr-/lerntheoretische Grundlagen. In U. Witthaus, W. Wittwer & C. Espe (Hrsg.), *Selbst gesteuertes Lernen –Theoretische und praktische Zugänge* (S. 43–67). Bielefeld: Bertelsmann.
- Patzelt, J. & Opitz, I. (2014). Deutsche Version der Aitken Procrastination Scale (APS-d). In D. Denner & A. Glöckner-Rist (Hrsg.), *Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen*. Ort: Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften.
- Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T. & McKeachie, W. J. (1991). The motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ). Ann Arbor, MI: NCRIPAL, the University of Michigan.
- Trapmann, S., Hell, B., Weigand, S., & Schuler, H. (2007). Die Validität von Schulnoten zur Vorhersage des Studienerfolgs-eine Metaanalyse. *Zeitschrift für pädagogische Psychologie*, 21(1), 11–27.
- Wild, K.-P. (2005). Individuelle Lernstrategien von Studierenden. Konsequenzen für die Hochschuldidaktik und die Hochschullehre. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23(2), 191–206.
- Wild, K.-P. & Schiefele, U. (1994). Lernstrategien im Studium. Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragebogens. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 15,1 85–200.

Thomas Dickmann<sup>1</sup>  
 Maria Opfermann<sup>2</sup>  
 Stefan Rumann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Universität Utrecht

## Studienerfolg und visuelles Modellverständnis in der Chemie und den Ingenieurwissenschaften

Im Rahmen der DFG-Forschergruppe ALSTER (Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen) wurde ein Rahmenmodell entwickelt, welches den Studienerfolg mit Hilfe von personenbezogenen Variablen, sowie von fachspezifischen Anforderungen erklären soll. Ziel ist es, Einflussfaktoren zu identifizieren, die besonders relevant für Studienerfolg sind. Das im Folgenden vorgestellte Projekt geht davon aus, dass insbesondere die Fähigkeit zum Umgang mit Visualisierungen zentral für das Verständnis und den Studien-/Lernerfolg in naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen ist (Coll & Lajium, 2011; Harrison & Treagust, 2000; Ramadas, 2009). Die hier vorgestellte Studie befasst sich dabei insbesondere mit visuellen Anforderungen der Fächer Chemie und Bauingenieurwesen.

### Theoretischer Hintergrund

Die Literatur ist in Bezug auf die Bedeutung von Visualisierungen in den Naturwissenschaften sehr ergiebig. Es scheint die einhellige Meinung zu geben, dass Visualisierungen in jeglicher Form eine besondere und hohe Bedeutung in der Chemie und den Ingenieurwissenschaften haben. So geben Wu und Shah (2004) an, dass Chemie eine „visuelle Wissenschaft“ sei. Larkin und Simon (1987) haben sich tiefergehend mit Diagrammen beschäftigt und sind zu dem Schluss gekommen, dass Diagramme (manchmal) effizienter als „tausend Wörter“ sind. Hier wird ersichtlich, dass Lernen in den Naturwissenschaften in vielen Fällen nur über bzw. durch Visualisierungen stattfinden kann. Aus einer psychologischen Perspektive betrachtet kann gesagt werden, dass Lernen durch die gemeinsame Verwendung von Bild und Schrift (Mayer, 2009 & 2014) gefördert wird. Der Grund hierfür wird in der Dual-Coding Theory von Paivio (1986) beschrieben. Schnotz (2005) und Mayer (2009) haben den Ansatz der doppelten Kodierung aufgenommen und weiter ausdifferenziert. Für eine nähere Erläuterung wird nun die Cognitive Theory of

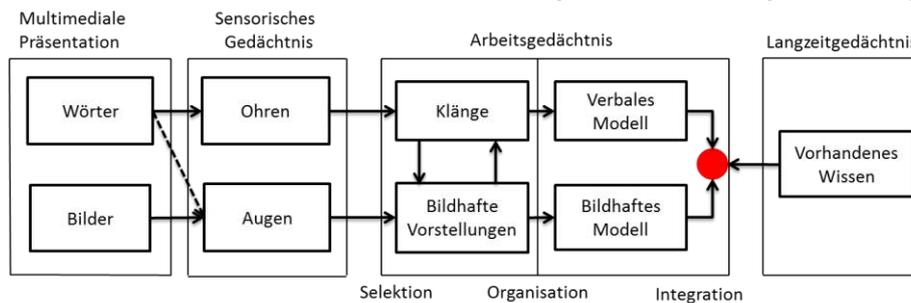


Abb. 1: Die Verarbeitung von Text-Bild-Materialien nach Mayer (2009)

Multimedia Learning von Mayer (2009) vorgestellt (Abb. 1). Die Lernenden können dargebotene Informationen durch zwei verschiedene Kanäle, einen auditiven (Ohren) und einen visuellen (Augen), verarbeiten. Diese Informationen werden in einem ersten Schritt im Arbeitsgedächtnis gefiltert (d.h. es erfolgt die Auswahl relevanter Informationen, denen dann Aufmerksamkeit zuteilwird) und in einem zweiten Schritt zu einem verbalen und einem bildhaften Modell organisiert. Im letzten Schritt werden das verbale und bildhafte Modell

optimalerweise mit vorhandenem Wissen aus dem Langzeitgedächtnis zu einem gemeinsamen mentalen Modell integriert.

Der Literaturüberblick zeigt bisher auf, dass zum Text hinzugefügte Visualisierungen das Lernen fördern können. Diese Aussage ist möglicherweise allerdings ein wenig zu eindimensional, da zum Beispiel nach Höffler, Schmeck und Opfermann (2013) die Lernförderlichkeit verschiedener Visualisierungsarten durch individuelle Lerneigenschaften moderiert bzw. mediiert werden kann. Es liegt also nahe zu untersuchen, welche Visualisierungstypen im Wechselspiel mit unterschiedlichen individuellen Lernercharakteristika zu einem erfolgreichen Lernergebnis führen.

Aus der bisherigen Theorie wurde dafür folgende Arbeitsdefinition aufgestellt: Visuelles Modellverständnis ist die Fähigkeit von Lernenden, unter der Berücksichtigung von domänenspezifischen Eigenheiten, relevante Informationen aus den unterschiedlichen Visualisierungen herauszufiltern, zu übersetzen und aufeinander zu beziehen. (In Anlehnung an Ainsworth, 2006)

### **Forschungsfragen**

Die Forschungsfragen fokussieren die Rolle von visuellem Modellverständnis in Bezug auf Studienerfolg sowie die Erfassungen des Konstrukts auf Lernerebene:

- Über welche individuellen Voraussetzungen, insbesondere visuelles Modellverständnis, verfügen Studierende zu Beginn ihres Studiums der Chemie und der Ingenieurwissenschaften?
- Welche dieser individuellen Eigenschaften und Voraussetzungen, insbesondere das visuelle Modellverständnis der Lernenden sagen den erfolgreichen Umgang mit Visualisierungen und Studienerfolg vorher?

### **Design & Methode**

Um die Forschungsfragen beantworten zu können musste zunächst ein Test entwickelt werden, welcher visuelles Modellverständnis erfasst. Anhand einer vorher durchgeführten Lehrbuch- und Instruktionsmaterialanalyse (Dickmann et al., 2015) wurden Items für diesen visuellen Modellverständnistest (VMVT) entwickelt. Da Chemie- und Ingenieurstudierende getestet werden und wir auf domänenspezifische Unterschiede fokussieren, ist der VMT folgendermaßen aufgebaut. Der gesamte Test beinhaltet 30 Items (Cronbach's  $\alpha = .827$ ), die sich wiederum in drei gleich große Subskalen, eine chemiespezifische Skala (Cronbach's  $\alpha = .689$ ), eine allgemeine Skala (Cronbach's  $\alpha = .624$ ) und eine ingenieurspezifische Skala (Cronbach's  $\alpha = .668$ ) mit jeweils 10 Items gliedern. Die allgemeine Subskala wurde aufgrund der Annahme hinzugenommen, dass die Chemie- und Ingenieurstudierenden in ihren spezifischen Skalen die jeweils andere Kohorte übertreffen und eine Vergleichbarkeit somit nur über eine Skala zu treffen ist, in welcher keine fachspezifischen Visualisierungen abgefragt werden. Zudem lässt sich über die Verwendung aller drei Skalen auch überprüfen, ob visuelles Modellverständnis als eher allgemeines oder eher domänenspezifisches Konstrukt angesehen werden kann. Eine Prämisse für die Itementwicklung war dabei, dass die Studierenden alle Items ohne größeres fachspezifisches Vorwissen lösen können, so dass es für die Ingenieurstudierenden möglich ist, alle Items aus der chemiespezifischen Skala zu beantworten und vice versa.

Die Studie war eine „Quasi-Langzeiterhebung“. Es wurden 287 Studierende (146 Chemiker und 141 Ingenieure) über den gesamten Zeitraum des ersten Semesters befragt. Dabei wurden zu Beginn und zum Ende des Semesters der VMVT sowie fachspezifische Leistungstests eingesetzt. Während des Semesters wurden zudem diverse Begleitvariablen (d.h. potentielle Kovariaten) erhoben, wie kognitive Fähigkeiten, Motivation, etc. Die Studienleistungen (Klausurnoten) wurden am Ende des Semesters erhoben.

### Ergebnisse

Die Tabelle 1 zeigt deutlich auf, dass die Chemie- und Ingenieurstudierende sich in ihren individuellen Eingangsvoraussetzungen unterscheiden. In fast allen Bereichen (außer mathematischen Fähigkeiten) erzielen Chemiestudierende bessere Werte.

	Chemiestu- dierende	Ingenieurstu- dierende	Effektstärke: Cohen's $\delta$
VMVT: Gesamtskala	.633	.568	.47**
VMVT: Chemieskala	.663	.529	.67**
VMVT: Allgemeine Skala	.600	.540	.34**
VMVT: Ingenieurskala	.620	.568	n.s.
Räuml. Vorstellungsvermögen	.766	.691	.36**
Verbale Fähigkeiten	.525	.438	.63**
Figurale Fähigkeiten	.718	.636	.45**
Mathematische Fähigkeiten	.455	.492	n.s.

*Tab. 1: Ein Vergleich der individuellen Voraussetzungen der Chemie- und Ingenieurstudierenden anhand von Lösungshäufigkeiten.*

Wird nun geschaut, welche Einfluss visuelles Modellverständnis auf Studienerfolg besitzt, so fällt auf, dass VMV einerseits nur einen geringen signifikanten Einfluss auf Klausurnoten (Ingenieur  $\beta = .07$  und Chemie  $\beta = .06$ ) hat, aber andererseits Fachwissen in einem hohen Maße prädiziert (Ingenieur  $\beta = .48$  und Chemie  $\beta = .30$ ).

Diese Ergebnisse weisen auf Mediationseffekte hin, die ebenfalls berechnet wurden. Für die Chemie konnte festgestellt werden, dass sich der fachliche Wissenszuwachs partiell über die Performanz in der chemiespezifischen Skala erklären lässt, während beim Ingenieurwesen die Gesamtskala des VMVT eine partielle mediiierende Wirkung aufweist.

Wird nun resümiert, so fällt auf, dass die Ingenieurstudierenden andere Voraussetzungen in ihre akademische Laufbahn einbringen. So zeigen die Ergebnisse auf, dass Ingenieurstudierende im Gegensatz zu Chemiestudierenden ihr Studium mit wenig Vorwissen beginnen. Dies erklärt einerseits die nicht vorhandenen Unterschiede in der ingenieurspezifischen Skala des VMVT und andererseits den Mediationseffekt der Gesamtskala des VMVT. Die Chemiestudierenden hingegen weisen vergleichsweise höheres Vorwissen auf, und ihr Wissenszuwachs kann auch über fachspezifisches visuelles Modellverständnis erklärt werden.

### Fazit & Ausblick

Die vorgestellten Ergebnisse sind ein Auszug aus der Pilotstudie. Sie dienen der Verbesserung des Messinstruments und können vorerst nur Indizien und Hinweise auf bestehende Zusammenhänge geben. Die Hauptstudie muss zeigen, inwiefern sich die Ergebnisse reproduzieren lassen.

Es lässt sich erkennen, dass Ingenieurstudierende mit deutlich anderen Voraussetzungen in ihr Studium gehen als Chemiestudierende, und dass visuelles Modellverständnis ein Konstrukt zu sein scheint, welches zumindest partiell Studienerfolg erklären kann.

Perspektivisch sind ferner die Fragen zu klären, ob visuelles Modellverständnis statisch oder dynamisch ist und welche Spezifika visuelles Modellverständnis aufweist und ausmacht.

**Literatur**

- Ainsworth, S. E. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, 183-198.
- Coll, R. K. & Lajium, D. (2011). Modeling and the Future of Science Learning. In M. S. Khine & Salhe, I. M. (Eds.), *Models and Modeling. Cognitive Tools for Scientific Inquiry* (S. 3-21). New York: Springer.
- Dickmann, T., Opfermann, M., Rumann, S., Dammann, E., Lang, M., & Schmuck, C. (2015, September). Prädiktoren von visuellem Modellverständnis in der Chemie. [Predictors of visual model comprehension in chemistry.] Poster presented at the annual meeting of the German Association for the Didactics of Chemistry and Physics (GDGP).
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22, 1011-1026.
- Höffler, T., Schmeck, A., & Opfermann, M. (2013). Static and dynamic visualizations: Individual differences in processing. In Schraw, G., M. McCrudden, & D. Robinson (Eds.), *Learning through visual displays* (pp. 133-163). Charlotte: Information Age Publishing.
- Larkin, J. H. & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11, 65-99.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning*. 2nd Edition. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Mayer, Richard E. (Hg.) (2014): *The Cambridge handbook of multimedia learning*. 2. ed. New York, NY: Cambridge Univ. Press (Multimedia learning).
- Pavio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford: Oxford University Press.
- Ramadas, J. (2009). Visual and spatial models in science learning. *International Journal of Science Education*, 31, 301-318.
- Schnotz, W. (2005). An integrated model of text a picture comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 49-69). Cambridge: Cambridge University Press.
- Wu, H. K. & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88, 465-492.

Torsten Binder<sup>1</sup>  
 Philipp Schmiemann<sup>1</sup>  
 Heike Theyßen<sup>1</sup>  
 Angela Sandmann<sup>1</sup>  
 Bernd Sures<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen

## Prädiktion von Klausurerfolg in Biologie und Physik

### Ausgangslage

Immer mehr Abiturientinnen und Abiturienten in Deutschland ziehen ein Studium einer Ausbildung vor (Statistisches Bundesamt, 2016). Mit den dadurch erheblich steigenden Studierendenzahlen geht ein erhöhter Studienabbruch einher. Besonders in den naturwissenschaftlichen Fächern bricht ein Großteil der Studierenden sein Studium ab. In den Fächern Physik und Biologie stiegen die Abbruchquoten an Hochschulen von 39% auf 41% bzw. 20% auf 27% in nur zwei Jahren (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2014). Unerlässlich ist deshalb die Suche nach Erfolgsfaktoren für Studierende der Naturwissenschaften. Besonders fachspezifische, kognitive Faktoren werden dabei vermehrt in den Fokus genommen. Diese Studie leistet hierzu einen Beitrag, indem untersucht wird, wie weit sich Klausurerfolg über fachspezifisches Vorwissen vorhersagen lässt. Dabei werden vier Typen fachspezifischen Vorwissens theoriegeleitet unterschieden und getrennt erfasst.

### Theoretischer Hintergrund

Für die Vorhersage von Studienerfolg wurden bereits verschiedene Variablen untersucht. Als wesentlicher und fachunabhängiger, guter Prädiktor erweist sich immer wieder die Abiturdurchschnittsnote (Brandstätter, Grillich & Farthofer, 2006). Es ergeben sich mittelhohe Korrelationen zwischen der Abiturnote und den Klausuren nach dem Semester (Trapmann, Hell, Weigand & Schuler, 2007). Neben diesen fachunspezifischen Erfolgsprädiktoren wird auch immer wieder Vorwissen als guter, fachspezifischer Prädiktor genannt (Renkl, 1996; Thompson & Zamboanga, 2003).

Vorwissen gilt als die wesentliche kognitive Variable für weiteren Lernerfolg, sowohl im schulischen, als auch im universitären Kontext (Dochy, 1996; Thompson & Zamboanga, 2003). Dies erschließt sich theoretisch bei der Betrachtung kognitivistischer Theorien, die dafür plädieren, dass alles neue Lernen auf bisherigem Verstehen aufbaut (McCormick & Pressley, 1997). In zahlreichen Studien wird diese theoretische Annahme bestätigt und so wurde bereits gezeigt, dass unvollständiges oder inakkurates Vorwissen Lernen erschwert (Ausubel, 2000) und umgekehrt mehr Vorwissen zu einer besseren Behaltensleistung und einem positiven Lerneffekt führt (Chi & Ceci, 1987; Dochy, Rijdt & Dyck, 2002).

Beim Erfassen von Vorwissen berichten Hailikari et al. (2007) und Dochy et al. (1999) übereinstimmend, dass es besonders auf die differenzierte Messung verschiedener Komponenten des Vorwissens mit passenden Testinstrumenten ankommt. Nur dadurch können mehrere Teilbereiche des Vorwissens einer Versuchsperson berücksichtigt werden. Hailikari et al. (2007) untergliedern in ihrem u. a. auf (Anderson, Krathwohl & Bloom, 2001) basierenden normativen Modell das Vorwissen in vier Vorwissenstypen: *Knowledge of facts*, *Knowledge of meaning*, *Integration of knowledge* und *Application of knowledge*. Um die verschiedenen kognitiven Anforderungen dieser Wissenstypen adäquat abbilden zu können, sollten unterschiedliche Methoden zur Erfassung eingesetzt werden (Hailikari, 2009).

### Zielsetzung und Fragestellungen

Wesentliches Ziel der Untersuchung ist die Prädiktion von Klausurerfolg, operationalisiert über die verschiedenen Fachnoten. Untersucht werden soll, inwieweit ein Vorwissenstest, der

die vier verschiedenen Typen von Vorwissen separat erfasst, den bekannte Prädiktor von Klausurerfolg (Abiturdurchschnittsnote) übertrifft. Die Forschungsfragen lauten:

- Inwieweit prädiziert ein Vorwissenstest, der verschiedene Typen des Vorwissens erfasst, den Klausurerfolg in Biologie oder Physik?
- Inwieweit zeigt ein Vorwissenstest, der verschiedene Typen des Vorwissens erfasst, inkrementelle Validität über die Abiturdurchschnittsnote hinaus?

### **Studiendesign und Methoden**

Erhoben wurden das fachspezifische Vorwissen, in den vier Vorwissenstypen, bei Erstsemesterstudierenden der Biologie und Physik im Wintersemester 2015/16 an der Universität Duisburg-Essen. Der Messzeitpunkt der beiden Vorwissenstests lag in der zweiten Woche der Vorlesungszeit. Für jeden der vier Vorwissenstypen wurde eine eigenständige Methode eingesetzt, die die Charakteristika des jeweiligen Wissenstyps möglichst gut erfassen sollte:

- Knowledge of facts: Multiple Choice-Items, z. B. die Auswahl der richtigen Einheit zu einer gegebenen physikalischen Größe
- Knowledge of meaning: Offene Fragen, z. B. zur Definition des Konzepts "Schlüssel-Schloss-Prinzip"
- Integration of knowledge: Concept Maps mit acht vorgegebenen fachlichen Konzepten
- Application of knowledge: Sortieraufgaben mit jeweils 12 typischen Problemlöseaufgaben, die nach Lösungsansatz zu sortieren waren (nach Friege, 2001)

Der Testinhalt der Vorwissenstests wurde inhaltlich, mit Hilfe der Dozierenden, an die Kurse des ersten Semesters und die Inhalte der Oberstufe angepasst, um curriculare Validität zu gewährleisten. Der Klausurerfolg wurde über die fachspezifischen Prüfungsnoten operationalisiert und nach dem ersten Semester erhoben. Für beide Testinstrumente werden spezifische Kriterien der Testqualität errechnet. Mit den Vorwissenstests erfolgt dazu eine IRT-Skalierung (eindimensionales Partial Credit Model über die Summenscores aus jeweils allen vier Testteilen). Der Einfluss der verschiedenen Prädiktoren wird mit hierarchischen, multiplen Regressionsanalysen untersucht.

### **Stichprobe**

An der Studie nahmen 45 B.Sc.-Studierende der Biologie und 33 B.Sc.-Studierende der Physik teil. Circa 76% der Biologiestudierenden waren weiblich ( $N = 34$ ). Das mittlere Alter (Mdn) der Biologiestudierenden betrug 20 Jahre. In der Stichprobe der Physikstudierenden dreht sich das Geschlechterverhältnis. Circa 21% sind hier weiblich ( $N = 7$ ) und 79% männlich ( $N=26$ ). Der Median des Alters der Physikstudierenden betrug 19 Jahre.

### **Ergebnisse**

Die Vorwissenstests zeigen sowohl in Biologie (EAP/PV = .84) als auch in Physik (EAP/PV = .86) akzeptable Reliabilitäten als auch Item-Fit-Werte (Infit/MNSQ: Biologie 0,85-1,08; Physik 0,76 -1,19).

Für die Regressionsmodelle wurden die Personenfähigkeit aus dem Partial Credit Modell, sowie die Abiturdurchschnittsnote in beiden Fächern als unabhängige Variablen genutzt. In der Physik ist Vorwissen ein signifikanter Prädiktor für die Klausurleistungen der beiden Prüfungen am Ende des ersten Semesters in Experimentalphysik ( $\beta = -.70$ ;  $t(29) = -5,18$ ;  $p < 0,01$ ), sowie in theoretischer Physik ( $\beta = -.59$ ;  $t(29) = -3,87$ ;  $p < 0,01$ ). Vorwissen erklärt dabei hier einen signifikanten Anteil der Varianz (Experimentalphysik:  $R^2 = ,49$ ;  $F(1,28) = 26,84$ ;  $p < 0,01$ / theoretische Physik:  $R^2 = ,35$ ;  $F(1,28) = 14,97$ ;  $p < 0,01$ ). Ähnliche Ergebnisse ergeben sich in Biologie. Das Vorwissen ist auch hier ein signifikanter Prädiktor für die Leistung in Botanik  $\beta = -.69$ ;  $t(34) = -5,45$ ;  $p < 0,01$ , wie auch in Zellbiologie  $\beta = -.50$ ;  $t(19) = -2,4$ ;  $p =$

0,03. In Botanik wird dabei ca. 47% ( $R^2 = ,47$ ,  $F(1,33) = 29,73$ ,  $p < 0,01$ ) und in Zellbiologie ca. 27% der Varianz des Klausurerfolgs gebunden ( $R^2 = ,20$ ;  $F(1,17) = 5,70$ ;  $p = 0,03$ ). Bei der multiplen, hierarchischen Regression unter der Berücksichtigung der Abiturdurchschnittsnote (Forschungsfrage 2) ergeben sich die folgenden Modelle:

AV = Klausurnote in Experimentalphysik

Prädiktor	B	SE	$\beta$	$R^2$	$\Delta R^2$
Abiturdurchschnittsnote	0,52	0,34	,66	,57	,23
Vorwissen	-0,98	0,30	-,75**		

AV = Klausurnote in theoretische Physik

Prädiktor	B	SE	$\beta$	$R^2$	$\Delta R^2$
Abiturdurchschnittsnote	0,54	0,50	,23	,40	,07
Vorwissen	-1,04	0,44	-,49**		

AV = Klausurnote in Botanik

Prädiktor	B	SE	$\beta$	$R^2$	$\Delta R^2$
Abiturdurchschnittsnote	0,09	0,28	,05	,46	,29
Vorwissen	-1,32	0,28	-,67**		

AV = Klausurnote in Zellbiologie

Prädiktor	B	SE	$\beta$	$R^2$	$\Delta R^2$
Abiturdurchschnittsnote	0,44	0,58	,23	,19	,18
Vorwissen	-1,97	0,89	-,66*		

\* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$

Tab. 1: Hierarchische Regressionsanalysen für Klausurerfolg in Biologie und Physik;  $\Delta R^2$  gibt die zusätzliche Varianzaufklärung des Vorwissenstests über die Abiturnote hinweg an.

### Diskussion

Sowohl in Physik, als auch in Biologie zeigt sich das fachspezifische Vorwissen als ein guter Prädiktor für Klausurerfolg im ersten Semester. Mithilfe des über verschiedene Wissenstypen variierten Vorwissenstests, konnte fachspezifisches Vorwissen in Breite erfasst werden. Bei der Vorhersage des Studienerfolgs zeigt das Vorwissen inkrementelle Validität über die Abiturnote hinaus. Dieses Ergebnis zeigt sich über beide Fächer und Inhaltsbereiche hinweg. Obwohl keine Multikollinearität zwischen den Variablen vorliegt, geht die Abiturdurchschnittsnote nicht mehr signifikant in Regressionsmodelle ein sobald das Vorwissen als Prädiktor genutzt wird. Damit zeigen sich erste Hinweise für die Bestätigung der Annahmen von Hailikari et al. (2007) und Dochy (1999), dass Vorwissen, welches über verschiedene Methoden und über verschiedene Wissenstypen erfasst wird, wesentlich genauere Vorhersagen zukünftiger Leistungen zulässt als der etablierte und sehr viel einfacher zu erhebende Prädiktor Abiturdurchschnittsnote. Die zeitaufwändige Erstellung eines solchen Tests ist damit durch die bessere Vorhersageleistung gerechtfertigt. Diese Annahmen müssen mit weiteren Untersuchungen an größeren Stichproben überprüft werden. Die Befunde deuten darauf hin, dass eine reine Betrachtung der Abiturdurchschnittsnote als Leistungsprädiktor im Studium ohne Berücksichtigung des fachspezifischen Vorwissens nicht hinreichend ist.

**Literaturverzeichnis**

- Dochy, F., Rijdt, C. de & Dyck, W. (2002). Cognitive prerequisites and learning how far have we progressed since bloom? Implications for educational practice and teaching. *Active learning in higher education*, 3 (3), 265–284.
- Hailikari, T., Nevgi, A. & Lindblom-Ylänne, S. (2007). Exploring alternative ways of assessing prior knowledge, its components and their relation to student achievement: A mathematics based case study. *Studies in Educational Evaluation*, 33 (3), 320–337.
- Ausubel, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Dordrecht/Boston/London: Kluwer.
- Chi, M. T. H. & Ceci, S. J. (1987). Content knowledge: Its role, representation, and restructuring in memory development. *Advances in child development and behavior*, 20, 91–142.
- Hailikari, T. (2009). *Assessing university students' prior knowledge implications for theory and practice*. University of Helsinki Department of Education Research Report, 227.
- Friege, G. (2001). *Wissen und Problemlösen: eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*. Logos-Verlag.
- Dochy, F., Segers, M. & Buehl, M. M. (1999). The relation between assessment practices and outcomes of studies: The case of research on prior knowledge. *Review of educational research*, 69 (2), 145–186.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R. & Bloom, B. S. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*: Allyn & Bacon.
- Brandstätter, H., Grillich, L. & Farthofer, A. (2006). Prognose des Studienabbruchs. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 38 (3), 121–131.
- Trapmann, S., Hell, B., Weigand, S. & Schuler, H. (2007). Die Validität von Schulnoten zur Vorhersage des Studienerfolgs-eine Metaanalyse | Dieser Beitrag entstand im Kontext des Projekts "Eignungsdiagnostische Auswahl von Studierenden", das im Rahmen des Aktionsprogramms "StudierendenAuswahl" des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft und der Landesstiftung Baden-Württemberg durchgeführt wird. *Zeitschrift für pädagogische Psychologie*, 21 (1), 11–27.
- Statistisches Bundesamt. (2016). *Bildung, Forschung und Kultur. Studienanfänger/-innen-Erstes Fachsemester nach Fächergruppen*. Verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/BildungForschungKultur/Hochschulen/Tabellen/StudierendeErstesFSFaechergruppen.html>
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2014). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen: statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2012*. Hannover: Dt. Zentrum für Hochsch.-und Wiss.-Forschung.
- Dochy, F. J. (1996). Assessment of domain-specific and domain-transcending prior knowledge: Entry assessment and the use of profile analysis. In *Alternatives in assessment of achievements, learning processes and prior knowledge* (S. 227–264). Springer.
- McCormick, C. B. & Pressley, M. (1997). *Educational psychology: Learning, instruction, assessment*: Longman Publishing/Addison Wesley L.
- Thompson, R. A. & Zamboanga, B. L. (2003). Prior knowledge and its relevance to student achievement in introduction to psychology. *Teaching of Psychology*, 30 (2), 96–101.
- Renkl, A. (1996). Vorwissen und Schulleistung. *Emotionen, Kognitionen und Schulleistung*, 175–190.

Joachim Müller<sup>1</sup>  
 Hans E. Fischer<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>2</sup>  
 Axel Lorke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Universität Potsdam

## Physikalisch-Mathematische Modellierung und Studienerfolg

### Hintergrund

Um die hohe Abbruchquote (40%) im Studienfach Physik erklären zu können (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2014), soll im Rahmen der DFG-Forschergruppe ALSTER (Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen) Studienerfolg mit der Erhebung fachlicher, psychologischer und demographischer Variablen analysiert werden. Das hier vorgestellte Teilprojekt fokussiert auf die inhaltlichen Anforderungen im Physikstudium, sie werden von exmatrikulierten Physikstudierenden am häufigsten als der ausschlaggebende Grund für die Exmatrikulation angegeben (Albrecht, 2011). Es konnte bereits gezeigt werden, dass mathematisches Vorwissen ein starker Prädiktor für Studienerfolg ist; auch physikalisches Vorwissen kann Studienerfolg begünstigen (Buschhüter, Spoden & Borowski, 2016; Sorge, Neumann, & Petersen, 2016). Diese Studien sind konform mit Befunden, die die Bedeutung der Mathematik für die Physik als essenziell (Krey, 2013; Prediger, 2009) und die Mathematik als Grundlage der physikalischen Methodik und Erkenntnisgewinnung beschreiben (Krey, 2013; Uhden, Karam, Pietrocola & Pospiech, 2011). Darüber hinaus wird angenommen, dass das fachlich-mathematische Modellieren ein Prädiktor für Studienerfolg ist (Müller, Dammann, Fischer, Lang, Borowski, Lorke & Menkenhagen, 2016). Unter fachlich-mathematischer Modellierung wird die bidirektionale Transformation zwischen fachlichen und mathematischen Repräsentationen beim Lösen von Aufgaben verstanden (Uhden, 2012; Trump, 2015). Die Transformationen finden in Abbildung 1 jeweils zwischen zwei kognitiven Repräsentationen (in Rechtecken) statt.

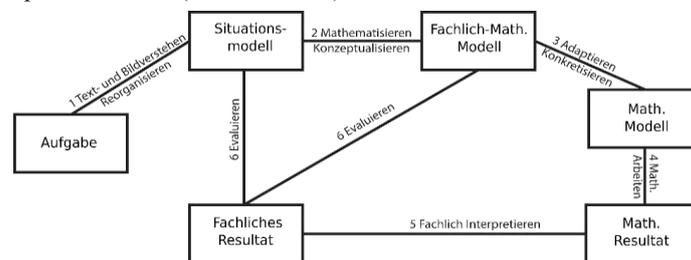


Abb. 1: Prototypischer Modellierungskreislauf beim Lösen universitärer Aufgaben in Anlehnung an Trump, 2016

Ausgehend von diesem Modell sollen zwei Forschungsfragen beantwortet werden:

- Gibt es im ersten Studienjahr einen Zusammenhang zwischen der Modellierungsfähigkeit der Studierenden und dem Studienerfolg?
- Wie hängt die Modellierungsfähigkeit mit der mathematischen Fähigkeit und dem Fachwissen der Studierenden zusammen?

Um den Einfluss des mathematischen Modellierens genauer beschreiben zu können, werden außerdem die Ergebnisse der Physikstudierenden mit Ergebnissen von Bauingenieurstudierenden verglichen, bei denen das Wissen in Mathematik anscheinend eine ähnliche Rolle spielt (Winkelman, 2009).

### Method

Um die Forschungsfragen beantworten zu können, wurden ein Fachwissenstest, ein Modellierungstest und ein Rechentest entwickelt, die in einer längsschnittlichen Studie zu drei Messzeitpunkten vor und nach dem ersten Semester (WiSe 2016/17) und nach dem zweiten Semester (SoSe 2017) eingesetzt werden sollen. Der Modellierungstest operationalisiert die Prozesse (2) Mathematisieren und Konzeptualisieren, (3) Adaptieren und Konkretisieren und (5) Fachlich Interpretieren des Modells (siehe Abbildung 1). Die längsschnittliche Pilotierung der Tests fand im Wintersemester 2015/16 bei Studierenden ( $N_{\min/\max} = 57/85$ ) der Physik an der Universität Duisburg-Essen und der Ruhr Universität Bochum im ersten Studienjahr statt. Ziel der Pilotierung war es, reliable und valide Messinstrumente zur Beantwortung der Forschungsfragen zu entwickeln. Im Folgenden wird über erste Ergebnisse der Pilotierung bezüglich dieses Ziels berichtet.

### Ergebnisse

Bei der Berechnung der Gütekriterien in Tabelle 1 mit dem Raschmodell wurden die Itemschwierigkeiten über virtuelle Personen geschätzt und für beide Messzeitpunkte (MZP) fixiert. Beim Rechentest besteht die Grundgesamtheit aus der gesamten ALSTER-Stichprobe, da er bei allen Fächern eingesetzt wurde. Nach dem Ausschluss von wenigen Items sind die Reliabilitäten und Fitwerte der Tests gut.

Rechentest	$N_{\text{Items}}$	$N_{\text{Personen}}$	EAP Reliabilität	Varianz	Infit [min; max]
MZP1	35 (44)	474	.87	2.48	0.77; 1.20
MZP2 <sup>1</sup>	35 (44)	169	.78	1.80	0.72; 1.29
Fachwissen	$N_{\text{Items}}$	$N_{\text{Personen}}$	EAP Reliabilität	Varianz	Infit [min; max]
MZP1	37 (43)	57	.83	0.72	0.73; 1.44
MZP2	57 (71)	84	.89	0.79	0.79; 1.21
Modellierung	$N_{\text{Items}}$	$N_{\text{Personen}}$	EAP Reliabilität	Varianz	Infit [min; max]
MZP1	42 (49)	58	.88	1.02	0.80; 1.25
MZP2	65 (73)	85	.87	0.70	0.83; 1.19

Tab. 1: Gütekriterien der Fachinstrumente. Bei  $N_{\text{Items}}$  geben die Werte in runden Klammern jeweils die Anzahl der Items vor der Itemsselektion an.

Fachwissen	Lösungsquote	$\bar{\theta}$ WLE	$\Delta$ WLE	Cohens d
MZP1	58 %	$-.216 \pm .053$	.27	.76***
MZP2	56 %	$.054 \pm .038$		
Modellierung	Lösungsquote	$\bar{\theta}$ WLE	$\Delta$ WLE	Cohens d
MZP1	55%	$-.236 \pm .053$	.38	.99***
MZP2	54%	$.140 \pm .036$		

Tab. 2: Lösungsquoten, durchschnittliche Personenfähigkeiten ( $\bar{\theta}$  WLE), Personenfähigkeits-zuwachs ( $\Delta$  WLE) und Effektstärke (Cohens d)

Die durchschnittlichen Lösungsquoten der Tests in Tabelle 2 nehmen von MZP 1 zu MZP 2 nur geringfügig ab, da leichte Items zu MZP 2 durch schwerere neue Items ersetzt wurden; über die gleichbleibenden Items wurden die Tests jeweils verankert. Die Differenz der durchschnittlichen Personenfähigkeiten ist mit einer mittleren bzw. hohen Effektstärke positiv, was für einen Lernzuwachs bei den Studierenden spricht. Beim Rechentest gibt es keinen signifikanten Lernzuwachs bei den Physikstudierenden, da er von MZP 1 zu MZP 2 nicht verändert und er inhaltstvalid zu den mathematischen Fähigkeiten vor Studienbeginn

entwickelt wurde. Allerdings ergeben sich innerhalb der Gesamtstichprobe zu MZP 1 fächerspezifische Unterschiede, wobei die Physikstudierenden mit Abstand die beste mittlere Personenfähigkeit haben, gefolgt von den Studierenden der Fächer Bauingenieurwesen, Chemie, Biologie und Erziehungswissenschaften. Diese absteigende Reihenfolge spiegelt die inhaltlichen Anforderungen der Fächer wieder und liefert folglich ein Validitätsargument.

Zur konvergenten Validität ergibt eine Dimensionsanalyse über alle Fachitems, dass alle drei Fachinstrumente unterschiedliche Dimensionen bilden. Dabei schneidet das dreidimensionale Modell zu beiden Messzeitpunkten immer signifikant besser als jedes zweidimensionale Modell bzw. das eindimensionale Modell ab. Dennoch sind die latenten Korrelationen zwischen den Tests in Tabelle 3 erwartungskonform hoch.

	Fachwissenstest MZP 1   2	Modellierungs- test MZP 1   2	Rechentest MZP 1   2
Fachwissenstest, MZP 1   2	1   1	.69 ***   .93 ***	.73 ***   .84 ***
Modellierungstest, MZP 1   2		1   1	.71 ***   .85 ***

Tab. 3: Latente Korrelationen zwischen den fachlichen Dimensionen zu beiden MZP

Führt man eine Dimensionsanalyse nur innerhalb des Modellierungstests nach den drei operationalisierten Prozessen durch, ergibt sich nur für MZP 2 ein zweidimensionales Modell, das (3) Adaptieren und Konkretisieren von (2) Mathematisieren und Konzeptualisieren und (5) Fachlich Interpretieren trennt. Somit ist eine Konstruktvalidität im Modellierungstest nur eingeschränkt gegeben, da ein dreidimensionales Modell erwartet wurde. Zur Kriteriumsvalidität konnte für die Teilstichprobe (N = 26) der Universität Duisburg-Essen der Einfluss der drei Fachinstrumente auf die Klausurnoten (Mittelwert aus den Noten Experimentalphysik und theoretischer Physik) nachgewiesen werden. Während zu MZP 1 in der hierarchischen Regression nur der Rechentest signifikant wird und 64 % an Varianz der Klausurnoten aufklärt, wird zu MZP 2 neben dem Rechentest ( $\beta = .65^{***}$ ) auch Prozess (3) des Modellierungstests ( $\beta = .36^{***}$ ) signifikant, was zu einer Varianzaufklärung von insgesamt 74% führt. Obwohl zu beiden MZP der Einfluss des Fachwissenstests in den Regressionen nicht signifikant wird, besteht dennoch ein hoher korrelativer Zusammenhang zu den Klausurnoten (MZP1|2:  $r = .62$  |  $r = .54$ ). Ursprünglich wurden auch die Abiturnote und die erhobenen psychologischen Variablen in den Regressionen mitberücksichtigt, die aber nicht signifikant wurden.

### Diskussion

Die entwickelten fachlichen Testinstrumente sind reliabel und getrennt voneinander darzustellen. Da Modellieren den Transferprozess zwischen Mathematik und Physik beschreibt, sind die hohen latenten Korrelationen zwischen den Fachinstrumenten erwartungskonform. Bisher gibt es nur zu MZP 2 Hinweise darauf, dass der Modellierungstest zum Modellierungskreislauf in Teilen konstruktvalide ist. Hier sind weitere Validitätsanalysen in Arbeit, wie eine Think-Aloud-Studie von 12 ausgewählten Modellierungssitem und ein Expertenrating der drei untersuchten Modellierungsprozesse. Ein Hinweis für eine gute Kriteriumsvalidität liefert der Vergleich mit bisherigen Studien (s.o.) und die gefundenen Zusammenhänge zwischen den drei Fachinstrumenten und den mittleren Klausurnoten. Inhaltsanalysen der Physikklausuren bezüglich der theoretischen Konstrukte stehen noch aus. Außerdem konnte an dieser Stelle nicht im Detail diskutiert werden, inwiefern die mittleren Klausurnoten überhaupt Studienerfolg operationalisieren können. Insgesamt wurden die ersten Ziele der Pilotierung erreicht.

**Literatur**

- Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Dissertation, FU Berlin.
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2016). Prognose von Studienerfolg zu Beginn des Physikstudiums. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 83). Universität Regensburg
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2014). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2012* (Forum Hochschule 4|2014). Hannover: DZHW.
- Krey, U. (2012). Zur Rolle der Mathematik in der Physik. Wissenschaftstheoretische Aspekte und Vorstellungen Physiklernender (Dissertation). Münster: Logos-Verlag.
- Müller, J., Dammann, E., Fischer, H. E., Lang, M., Borowski, A., Lorke, A. & Menkenhagen, J. (2016). Physikalisch-mathematische Modellierung in der Physik und im Bauingenieurwesen als Prädiktor für Studienerfolg. In C. Maurer (Ed.): *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015* (pp. 524-526). Universität Regensburg.
- Prediger, S. (2010). Aber wie sag ich es mathematisch? Empirische Befunde und Konsequenzen zum Lernen von Mathematik als Mittel zur Beschreibung von Welt. In D. Höttecke (Ed.) *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik*, Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik in Dresden 2009. Berlin: LIT-Verlag, pp. 6–20.
- Sorge, S., Neumann, K., & Petersen, S. (2016). Die Bedeutung kognitiver Voraussetzung für den Studienerfolg. In C. Maurer (Ed.): *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015* (pp. 524-526). Universität Regensburg.
- Trump, S. (2015). Eine Benennung notwendiger mathematischer Fertigkeiten für einen flexiblen Umgang mit Mathematik beim Lösen physikalisch-mathematischer Probleme im Rahmen der Schul- und Hochschulbildung sowie eine systematische Analyse zur notwendigen Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II. Potsdam: Universität Potsdam, Institut für Physik und Astronomie.
- Uhden, O., Karam, R., Pietrocola M., & Pospiech, G. (2011). Modelling Mathematical Reasoning in Physics Education. *Science & Education*, 21(4), 485-506.
- Winkelman, P. (2009). Perceptions of mathematics in engineering. *European Journal of Engineering Education*, 34(4), 305-316.

## Probleme bei der Bearbeitung chemischer Rechenaufgaben

### Ausgangslage

Es zeigt sich, dass vor allem die Klausuren zur Allgemeinen Chemie in der Studieneingangsphase für Chemiestudierende ein großes Problem darstellen. Schaut man jedoch auf die Ergebnisse der Abiturklausuren in Nordrhein-Westfalen, so ist festzustellen, dass hier lediglich 12 bis 17 % der Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie im defizitären Bereich liegen und der Notendurchschnitt im guten befriedigenden Bereich liegt (QUA-LiS NRW, 2014). Auch wenn die Chemiestudierenden sich nicht lediglich aus ehemaligen Grund- bzw. Leistungskursschülern des Fachs Chemie zusammensetzen, lohnt sich ein Vergleich der Abituraufgaben für das Fach Chemie in Nordrhein-Westfalen (2009-2014) mit den Aufgaben aus den Klausuren zur Allgemeinen Chemie (1. Fachsemester; Universität Duisburg-Essen; 2012-2014). Hierbei zeigt sich, dass der Anteil der Punkte, die durch Rechenoperationen erlangt werden können, in den Abiturklausuren bei etwa 8 bis 12 % liegt, während er in den Klausuren zur Allgemeinen Chemie bei durchschnittlich 55 % liegt. Eine Befragung von Erstsemesterstudierenden bestätigte, dass vor allem die Mathematisierung ein Problem darstellt. So seien deutlich mehr Rechnungen im Vergleich zur gymnasialen Oberstufe notwendig und insgesamt sehr viele Formeln auswendig zu lernen.

### Theoretischer Hintergrund

Die Rolle der Mathematik sowie der quantitativen Methoden wird in der Chemie immer größer (Atkins, 1998). Mustafa und Bangash (2002) sprechen sogar davon, dass Chemie ohne Mathematik nicht möglich sei, auch wenn sie dadurch schwerer werde. Die Funktion der Mathematik in der Chemie kann zweierlei sein: einerseits kann sie durch ihre Symbole, Zeichen und Begriffe ein Werkzeug sein sowie andererseits durch die „Sprache der Mathematik“ ein strukturbildendes Element (Trump et al., 2014). An den Schulen wird demgegenüber jedoch die abschreckende Wirkung der Mathematisierung beklagt (Schanze & Parchmann, 2013). Sollen mathematische Fähigkeiten im Chemieunterricht angewendet werden, führt dies häufig zu Unverständnis bei den Schülerinnen und Schülern (Schmidt, Bell & Wainwright, 1975). Aktuelle Untersuchungen zeigen jedoch, dass Mathematik grundsätzlich ein beliebtes Schulfach ist und die Abneigung somit auf andere Ursachen zurückzuführen sein muss (Pant et al., 2013).

Für die Chemie wurden die Probleme der Schülerinnen und Schüler sowie der Studierenden, die mit der Mathematisierung einhergehen, bislang wenig untersucht. Höner (1996) konnte zeigen, dass das Einbetten einer Rechenaufgabe in einen chemischen Kontext zu einer starken Reduktion der Lösungswahrscheinlichkeit führt. Weiterhin kann man aus vorangegangenen Studien von Kienast (1995) und Schmidt (1990, 1992a, 1992b) den Schluss ziehen, dass nicht die Rechenoperation sondern mangelndes Verständnis chemischer Größen und Zusammenhänge zum Scheitern führen. Eine aktuelle Studie bestätigt diese Vermutung. Augenscheinlich gibt es einen Mangel an qualitativem Verständnis: die Schülerinnen und Schüler versuchen nicht eine Aufgabe zu verstehen, sondern durchsuchen sie nach Stichwörtern, um anschließend bekannte Verfahren anwenden zu können. Schlussendlich suchen sie so meistens nur eine Formel, in die die gegebenen Werte passen (Goldhausen & Di Fuccia 2014). Problematisch ist außerdem, dass Schülerinnen und Schüler die Inhalte, die sie im Mathematikunterricht lernen, nicht auf außermathematische Situationen übertragen. So fällt es ihnen teilweise schwer den Unterschied zwischen Variablen und Konstanten in einer chemischen Gleichung zu identifizieren (Witten, 2005).

### Forschungsvorhaben

Hauptziel der Studie ist die Identifikation von Voraussetzungen zur Bearbeitung chemischer Rechenaufgaben. Vermutet wird, dass mathematische Fähigkeiten und Formelkenntnis Voraussetzungen zur Lösung chemischer Rechenaufgaben sind. Sie sind jedoch allein nicht ausreichend. Hierzu soll eine Querschnittsstudie mit Studierenden des ersten Semesters durchgeführt werden. Ausgehend von typischen Klausuraufgaben der Allgemeinen Chemie wurden verschiedene Aufgabentypen entwickelt:

Formelkenntnis	Ist die Formel bekannt?
Benötigte Formel auswählen	Wird aus der Aufgabenstellung erkannt, welche Formel zur Lösung der Aufgabe herangezogen werden muss?
Mathematikaufgabe	Wird die Rechenoperation beherrscht?
Chemische Rechenaufgabe	Kann die Rechenoperation im chemischen Kontext durchgeführt werden?
Qualitatives Verständnis	Ist das benötigte chemische Verständnis vorhanden?

Jeder Studierende hat alle fünf Aufgabentypen bearbeitet. Hierdurch ist es möglich, Problempunkte und gegebenenfalls Lösungsmuster zu identifizieren.

Die entwickelten Testinstrumente wurden zuvor in einer Pilotstudie an Lehramtsstudierenden überprüft und überarbeitet.

### Ausgewählte Ergebnisse

Die Hauptstudie wurde mit 173 Bachelorstudierenden der Studiengänge B. Sc. Chemie, B. Sc. Water Science und B. Sc. Lehramt Chemie zum Ende des ersten Semesters durchgeführt, sodass alle Studierenden während des ersten Semesters die Vorlesung und Übung zur Allgemeinen Chemie und das dazugehörige Praktikum durchlaufen hatten.

Die Auswertung zeigte zwei große Problemfelder auf, wobei das erste die Auswahl der benötigten Formel zur Lösung der Aufgabe ist. Die Ergebnisse zu den Aufgabentypen Formelkenntnis, Benötigte Formel auswählen und chemische Rechenaufgabe wurden verglichen. Die ANOVA ergab, dass das Auswählen der benötigten Formel anhand der Aufgabenstellung signifikant schwerer ist als das Kennen der Formel und das Rechnen im chemischen Kontext ( $F(2,168) = 130.975$ ;  $p < .001$ ;  $\eta_p^2 = .438$ ). So konnten 78 % der Studierenden die benötigte Formel nicht identifizieren, während die Aufgabe, sobald die Formel vorgegeben war, gelöst werden konnte.

Das zweite Problemfeld umfasst den Einsatz mathematischer Fähigkeiten in einem chemischen Kontext. Hier wurden die Resultate der chemischen Rechenaufgaben sowie der Mathematikaufgaben mittels t-Test verglichen. Es zeigte sich, dass die Mathematikaufgaben signifikant häufiger als die entsprechenden chemischen Rechenaufgaben gelöst wurden ( $t(150) = 10.004$ ;  $p < .001$ ;  $d_{Cohen} = .947$ ). 38 % der Studierenden konnten die chemische Rechenaufgabe nicht lösen, obwohl die entsprechende Rechenoperation in der Mathematikaufgabe durchgeführt werden konnte. Darüber hinaus war ein Drittel der Studierenden, die die chemische Rechenaufgabe gelöst haben, nicht in der Lage die korrekte Einheit anzugeben.

### Zusatzstudie

Basierend auf dem Ergebnis der Hauptstudie, in der 38 % der Studierenden nicht in der Lage waren die chemischen Rechenaufgaben zu lösen, obwohl sie die entsprechenden Mathematikaufgaben gelöst haben, wurde eine Zusatzstudie angeschlossen. Hierdurch sollten schwierigkeiterzeugende Merkmale chemischer Rechenaufgaben gegenüber Mathematikaufgaben identifiziert werden. Erwartete Einflussfaktoren waren veränderte Variablen ( $p$  und  $V$  anstatt  $x$  und  $y$ ), die hinzukommende chemische Bedeutung der

Variablen und ein möglicherweise komplexer Aufgabentext. Zur Überprüfung der schwierigkeiterzeugenden Merkmale wurden SuS von Gymnasien in NRW, die Chemie als Leistungs- oder Grundkurs gewählt hatten, getestet. Hierzu wurden vier Aufgabentypen entwickelt. Darin enthalten waren die chemischen Rechenaufgaben und die Mathematikaufgaben. Zusätzlich wurden noch zwei weitere Typen entwickelt:

Mathematikaufgabe	Wird die Rechenoperation beherrscht?
Chemietypische Variablen	Kann die Rechenoperation mit veränderten, chemietypischen Variablen durchgeführt werden?
Chemische Bedeutung	Kann die Rechenoperation innerhalb eines chemischen Zusammenhangs durchgeführt werden?
Chemische Rechenaufgabe	Kann die Rechenoperation im chemischen Kontext mit komplexerem Aufgabentext (z.B. mit Reaktionsgleichung) durchgeführt werden?

Alle Aufgaben wurden von allen SuS bearbeitet.

### **Ausgewählte Ergebnisse**

Diese Studie wurde mit 120 SuS von Gymnasien in NRW am Ende der Q2 durchgeführt, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Inhalte der gymnasialen Oberstufe weitestgehend behandelt wurden. Außerdem sollte der Wissensstand der SuS annähernd vergleichbar mit dem Wissensstand von Studienanfängern sein.

Die Auswertung ergab für die SuS aus Leistungs- und Grundkursen ein sehr unterschiedliches Bild. Während bei den SuS mit einem Leistungskurs Chemie zwischen den Aufgabentypen kein Unterschied in der Lösungshäufigkeit festgestellt wurde ( $F(3,102) = .386$ ;  $p = .764$ ;  $\eta_p^2 = .011$ ), nimmt für die SuS aus dem Grundkurs die Lösungshäufigkeit stark ab, sobald die chemische Bedeutung hinzukommt. Die Aufgabentypen chemische Bedeutung und chemische Rechenaufgabe zeigten keine unterschiedlichen Lösungshäufigkeiten ( $F(3,253) = 22.058$ ;  $p < .001$ ;  $\eta_p^2 = .208$ ). Die Einführung der chemietypischen Variablen in die Rechenaufgaben hat keinen Einfluss auf die Lösungshäufigkeit im Vergleich zu den reinen Mathematikaufgaben.

### **Zusammenfassung**

Abschließend kann festgehalten werden, dass die mathematischen Fähigkeiten der Studierenden und der SuS für die Anforderungen der Allgemeinen Chemie ausreichend sind. Manche Studierende haben Probleme im Umgang mit Einheiten, während andere Probleme im Umgang mit Formeln haben: Sie kennen die Formel nicht oder erkennen nicht, welche Formel zur Lösung einer Aufgabe benötigt wird. Ein großes Problem stellt der Einsatz mathematischer Fähigkeiten in einem chemischen Zusammenhang dar. Diese Probleme gehen jedoch hauptsächlich auf die SuS zurück, die keinen Leistungskurs in Chemie gewählt haben. Die Zusatzstudie konnte außerdem zeigen, dass die Probleme nicht auf veränderte Variablen zurückgeführt werden können, sondern auf die zusätzliche chemische Bedeutung, die in den Variablen der Chemieaufgaben stecken.

Ziel sollte es sein, sowohl auf Schulebene die SuS dazu zu bewegen, einen Leistungskurs in Chemie zu wählen, wenn sie Chemie studieren möchten, als auch auf Universitätsebene denjenigen Studierenden, die mit Defiziten das Studium beginnen, adäquate Hilfe zukommen zu lassen.

**Literatur**

- Atkins, P.W. (1998). Physical chemistry. Oxford: Oxford University Press.
- Bangash, F.K., & Mustafa, S. (2002). Essentials of mathematics in teaching chemistry. Proceedings of 10th IOSTE Symposium, Vol. 2, Foz do Iquaso, Parana, Brazil, July 2002.
- Goldhausen, I., & Di Fuccia, D. (2014). Mathematical Models in Chemistry Lessons. Paper presented at the ISEC 2014, Singapur.
- Höner, K. (1996). Mathematisierung im Chemieunterricht - ein Motivationshemmnis? Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 2(2), 51-70.
- Kienast, S. (1995). Schwierigkeiten von Schülern bei der Anwendung der Gleichgewichtsvorstellung in der Chemie. Dortmund: Shaker.
- Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., & Siegle, T. (2013). IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I (C. Pöhlmann Hrsg.). Münster/New York/München/Berlin: Waxmann.
- Schanze, S., & Parchmann, I. (2013). Mathematisierung im Chemieunterricht. Grundlagen und Umsetzung anhand von Basiskonzepten. Unterricht Chemie, 24(134), 2-7.
- Schmidt, H.-J., Bell, H.-J., & Wainwright, M. (1975). Mathematische Probleme im Chemieunterricht. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 24, 85.
- Trump, S., Brandenburger, M., Schmidt, I., & Mikelskis-Seifert, S. (2014). Mathematik in den Naturwissenschaften Inhalte, Anwendung und Folgen. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 285-287). Kiel: IPN.
- QUA-LiS NRW. (2014). Zentralabitur an Gymnasien und Gesamtschulen. Ergebnisse 2014. Verfügbar unter <https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur/upload/download/Zentralabitur-Gymnasiale-Oberstufe-2014.pdf>
- Schmidt, H.-J. (1990). Stolpersteine im Chemieunterricht: empirische Untersuchungen über Schülerfehler beim stöchiometrischen Rechnen. Frankfurt a.M.: Diesterweg.
- Schmidt, H.-J. (1992). Harte Nüsse im Chemieunterricht: empirische Untersuchungen über Schülervorstellungen. Frankfurt a.M.: Diesterweg.
- Schmidt, H.-J. (1992). Stöchiometrischen Rechnen - ein Plädoyer für ein unbeliebtes Thema im Chemieunterricht. [Stoichiometric Calculation – Plea for a Disliked Topic in Chemistry Lessons]. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 41(4), 8-13.
- Witten, G.Q. (2005). Designing a mathematics course for chemistry and geology students. Educational Studies in Mathematics, 58, 1–19.

Daniel Averbeck<sup>1</sup>  
Jens Fleischer<sup>1</sup>  
Elke Sumfleth<sup>1</sup>  
Detlev Leutner<sup>1</sup>  
Matthias Brand<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen

## **Analyse chemischen Fachwissens und dessen Einfluss auf Studienerfolg**

Die Erstellung dieses Kapitels wurde gefördert von der DFG unter LE 645/14-1 und SU 187/14-1 in der Forschergruppe „Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase naturwissenschaftlich-technischer Studiengänge“ (ALSTER; FOR 2242).

### **Ausgangslage**

Verschiedenste Studienverlaufsstatistiken machen deutlich, dass nur ein geringer Teil der Hochschulzugangsberechtigten ein naturwissenschaftlich-technisches Studium aufnimmt (vgl. Chen, 2009; OECD, 2011). Weiterhin wird die geringe Anzahl der Erstsemesterstudierenden gerade in den MINT-Fächern durch eine hohe Studienabbruchquote weiter reduziert (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2012). Demnach brechen 48% der Studierenden der Ingenieurwissenschaften das Studium ab, gefolgt von Chemie- (43%) und Physikstudierenden (39%). Dementsprechend werden Kenntnisse über Prädiktoren von Studienerfolg immer bedeutsamer, um Studierende geeignet auszuwählen, frühzeitig zu fördern und somit die Studienabbruchquoten gezielt verringern zu können.

### **Theoretischer Hintergrund**

Im Bereich der Hochschulforschung existieren bereits viele Studien, die Prädiktoren für Studienerfolg untersuchen. Einige fokussieren auf affektive Faktoren wie das Interesse oder die Motivation (z. B. Choi, 2005; Kosovich, Hulleman, Barron & Getty, 2015) oder beschränken sich auf kognitive Faktoren wie beispielsweise das Vorwissen (Hailikari & Nevgi, 2010). Allerdings nutzen diese Studien meist unterschiedliche Kohorten, verwenden unterschiedliche Operationalisierungen des Studienerfolgs oder untersuchen fachunspezifische Prädiktoren. Chemiespezifische Untersuchungen zum Studienerfolg sind vergleichsweise selten und fokussieren überwiegend auf den Einführungskurs der Allgemeinen Chemie. So identifiziert beispielsweise Freyer (2013) das chemische Vorwissen als stärksten Prädiktor für Studienerfolg in diesem Teilbereich. Auch die chemische Vorerfahrung (Busker, Parchmann & Wickleder, 2010), die mathematischen Kompetenzen (Busker, Klostermann, Herzog, Huber & Parchmann, 2011) sowie die Abiturnote (Tai, Sadler & Loehr, 2005) sind wichtige Einflussgrößen. Jedoch beinhaltet die Studieneingangsphase von Chemiestudierenden mit der Physikalischen, Anorganischen und Organischen Chemie noch weitere Teilbereiche, die insgesamt sehr wenig untersucht sind. So werden lediglich das logische Denkvermögen, Problemlösekompetenzen sowie mathematische Kompetenzen als wichtige Prädiktoren des Studienerfolgs in der Physikalischen Chemie herausgestellt (Derrick & Derrick, 2002; Nicoll & Francisco, 2001). Untersuchungen in der Organik und Anorganik sind unseres Wissens nur vereinzelt (Wu & Shah, 2004) durchgeführt worden.

Entsprechend soll in diesem Forschungsvorhaben der Einfluss ausgewählter motivationaler, affektiver und kognitiver Variablen auf den Wissenserwerb als zentraler Größe für Studienerfolg in jedem der chemischen Teilbereiche untersucht werden. Zusätzlich sollen die Wechselwirkungen zwischen dem Vorwissen (zu Beginn des Semesters) und dem universitären Fachwissen (Ende des Semesters) von Chemiestudierenden analysiert werden.

### Methoden

Für die Analyse der Prädiktoren des Wissenserwerbs wurden Erstsemesterstudierende der Studiengänge B. Sc. Chemie und B. Sc. Water Science der Universität Duisburg-Essen innerhalb der ersten beiden Semester untersucht. Alle Studierenden müssen innerhalb des ersten Semesters dieselben Veranstaltungen der Allgemeinen und Physikalischen Chemie belegen. Im zweiten Semester wird die Allgemeine Chemie durch die Anorganik und Organik substituiert. Für die Erhebung wurde entsprechend ein Längsschnittstudien-Design mit drei Messzeitpunkten gewählt. Die Prä-Tests in der Allgemeinen und Physikalischen Chemie wurden am Beginn des ersten Semesters durchgeführt (Messzeitpunkt 1). Am Ende des ersten Semesters (Messzeitpunkt 2) wurden die Post-Tests in den beiden genannten chemischen Teilbereichen erhoben, ergänzt um die Prä-Tests in der Anorganischen und Organischen Chemie. Am Ende des zweiten Semesters (Messzeitpunkt 3) wurden die abschließenden Post-Tests in der Organik, der Anorganik und der Physikalischen Chemie durchgeführt.

Zur Erfassung des Wissens in den chemischen Teilbereichen wurden teilbereichsspezifische Leistungstests entwickelt und eingesetzt. Alle Instrumente wurden in Anlehnung an die jeweilige universitäre Veranstaltung konzipiert, um deren Inhaltsvalidität zu gewährleisten. Zusätzlich wurde bei der Konstruktion auf identische formale sowie schwierigkeitsbestimmende Merkmale (vgl. ESNAS; Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth & Walpuski, 2010) Wert gelegt, um eine Vergleichbarkeit der einzelnen Instrumente zu ermöglichen. Die Aufgaben wurden im Multiple-Choice-Format konzipiert und IRT-skaliert ausgewertet. Die Personalfähigkeits-Parameter (WLE) (Warm, 1989) der Studierenden, die im jeweiligen Prä-Test erreicht werden, werden als Maß des entsprechenden Vorwissens operationalisiert. Die WLE-Parameter des Post-Tests stellen entsprechend das Maß für das universitäre Fachwissen dar. Einflussgrößen auf dieses Fachwissen werden als Prädiktoren für den Wissenserwerb definiert. Als mögliche Prädiktoren für das Vorwissen und den Wissenserwerb von Chemiestudierenden wurden in diesem Projekt lediglich die von der Hochschule beeinflussbaren Größen ausgewählt. Zu diesen zählen das Selbstkonzept, das Studieninteresse, die Selbstwirksamkeitserwartung, Studienzufriedenheit, die Studienmotivation und die mathematischen Fähigkeiten. Zusätzlich wurden weitere Kontrollvariablen wie das Geschlecht, die kognitiven Fähigkeiten, die Abiturnote und die Wahl eines Chemieleistungs- oder Grundkurses in der Oberstufe erhoben.

### Ergebnisse

In diesem Tagungsbandbeitrag sollen lediglich die Ergebnisse des ersten und zweiten Messzeitpunktes der Pilotstudie beschrieben werden, da die Analysen der letzten Erhebungswelle noch nicht vollständig abgeschlossen sind.

Insgesamt nahmen 137 Studierende ( $N_{\text{Chemie}} = 76$ ,  $N_{\text{Water Science}} = 61$ ) zum ersten Messzeitpunkt an der Erhebung teil. Sie waren im Durchschnitt zwischen 21 – 22 Jahre alt (SD = 2,6) und 39,9% waren weiblich. Für die Analyse möglicher Prädiktoren des Wissenserwerbs sowie der Wechselwirkungen zwischen Vorwissen und universitärem Fachwissen innerhalb der vier chemischen Teilbereiche wurde eine multivariate Regressionsanalyse durchgeführt. Dabei wurden alle motivationalen, affektiven und kognitiven Variablen auf das Vorwissen zum ersten Messzeitpunkt regressiert. Um den Einfluss dieser Variablen auf den Wissenserwerb zu überprüfen und etwaige Mediationseffekte aufzeigen zu können, wurde in einem zweiten Schritt der Einfluss der genannten Faktoren bestimmt, der unter Kontrolle des Vorwissens auf das Fachwissen in Allgemeiner und Physikalischer Chemie sowie auf das Vorwissen in der Organik und Anorganik zum zweiten Messzeitpunkt besteht. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 zusammengefasst.

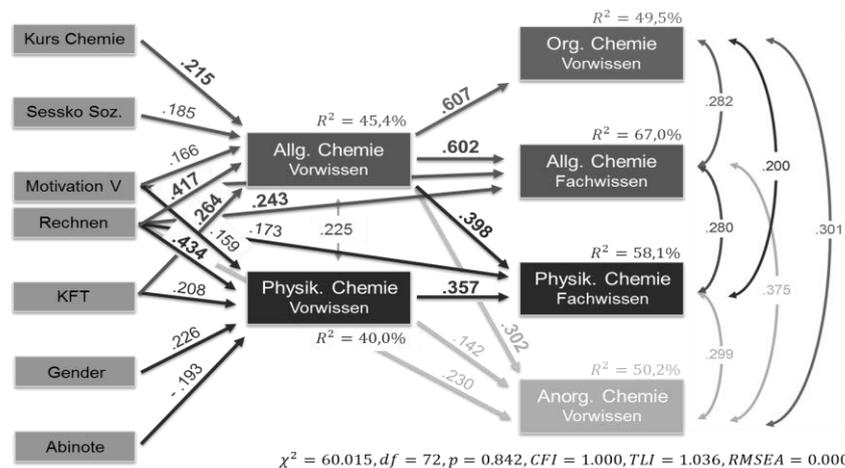


Abb. 1: Mediertes Cross-Lagged-Panel Modell

Wie aus Abbildung 1 ersichtlich wird, beeinflussen lediglich sieben Prädiktoren das Vorwissen in der Allgemeinen beziehungsweise der Physikalischen Chemie. Der stärkste Prädiktor ist dabei die mathematische Fähigkeit der Studierenden ( $\beta_{\text{Allgemeine Chemie}} = .417^{***}$  &  $\beta_{\text{Physikalische Chemie}} = .434^{***}$ ). Weitere Einflussfaktoren des Vorwissens in der Allgemeinen Chemie sind die Kurswahl in der Oberstufe, die Studienmotivation, die kognitiven Fähigkeiten und das Selbstkonzept. Prädiktoren des Vorwissens in der Physikalischen Chemie sind ebenfalls die Studienmotivation und die kognitiven Fähigkeiten sowie das Geschlecht und die Abiturnote. Der stärkste Prädiktor für das universitäre Fachwissen der beiden Teilbereiche ist das korrespondierende Vorwissen ( $\beta_{\text{Allgemeine Chemie}} = .602^{***}$ ;  $\beta_{\text{Physikalische Chemie}} = .357^{***}$ ). Neben diesem wird das Fachwissen der Allgemeinen Chemie nur noch von der Studienmotivation und der mathematischen Kompetenz direkt beeinflusst. In der Physikalischen Chemie zeigt neben der mathematischen Fähigkeit nur noch das Vorwissen in der Allgemeinen Chemie einen signifikanten Einfluss ( $\beta = .173^{***}$ ; &  $\beta = .398^{***}$ ). Bezogen auf die Leistung im Prä-Test der Anorganik (Messzeitpunkt 2) zeigen die Analysen, dass wiederum das Vorwissen in der Allgemeinen Chemie den stärksten Prädiktor darstellt ( $\beta = .302^{***}$ ), gefolgt von der Rechenfähigkeit und dem Vorwissen in der Physikalischen Chemie. Das Vorwissen in der Organischen Chemie wird einzig und allein vom Vorwissen der Allgemeinen Chemie prädiziert ( $\beta = .607^{***}$ ). Weitergehende Analysen zeigen ebenfalls, dass die Einflüsse der affektiven, motivationalen und kognitiven Faktoren vollständig über das Vorwissen in Allgemeiner und Physikalischer Chemie mediert werden und nur indirekt auf die weiteren Teilbereiche wirken.

#### Diskussion:

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Fachwissensentwicklung in der Allgemeinen und Physikalischen Chemie innerhalb des ersten Semesters hauptsächlich vom korrespondierenden Vorwissen sowie der Rechenfähigkeit beeinflusst wird. Der Wissenserwerb in der Physikalischen Chemie hängt dabei zusätzlich vom Vorwissen in der Allgemeinen Chemie ab. Darüber hinaus lässt sich ein positiver Einfluss dieses Vorwissens auf die Leistung im Prä-Test der Organik und Anorganik feststellen. Das Vorwissen in der Allgemeinen Chemie wird dabei maßgeblich von der Rechenfähigkeit und der Kurswahl in der Oberstufe bestimmt. Somit scheinen die Kurswahl, mediert über das Vorwissen in der Allgemeinen Chemie und die mathematischen Fähigkeiten die zentralen Größen der weiteren Wissensgenese von Chemiestudierenden in der Studieneingangsphase zu sein.

**Literatur**

- Busker, M., Parchmann, I., & Wickleder, M. (2010). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie. *CHEMKON*, 17(4), 163–168.
- Chen, X. (2009). Stats in Brief: Students Who Study Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in Postsecondary Education.
- Choi, N. (2005). Self-efficacy and self-concept as predictors of college students' academic performance. *Psychology in the Schools*, 42(2), 197–205.
- Derrick, M. E., & Derrick, F. W. (2002). Predictors of Success in Physical Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 79(8), 1013.
- Freyer, K. (2013). Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH
- Hailikari, T. K., & Nevgi, A. (2010). How to Diagnose At-risk Students in Chemistry: The case of prior knowledge assessment. *International Journal of Science Education*, 32(15), 2079.
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2012). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. *Forum Hochschule: Vol. 2012,3*. Hannover: HIS
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135–153.
- Kosovich, J. J., Hulleman, C. S., Barron, K. E., & Getty, S. (2015). A Practical Measure of Student Motivation: Establishing Validity Evidence for the Expectancy-Value-Cost Scale in Middle School. *The Journal of Early Adolescence*, 35(5-6), 790–816.
- Nicoll, G., & Francisco, J. S. (2001). An Investigation of the Factors Influencing Student Performance in Physical Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 78(1), 99.
- OECD (2011). Education at a glance 2011: OECD indicators, Vol. 2008. Paris: OECD.
- Parchmann, I., Busker, M., Klostermann, M., Herzog, S., & Huber, A. (2011). Nicht nur Schulwissen auffrischen: Vorkurse in Chemie. *Nachrichten aus der Chemie*, 59(6), 684–688.
- Shi, W., Drzymalski, J., & Guo, J. (2015). Measuring College Student Satisfaction: Analyzing Interactions among Student Attributes. *IIE Annual Conference. Proceedings*. 2075.
- Tai, R. H., Ward, R. B., & Sadler, P. M. (2006). High School Chemistry Content Background of Introductory College Chemistry Students and Its Association with College Chemistry Grades. *Journal of Chemical Education*, 83(11), 1703.
- Tai, R. H., Sadler, P. M., & Loehr, J. F. (2005). Factors influencing success in introductory college chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(9), 987–1012.
- Trapmann, S. (2008). Mehrdimensionale Studienerfolgsprognose: Die Bedeutung kognitiver, temperamentsbedingter und motivationaler Prädiktoren für verschiedene Kriterien des Studienerfolgs. Berlin: Logos.
- Universität Duisburg-Essen (2014). *Modulhandbuch Bachelor of Science Chemie*. Essen.
- Warm, T. A. (1989). Weighted likelihood estimation of ability in item response theory. *Psychometrika*, 54(3), 427–450.

## Untersuchung von Einflussfaktoren auf den Erfolg im Chemiepraktikum

### Ausgangslage und Zielsetzung

Laborpraktika sind ein wesentlicher Bestandteil eines naturwissenschaftlichen Studiums (Hofstein & Lunetta, 2003; Reid & Shah, 2007). Kritiker allerdings stellen den tatsächlichen Wert laborpraktischen Arbeitens für die universitäre Ausbildung fähiger Chemiker/innen in Frage und bemängeln, dass die zusätzlichen Kosten für Labore und deren Ausstattung sowie der erhöhte Zeitaufwand für die Organisation und Durchführung von Laborpraktika im Vergleich zu Vorlesungen nicht zwingendermaßen zu besseren Lernerfolgen führen (Hawkes, 2004; van den Berg, 2013). Der strittige Stellenwert von Laborpraktika ist besonders vor dem Hintergrund hoher Studienabbruchquoten im ersten Studienjahr im Fach Chemie relevant (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2014). Typischerweise belegen Studierende während dieser Zeit ein Laborpraktikum in der Allgemeinen Chemie, welches sie bestehen müssen, um mit ihrem Studium fortfahren zu können. Aus der bestehenden Kritik resultiert die Notwendigkeit das Lernen und den Erfolg in Laborpraktika in der Praxis kritisch zu überprüfen, da bisher nur wenig über den Lernzuwachs in Laborpraktika bekannt ist. Darüber hinaus steht die Frage im Raum, ob nicht Ressourcen für ineffektive Laborpraktika bzw. spätere Studienabbrecher aufgewendet werden.

### Theoretischer Hintergrund

Das Vorwissen spielt eine tragende Rolle für bedeutsames Lernen und ist wichtig für den stufenweisen Aufbau von Wissen (z. B. Bretz, Fay, Bruck & Towns, 2013; Novak, 1993). Hodson (1992) überträgt diesen Gedanken auf das praktische Arbeiten und argumentiert, dass das Vorwissen einen Einfluss auf naturwissenschaftliche Beobachtungen ausübt und die Aufmerksamkeit auf bestimmte Beobachtungsaspekte lenkt. Entsprechend können zwei Personen denselben Versuch beobachten und zu unterschiedlichen Erkenntnissen gelangen, da sie ihren individuellen Beobachtungen unterschiedliche Bedeutungen beimessen. Die Konstruktion von Bedeutung kann zudem durch die individuelle Wahrnehmung der Lernumgebung und Erwartungshaltungen an Lernziele gelenkt werden, welche wiederum ebenfalls durch das eigene Vorwissen geprägt sind (Bussey, Orgill & Crippen, 2013). Diese Unterschiede zeigen sich auch bei Chemie-Studierenden. Es gibt Evidenzen, dass sie mit unterschiedlichen Eingangsvoraussetzungen in das Labor gehen, welche sich auf ihre Arbeit auswirken. Während einige Studierende bis zu sieben Stunden zur Vorbereitung der durchzuführenden Versuche aufwenden, bereiten sich andere erst während der Experimentierphase selbst vor (Meester & Maskill, 1995b). Zudem wird häufig beobachtet, dass Studierende im Labor Unsicherheiten im Umgang mit dem Laborinventar zeigen und Schwierigkeiten bei der Anfertigung von Versuchsprotokollen haben (Rollnick, Zwane, Staskun, Lotz & Green, 2001). Wenn sie darüber hinaus das Chemielabor als neue und unbekannte Lernumgebung erst noch kennenlernen müssen, gelangen sie schnell an ihre kognitiven Grenzen (Rollnick et al., 2001). Dies hat zur Folge, dass sie die korrekte und präzise Ausführung von Prozeduren den Vordergrund stellen (Bennet & O'Neale, 1998) und Versuche nach einem kochbuchartigen Prinzip abarbeiten (Domin, 1999). Insbesondere leistungsschwachen Studierenden sollte daher genug Zeit zur Verfügung stehen, um die Lücken im Vorwissen hinreichend vor Veranstaltungsbeginn aufarbeiten zu können und so dem oft zitierten Ziel der Verknüpfung von Theorie und Praxis gerecht zu werden (z. B. van den Berg, 2013). Ist dies nicht der Fall, da sie z. B. das Praktikum als semesterbegleitende Veranstaltung belegen, kann eine mögliche Folge ein geringerer Praktikumerfolg sein.

### Forschungsfrage und Hypothesen

Aktuell gibt es bisher kaum quantitative Untersuchungen darüber, wie die individuellen Eingangsvoraussetzungen von Chemie-Studierenden auf ihren Erfolg im Laborpraktikum wirken. Besonders die Rolle des Vorwissens und der Praktikumsposition im Curriculum sind hier von Interesse. Daraus ergibt sich die Frage, ob diese beiden Faktoren einen Einfluss auf Erfolg im Chemiepraktikum ausüben ( $F$ ). Es wird vermutet, dass Studierende mit geringem Vorwissen gefährdet sind, unzureichende Leistungen im Praktikum zu erbringen, wenn sie ein semesterbegleitendes Praktikum belegen, da hier Wissen vorausgesetzt wird, welches sie sich noch aneignen müssen ( $H_1$ ). Studierende mit hohem Vorwissen dagegen sollten, unabhängig von der Position des Praktikums grundsätzlich erfolgreicher sein, da sie die notwendigen Voraussetzungen bezogen auf das Vorwissen bereits erfüllen ( $H_2$ ).

### Studiendesign & Methoden

Die vorliegende Studie untersucht ein Chemiepraktikum für Erstsemester-Studierende mit Lehramtsoption an der Universität Duisburg-Essen, da dieses Praktikum sowohl als semesterbegleitende als auch als zweiwöchige Block-Veranstaltung am Ende des Semesters angeboten wird. Beide Veranstaltungen besitzen denselben zeitlichen Umfang von 70 Stunden und sind inhaltlich identisch strukturiert. Das Vorwissen wird mit drei unterschiedlichen Testinstrumenten erfasst. Grund für die Dreiteilung sind unterschiedliche Vorwissens-Domänen. Einerseits muss zwischen Fachwissen und laborpraktischen Fähigkeiten (Lab Skills) differenziert werden. Darüber hinaus jedoch sprechen Abrahams, Reiss & Sharpe (2013) von direkt beobachtbaren und indirekt beobachtbaren Lab Skills. Somit liegt ein paper-pencil Test sowohl für das Fachwissen (FW) (Freyer, 2013; Platova & Walpuski, 2014) als auch für die indirekt beobachtbaren Lab Skills ( $LS_{id}$ ) (Platova & Walpuski, 2014) vor, während die direkt beobachtbaren Lab Skills ( $LS_d$ ) über einen hands-on Test mit fünf Stationen erfasst werden (Platova & Walpuski, 2014). Die Daten der paper-pencil Tests werden idealerweise nach Item-Response-Theorie in ein Rasch-Modell überführt (Pentecost & Barbera, 2011). Das Videomaterial wird zunächst über ein Kodiermanual analysiert und anschließend ebenfalls in ein Rasch-Modell überführt. Aus diesen Daten soll das Vorwissen möglichst genau geschätzt werden. Darüber hinaus werden Kontrollvariablen, wie die kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) sowie die schulische und experimentelle Vorbildung erhoben. Anschließend sollen über Regressionsmodelle Aussagen über den Zusammenhang zwischen diesen Größen und Praktikumserfolg getroffen werden können.

### Ausgewählte Ergebnisse der Pilotstudie

Die bisher durchgeführte Pilotstudie hatte das Ziel die Grundannahmen zu prüfen und sicherzustellen, dass entsprechende Testinstrumente zur Beantwortung der Forschungsfrage zur Verfügung stehen. Für die Bestimmung der Testgüte wurden die Tests an insgesamt 98 Praktikumssteilnehmer/innen (51 % weiblich) erprobt, von welchen 81 vollständige Datensätze vorliegen. Erste Analysen mittels ConQuest®-Software konnten zeigen, dass die Gütemaße der paper-pencil Tests in einem akzeptablen bis zufriedenstellenden Bereich liegen. Dennoch wurde zwischen der Testung der semesterbegleitenden ( $P_1$ ) und der Block-Gruppen ( $P_2$ ) der Test zur Erfassung der Lab Skills revidiert. Die Testgüte konnte damit geringfügig verbessert werden (siehe Tab. 1).

Test-Instrument	<i>N</i>	Item-Reliabilität	EAP/PV-Reliabilität	Item-Schwierigkeit	wMNSQ	t-Werte
Fachwissen	81	.94	.89	-1.50 - 3.69	0.76 - 1.22	-2.7 - 1.9
Lab Skills ( $P_1$ )	59	.91	.68	-1.80 - 2.25	0.79 - 1.13	-1.8 - 1.0
Lab Skills ( $P_2$ )	39	.91	.71	-1.91 - 2.40	0.87 - 1.11	-1.1 - 0.6

Tab. 1: Testgütemaße für paper-pencil Tests zur Messung des Vorwissens.

Eine daran anschließende Modellanalyse sollte überprüfen, ob die so erhobenen Domänen tatsächlich unterschiedliche Konstrukte abbilden. Auf Grundlage der Daten des Fachwissens-Tests und des revidierten Lab Skills Tests wurde ein ein-dimensionales Modell gegen ein zwei-dimensionales Modell geprüft (siehe Tab. 2). Hier konnte aufgrund einer signifikanten Präferenz des zwei-dimensionalen Modells ( $\chi^2(2, N=39) = 166.64, p < .001$ ) die Trennbarkeit beider Konstrukte sichergestellt werden.

	1D-Modell		2D-Modell	
		Fachwissen	Lab Skills (LS <sub>id</sub> )	
<i>N</i>	39		39	
<b>Deviance</b>	2153.37		1986.73	
<b>Varianz</b>	0.60	0.73		0.25
<b>Geschätzte Parameter</b>	55		57	
<b>AIC</b>	2263.36		2100.74	
<b>BIC</b>	2240.87		2077.43	
<b>CAIC</b>	2295.88		2134.43	

Tab. 2: Dimensionsanalyse der Konstrukte „Fachwissen“ und „Lab Skills (indirekt)“.

Mit den reliabel geschätzten Personenfähigkeiten aus dem Rasch-Modell wurden zudem explorativ erste Regressionsanalysen gerechnet. Dabei stellte sich heraus, dass nur das Vorwissen der Fachinhalte signifikant prädiktiv auf die Endnote im Praktikum wirkt ( $F(1, 68) = 18.611, p < .001$ ). Die entsprechenden Maße sind in Abb. 1 einzusehen.

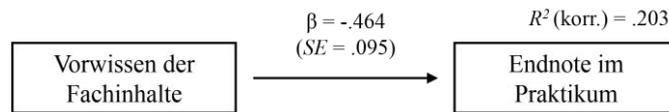


Abb. 1: Lineare Regression zur Vorhersage der Endnote im Praktikum.

### Ausblick für die Hauptstudie

Die bisherigen Analysen konnten sicherstellen, dass das Vorwissen über die paper-pencil Tests reliabel erfasst werden kann und dass die Items der Tests unterschiedliche Konstrukte abbilden. Die Daten der direkt beobachtbaren Lab Skills (LS<sub>d</sub>) befinden sich dagegen noch in der Auswertung, da an dieser Stelle zunächst Optimierungen im Kodiermanual und der Auswertungsmethodik vorgenommen werden mussten. Dennoch wurden die Erfahrungen aus der Testadministration herangezogen, um die Stationsaufbauten und Instruktionen für die Hauptstudie zu optimieren und strenger zu standardisieren.

Erste explorative Analysen konnten zudem die Annahme bestätigen, dass das Vorwissen der Studierenden bezogen auf die Fachinhalte signifikant die Endnoten im Praktikum beeinflussen. Da die laborpraktischen Fähigkeiten scheinbar bisher keinen signifikanten Einfluss ausüben, werden für die Hauptstudie zusätzlich Instrumente implementiert, welche die Zielsetzungen des Praktikums gezielt abfragen, um Hinweise darüber zu erhalten, ob eine der Vorwissens-Domänen vorrangig notwendig zum Absolvieren des Laborpraktikums ist.

**Literatur**

- Abrahams, I., Reiss, M. J. & Sharpe, R. M. (2013). The assessment of practical work in school science. *Studies in Science Education*, 49 (2), 209 - 251.
- Bennett, S. W. & O'Neale, K. (1998). Skills development and practical work in chemistry. *University Chemistry Education*, 2 (2), 58 - 62.
- Bussey T. J., Orgill M. K. & Crippen, K. J. (2013). Variation theory: A theory of learning and a useful theoretical framework for chemical education research. *Chemistry Education Research and Practice*. 14 (1), 9 - 22.
- 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.
- Freyer, K. (2013). Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 156*. Berlin: Logos Berlin.
- Hawkes, S. J. (2004). Chemistry is not a laboratory science. *Journal of Chemical Education*, 81(9), 1257.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision*. Göttingen: Beltz Test GmbH.
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2014). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen: Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2012. Hannover: HIS.
- Hodson, D. (1992). Assessment of practical work – Some considerations in philosophy of science. *Science and Education*, 1 (2), 115 - 144.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2003). The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28 - 54.
- Meester, M. A. M., & Maskill, R. (1995). First-year chemistry practicals at universities in England and Wales: organizational and teaching aspects. *International Journal of Science Education*, 17 (6), 705 - 719.
- Novak, J. D. (1993). Human constructivism: a unification of psychological and epistemological phenomena in meaning making. *International Journal of Personal Construct Psychology*, 6 (2), 167 - 193.
- Pentecost, T. C. & Barbera, J. (2013). Measuring learning gains in chemical education: a comparison of two methods. *Journal of Chemical Education*, 90(7), 839 - 845.
- Platova, E. & Walpuski, M. (2014). Improvement and evaluation of a laboratory work for the first-semester teacher-students. 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 2* (co-ed. Lavonen, J. & Zeyer, A.), (pp. 37 - 43) Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association.
- Reid, N. & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 172 - 185.
- Rollnick, M., Zwane, S., Staskun, M., Lotz, S. & Green, G. (2001). Improving pre-laboratory preparation of first year university chemistry students. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1053 - 1071.
- van den Berg, E. (2013). The PCK of laboratory teaching: turning manipulation of equipment into manipulation of ideas. *Scientia in educatione*, 4(2), 74 - 92.

Dennis Jaeger<sup>1,2</sup>  
 Rainer Müller<sup>2</sup>  
 Torsten Franz<sup>2</sup>

<sup>2</sup>TU Braunschweig

## Aufgabenschwierigkeit und Cognitive Load

In der Cognitive Load Theory nimmt man als zentrale kognitive Strukturen des Menschen die Existenz eines sehr limitierten Arbeitsgedächtnisses und eines nahezu unbegrenzten Langzeitgedächtnisses an (Miller, 1965; Sweller, 1994; Schnotz & Kürschner, 2007). Es wird davon ausgegangen, dass die eigentliche Schwierigkeit einer Aufgabe eine intrinsische Belastung mit sich bringt, während andere Faktoren, wie die Aufgabengestaltung und die Art der verwandten Methoden zu einer extrinsischen Belastung des Lernenden führen. Übersteigt die Summe aus beiden einen individuellen Grenzwert, ist die Aufgabe nicht mehr lösbar.

Die vorliegende Studie zielt auf die Untersuchung der durch die Cognitive Load Theorie vorhergesagten Schwelle des Arbeitsgedächtnisses beim Lösen physikalischer Aufgaben. Dabei werden mögliche Faktoren, die zu einer extrinsischen Belastung führen können, wie die Gestaltung der Aufgabe, möglichst konstant gehalten und Faktoren, die zu einer intrinsischen Belastung führen können, variiert. Dazu zählt die Elementinteraktivität von Elementen, die für das Lösen der Aufgabe notwendig sind. Sie ist hoch, wenn verschiedene Informationen nicht unabhängig voneinander betrachtet und daher simultan verarbeitet werden müssen (Sweller et al., 2011). Einer ähnlichen Struktur folgen die Komplexitätsniveaus von Aufgaben aus (Kauertz, 2008) zu denen beispielsweise Fakten und Zusammenhänge gehören. Ein anderes Maß für die Aufgabenkomplexität verwendet die Anzahl der Lösungsschritte, welche die am wenigsten erfahrenen Lernenden zur Lösung der Aufgabe benötigen (Johnstone et al., 1986). In beiden Maßen wird davon ausgegangen, dass Faktoren wie die Tatsache, ob Gleichungen umgeformt werden müssen, ihre Anzahl, Einheiten und zu berücksichtigende Teilergebnisse für Komplexität sorgen.

Da diese verschiedenen Informationen zur Lösung der Aufgabe in ihrer Interaktion verarbeitet werden müssen, ist zu erwarten, dass komplexere Aufgaben zu einer höheren Elementinteraktivität führen, was sich in einem höheren intrinsischen Load äußern sollte (Sweller et al., 2011).

In vorhergehenden Studien konnte anhand deskriptiver Daten gezeigt werden, dass der Anteil gelöster Aufgaben mit Zunahme der Aufgabenkomplexität, welche über die Lösungsschritte definiert war, nichtlinear und rapide absinkt. Dieser Effekt konnte sowohl bei Aufgaben aus der Chemie (Johnstone et al., 1986), als auch bei physikalischen Aufgaben (Stindt et al., 2014) beobachtet werden. In keine der den Autoren bekannten Studien wurde jedoch untersucht, ob diese Beobachtung mit einem erhöhten Cognitive Load einhergeht.

Basierend auf diesen vorangegangenen Studien wurden mit sieben Aufgaben aus der Mechanik mit variierender Anzahl an Lösungsschritten  $Z$  die wahrgenommene mentale Anstrengung als Indikator für den Cognitive Load (Paas, 1992) erhoben. Es soll die Frage untersucht werden, ob sich die höhere Komplexität in einer höheren kognitiven Belastung widerspiegelt. Darüber hinaus wird diskutiert, ob mit zunehmenden Lösungsschritten ein Schwellenverhalten des Cognitive Load festzustellen ist.

<sup>1</sup> Im Dezember 2016 änderte sich der Nachname des Autors von „Trottenberg“ zu „Jaeger“.

## Hypothesen

In der vorliegenden Studie wurden folgende Hypothesen untersucht:

- H1: Aufgaben hoher Komplexität ( $Z \geq 6$ )<sup>2</sup> sorgen für einen höheren Cognitive Load<sup>3</sup>, als Aufgaben niedrigerer Komplexität ( $Z \leq 5$ ).
- H2: Der gelöste Aufgabenanteil einer Aufgabe hoher Komplexität ( $Z \geq 6$ ) ist kleiner als jener leichterere ( $Z \leq 5$ ) Aufgaben.

## Untersuchungsdesign und Erhebung

Die Untersuchung fand mit einer heterogenen Gelegenheitsstichprobe ( $N = 44$ ; 11♀; 32♂) an der TU Braunschweig und der Universität Bielefeld statt. Bei den Teilnehmenden handelte es sich um Studierende der Fachphysik und verschiedener Lehramtsstudiengänge mit Haupt- oder Nebenfach Physik. Alle Probanden und Probandinnen hatten die Vorlesung zur Mechanik bereits abgeschlossen, nahmen freiwillig an der Studie teil und befanden sich im Mittel im fünften Fachsemester ( $M = 5,5$ ;  $SD = 2,0$ ).

Zur Bearbeitung der sieben Aufgaben zur Mechanik standen 60 Minuten Zeit zur Verfügung, welche frei eingeteilt werden konnte. Die unabhängige Variable war die Aufgabenkomplexität  $Z$  in den Ausprägungen 3 bis 9. Als abhängige Variablen wurden der gelöste Aufgabenanteil sowie die bei der Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe empfundene mentale Anstrengung als Indikator für den Cognitive Load erhoben.

Die mentale Anstrengung wurde mit der 9-stufigen Skala nach (Paas, 1992) und der gelöste Aufgabenanteil mit Hilfe eines vor der Untersuchung festgelegten Auswertungsbogens erhoben.

## Ergebnisse

In Bezug auf H1 konnte beobachtet werden, dass sich die Mittelwerte des Cognitive Load (vgl. Abb. 1) in den jeweiligen Aufgaben unterscheiden scheinen. Da die Daten häufig u-förmig- und damit nicht normalverteilt sind, wurde ein Friedman-Test verwendet, um zu testen, ob sich die zentralen Tendenzen der Variablen Cognitive Load bei den Aufgaben unterscheiden. Beim Friedman-Test handelt es sich um das nicht-parametrische Äquivalent zur einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung. Es zeigte sich, dass solche Unterschiede zu den verschiedenen Messzeitpunkten (Aufgaben) statistisch hochsignifikant existieren,  $\chi^2(6, N = 16) = 39,1$ ;  $p < 0,0001$ .

Die gezielte Testung von H1 erfolgte mit Hilfe von a-priori Kontrasten im Rahmen der Kontrastanalyse. Es zeigte sich hochsignifikant

und mit einer großen Effektstärke (Cohen, 1992), dass die Bearbeitung der Aufgaben hoher Komplexität mit einem größeren Cognitive Load einhergehen, als jene niedriger Komplexität,  $t(15) = 7,4$ ;  $p < 0,001$ ;  $d = 1,90$ . Dadurch lässt sich H1 als bestätigt ansehen.

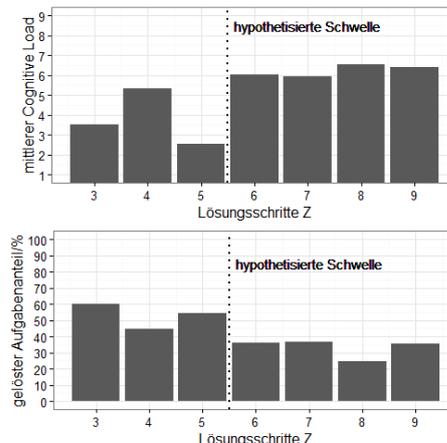


Abb. 1: Cognitive Load und gelöster Aufgabenanteil über die Lösungsschritte<sup>4</sup>

<sup>2</sup> Bei der Lokalisierung der hypothetisierten Schwelle zwischen  $Z=5$  und  $Z=6$  wurde sich an den Ergebnissen von (Stindt et al., 2014) und (Johnstone et al., 1986) orientiert.

<sup>3</sup> Im Folgenden werden Cognitive Load und die empfundene mentale Anstrengung synonym verwendet.

<sup>4</sup> Bedingt durch die u-förmige Verteilung, wurde hier auf die Angabe eines Streuungsmaßes verzichtet.

Die Daten zur Untersuchung von H2 waren ebenfalls in vielen Aufgaben nicht normalverteilt, sodass auch hier ein Friedman-Test zum Einsatz kam. Dieser offenbarte auch in Bezug auf den gelösten Aufgabenanteil (Performance) statistisch hochsignifikante Unterschiede,  $\chi^2(6, N = 44) = 26,2; p < 0,0001$ . Die gezielte Testung im Rahmen einer Kontrastanalyse zeigte hochsignifikant und mit einer mittleren Effektstärke (Cohen, 1992), dass die Bearbeitung der Aufgaben hoher Komplexität mit einer schlechteren Performance einhergehen, als jene niedriger Komplexität,  $t(43) = 4,3; p < 0,001; d = 0,65$ . Auch H2 konnte damit bestätigt werden, jedoch mit einer deutlich geringeren Effektstärke im Vergleich zu H1.

### **Diskussion und Einschränkungen der Studie**

Bei der Bewertung der Studie sollten verschiedene Aspekte berücksichtigt werden. Es kann festgehalten werden, dass die Hypothesen im Einklang mit der Cognitive Load Theorie bestätigt werden konnten.

Jedoch sind verschiedene Dinge kritisch zu betrachten. Zum einen ist zu beachten, dass beim Test zur Prüfung von H1 nur 16 Probandinnen und Probanden berücksichtigt wurden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass hier nur diejenigen Teilnehmenden berücksichtigt werden konnten, die bei allen Aufgaben das Item zum Cognitive Load beantworteten. Bei der zweiten Hypothese konnten alle Teilnehmenden verwendet werden, da ein leeres Blatt mit null Punkten codiert wurde. An dieser Stelle wäre eine genauere Untersuchung ratsam, um zu klären, warum ein Großteil der Studierenden nicht bei jeder Aufgabe eine Angabe beim Item zum Cognitive Load machte und aus welchen Gründen manche Aufgaben unbearbeitet abgegeben wurden.

Zum anderen ist das Maß der Komplexität, die Anzahl der Lösungsschritte, kritisch zu betrachten. Die Einteilung in Lösungsschritte erscheint nicht vollständig objektiv, selbst wenn man sich an den am wenigsten erfahrenen Lernenden orientiert. Für weitere Untersuchungen unter der Berücksichtigung von Lösungsschritten als Maß der Komplexität sollte daher mit Hilfe von unabhängigen Ratern die Interrater-Reliabilität bei der Einteilung der Schritte genauer geprüft werden. Außerdem sollte berücksichtigt werden, dass die Lösungsschritte wohl kein äquidistantes Komplexitätsmaß darstellen, d.h. verschiedene Schritte können verschieden komplex sein.

Diese Punkte erscheinen vor dem Hintergrund der vorliegenden Studie jedoch als nicht sehr problematisch, da im Rahmen der Hypothesen praktisch nur zwischen hoher und geringer Komplexität unterschieden wurde. Lediglich im Grenzbereich von  $Z = 5$  ist davon auszugehen, dass Aufgaben mit einem solchen Zuordnungsschema anders bewertet würden, als hier geschehen.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Die Ergebnisse der Studie weisen darauf hin, dass sich hinter der Aufgabenkomplexität und dem Cognitive Load eine Steuerungsmöglichkeit verbirgt, Aufgaben besser an die Lernenden anzupassen.

Anhand zukünftiger Studien sollte geklärt werden, wie diese Anpassung mittels des Cognitive Load genauer geschehen kann. Die Ergebnisse sollten nicht so interpretiert werden, dass den Lernenden zukünftig nur Aufgaben mit niedriger Komplexität zur Verfügung gestellt werden sollten. Aus Sicht der Cognitive Load Theorie ist es vielmehr ratsam, Aufgaben so individuell an den Lernenden anzupassen, dass er oder sie über die Bereitschaft verfügt, sich damit auseinander zu setzen und dabei eine gewisse kognitive Belastung empfindet. Erst wenn diese hinreichend groß ist, kann es zu Prozessen kommen, die allgemein als lernförderlich gelten, wie den Aufbau semantischer Netze (Friege, 1999), die bewusste Anwendung von Strategien, Abstrahierungen von Schemata, Umstrukturierungen von Repräsentationen des Problems, sowie metakognitive Prozesse (Schnotz & Kürschner, 2007).

**Literatur**

- Cohen, J. (1992). A Power Primer. *Psychological Bulletin* 112(1), S.155-159.
- Friege, G., Lind, G., Reinhold, P. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in der Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 5, Heft 1, S.41-62.
- Johnstone, A. H., El-Banna, H. (1986). Capacities, demands and processes – A predictive model for science education. *Education in Chemistry*, 23, S. 80-84.
- Kauertz, A. (2008). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. *Studien zum Physik- und Chemielernen*, Band 79.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63 (2), 81.
- Paas, F. (1992). Training Strategies for Attaining Transfer of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive Load Approach. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 84, No. 4, 429-434.
- Schnotz, W., Kürschner, C. (2007). A Reconsideration of Cognitive Load Theory. *Educational Psychology Review*, 19 (4), 469-508.
- Stindt, F., Strahl, A., Müller, R. (2014). Chunks in Chemie-und Physikaufgaben-Zusammenhang zwischen Gedächtniskapazität und Aufgabenkomplexität. *PhyDid B – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4 (4), 295-312.
- Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer New York Dordrecht Heidelberg London.

Alexander Engl<sup>1</sup>  
Björn Risch<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Koblenz-Landau,  
Campus Landau

## **CHEMIE PUR – Unterrichten in der Natur: Ein Konzept zur Förderung des Interesses und Änderung der Einstellung im Bereich „Chemie und Natur“**

### **Ausgangslage**

Auf dem Titelblatt der Zeitschrift „Einkauf aktuell“ wird mit dem Slogan „Neuheit: Die natürliche Schmerztablette wirkt gezielt bei Rücken- und Gelenkschmerzen – ganz ohne Chemie“ geworben (Deutsche Post AG, 2015). Mit solchen Aussagen manipuliert die Werbeindustrie die öffentliche Wahrnehmung im Bereich „Chemie und Natur“, um Produkte im Fokus des Natürlichen ohne Zusatz von Chemie zu vermarkten (Gröger, Krischer & Spitzer, 2014). Das Statement auf dem Titelblatt ist fachlich falsch – selbst wenn die beworbene Schmerztablette keine synthetischen Chemikalien enthält, sondern nur aus Naturprodukten besteht, sind dennoch chemische Stoffe für die gewünschte Wirkung verantwortlich! Gegen diese negative Beeinflussung muss die Wissenschaft Chemie sowohl in der Schule als auch in der Industrie ankämpfen. Dass Chemie als Naturwissenschaft allerdings der Beschreibung der Natur dient, um deren Stoffe und Stoffumwandlungen zu erfassen, ist dem Laien selten bewusst. Daher verwundern die Ergebnisse des Jugendreports Natur 2010 kaum, dass beispielsweise nur 4 % der Schülerinnen und Schüler auf die Frage „Wie viel Prozent der Rohstoffe deines Handys kommen aus der Natur?“ korrekt mit 100 % antworten (Brämer, 2010). Trotz der zunehmenden Naturentfremdung zeigt der Jugendreport Natur 2016 aber auch, dass 47 % der befragten Jugendlichen angeben, ihre Freizeit am liebsten draußen im Grünen zu verbringen (Brämer, Knoll & Schild 2016). Dieser positiven Einstellung zur Natur könnte sich die Wissenschaft Chemie zu Nutze machen, um mehr alltägliche und lebensweltliche Phänomene in den Chemieunterricht zu integrieren.

Alltagsorientierung findet sich in Unterrichtskonzepten wie Chemie im Kontext wieder. Ein lebensweltlicher Kontext zeigt die Bedeutung der Wissenschaft Chemie für das tägliche Leben auf. Daran werden chemische Fachinhalte erarbeitet und auf zugrundeliegende Basis-konzepte der naturwissenschaftlichen Bildungsstandards übertragen. Ziel von Chemie im Kontext ist es situiertes Wissen zu vermitteln und gleichzeitig das Interesse am Schulfach zu unterstützen (Demuth, Gräsel, Parchmann & Ralle, 2008). Allerdings ist Kontextualisierung nicht per se interessensfördernd. Bei dispositionalem, individuellen Interesse wird im Bereich der Unterrichtsforschung zwischen Fach- und Sachinteresse unterschieden. Das Sachinteresse kann wiederum in Interesse an Inhalten, Kontexten und Tätigkeiten differenziert werden (Busker, 2010). Dem Aufbau von individuellem Interesse geht eine Entwicklung von aktuellem, situationalem Interesse voraus (Krapp, 2002). Lerngelegenheiten, die das situationale Interesse positiv beeinflussen, könnten beispielsweise das Fachinteresse steigern (Hidi & Berndorff, 1998).

Diese Lerngelegenheiten müssen nicht zwangsläufig auf den Klassenraum beschränkt sein. Außerschulischen Lernorten wird in der aktuellen Bildungslandschaft eine zunehmende Bedeutung beigemessen. Ein leicht zu erreichender sekundärer außerschulischer Lernort stellt die natürliche Umgebung der Schulen dar. Hier können naturnahe Kontexte in den Chemieunterricht integriert werden, um ein Bewusstsein für Naturphänomene und -prozesse zu entwickeln. Durch diese inhaltlichen und methodischen Änderungen kann die antagonistische Sichtweise zwischen Chemie und Natur vor Augen geführt werden (Kaufmann, 2010; Krischer, 2015). Dabei ist zu beachten, dass Schülerurteile sich nicht nur durch fachliche Erkenntnisse verändern, sondern vor allem Gefühle und Überzeugungen eine wichtige Rolle spielen (Parchmann & Menthe, 2006). Der Kontakt zur Natur im Chemieunterricht und der Genuss des Naturaufenthaltes sind die wesentlichen Faktoren zur Ausbildung von Naturver-

bundenheit (Roczen, 2011). Dadurch könnte sich die Einstellung im Bereich „Chemie und Natur“ verändern. Dass dies besonders gut mit handlungs- und erlebnisorientierten Aktivitäten direkt im Freiland gelingen kann, zeigt eine Meta-Studie von Stern, Powell & Hill (2014).

### Das Unterrichtskonzept CHEMIE PUR – Unterrichten in der Natur

Die Kernidee des Unterrichtskonzepts CHEMIE PUR (Abb. 1) besteht darin, ausgewählte Chemiestunden in die Natur zu verlegen. Im Freiland werden so mit direkt vor Ort gewonnenen Stoffen Umweltprozesse experimentell erarbeitet. Ziel ist es, die von Schülerinnen und Schülern häufig als abstrakt und komplex empfundenen Inhalte des Chemieunterrichts mit alltäglichen und naturnahen Phänomenen in Einklang zu bringen. Als Ausgangspunkt für die Lerneinheiten in der Natur steht mit dem „Freilandmobil“ ein Zirkuswagen zur Verfügung, der zu einem mobilen Umwelt-Freiland-Schülerlabor umgebaut wurde (Abb. 2). Hier erhalten Jugendliche die Möglichkeit, in einer authentischen Lernumgebung umwelt- und naturbezogene Themen zu erfahren und experimentell zu erarbeiten. Die CHEMIE PUR Lerneinheiten richten sich an Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II und orientieren sich an folgenden Kriterien (Engl & Risch, 2015): (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.

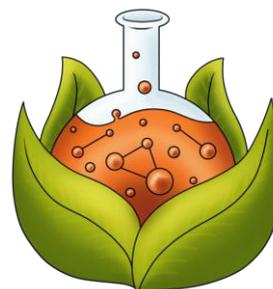


Abb. 1: CHEMIE PUR Logo



Abb. 2: Freilandmobil Logo

Bisher sind vier CHEMIE PUR Lerneinheiten entwickelt worden: Bodenanalyse mit organischen Säuren (Engl & Risch, 2014), Ätherischen Ölen auf der Spur (Engl, Schmelzer & Risch, in Vorb.), Faszination Fluoreszenz – Sonnenschutz in der Natur (Engl & Risch, 2016a) und Farbenpracht im Freiland (Engl & Risch, 2016b). Für die Durchführung der Lerneinheiten erhalten Kleingruppen von zwei bis vier Schülerinnen und Schülern einen Koffer mit Laborgeräten, einem Reagenziansatz an Chemikalien, einem GPS-Gerät und einem Tablet-PC, über den die Versuchsvorschriften und zugehörigen GPS-Koordinaten der Standorte der jeweiligen Naturmaterialien abrufbar sind. So werden in der naturnahen Schulumgebung unterschiedliche Naturstoffe extrahiert und deren Eigenschaften experimentell untersucht.

### Einbettung von CHEMIE PUR in die fachdidaktische Entwicklungsforschung

CHEMIE PUR orientiert sich am Paradigma der fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Prediger, Link, Hinz, Hußmann, Ralle & Thiele, 2012). Ziel dieser unterrichtsnahen Vorgehensweise ist es die oft beklagte Lücke zwischen Theorie und Praxis zu schließen. CHEMIE PUR ist sowohl konzeptionell mit starkem Bezug zur Unterrichtspraxis, als auch empirisch grundlagenorientiert ausgerichtet. Hierbei wird der Forschungsfrage nachgegangen, wie sich das Unterrichtskonzept CHEMIE PUR auf das Fach- und Sachinteresse, sowie auf die Natur-

verbundenheit und Einstellung zu Chemie und Natur von Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II auswirkt.

Forschungsdesign: An einer Evaluationsstudie mit Kontrollgruppendesign nahmen 191 Probanden aus 13 Grund- und Leistungskursen der Klassenstufe elf und zwölf teil. Folgende Hypothesen wurden geprüft: (H1) Bei beiden Vergleichsgruppen steigt das chemiebezogene Sach- und Fachinteresse. (H2) Die antagonistische Einstellung zu Chemie und Natur nimmt in der Experimentalgruppe ab. (H3) Die Naturverbundenheit nimmt in der Experimentalgruppe zu. Die Datenerhebung erfolgte mittels Fragebögen zum Pre-, Post- und Follow-Up-Messzeitpunkt. Als abhängige Variablen wurden das chemiebezogene Sach- (Brandt, 2005; Busker, 2010) und Fachinteresse (Hoffmann, Häußler & Lehrke 1998; Weßnigk, 2013), die Einstellung zur Wissenschaft Chemie und Natur (Kaufmann, 2000), sowie die Naturverbundenheit (Schultz, 2002; Roczen, 2011) erfasst. Als Kovariablen dienten das chemiebezogene Fähigkeitsselbstkonzept (Köller, Daniels, Schnabel, & Baumert, 2000) und Fachwissen, sowie demografische Daten und Schulnoten. Nach jeder Intervention wurden zusätzlich Fragebögen eingesetzt, um als Kovariable den Cognitive Load (Paas, 1992) und das situationale Interesse (Rheinberg, 2001; Fechner, 2009; Pawek, 2009) zu erheben. Zur Identifikation von Problemen wurde jeweils eine Kleingruppe während der Intervention videografiert. Anschließend an die Post-Tests wurden die beteiligten Lehrpersonen nach der Vor- und Nachbereitung sowie nach den Transfermöglichkeiten in den Regelunterricht mit einem leitfadengestützten Experteninterview befragt. Als Intervention wurden im Zeitraum von drei Monaten in der Experimentalgruppe fünf Doppelstunden mit Naturmaterialien im Freiland durchgeführt, während die Kontrollgruppe fünf Doppelstunden mit Alltagsmaterialien in den Räumlichkeiten am Campus bearbeitete. Die Inhalte der Doppelstunden orientierten sich an zugrundeliegenden Basiskonzepten der Bildungsstandards im Fach Chemie, sodass sich lediglich der genutzte Kontext unterschied. Während beispielsweise in der Experimentalgruppe Inhaltsstoffe des Bodens oder Naturfarbstoffe untersucht wurden, experimentierten die Probanden in der Kontrollgruppe mit Inhaltsstoffen des Bluts oder synthetischen Farbstoffen.

Erste Ergebnisse: Die eingesetzten Skalen lieferten nach einer konfirmatorischen Faktorenanalyse zufriedenstellende Werte ( $\chi^2$ -Test  $p \geq 0.5$ , CFI & TLI  $\geq 0.96$ , RSMA  $\leq 0.05$  oder  $p = n. s.$ , SRMR  $\leq 0.04$ ). Auch die Itemanalyse zeigte Werte im akzeptablen Bereich ( $r_{it} \geq 0.33$ , Schwierigkeit nach Dahl  $21 > d < 81$ , Cronbach's  $\alpha \geq 0.63$ ). Aufgrund von fehlenden Werten konnten für den Pre-Post-Vergleich lediglich 134 Probanden ausgewertet werden ( $n_{EG} = 76$ ,  $n_{KG} = 58$ , Alter:  $M = 17$  Jahre,  $SD = 0.8$ ;  $\varnothing = 46\%$ ,  $n_{\varnothing} = 62$ ). Die Ergebnisse der gemischten, messwiederholten Varianzanalysen (unabhängige Variable: Messzeitpunkt, Vergleichsgruppe) sind im Folgenden aufgeführt: (H1) Der Pre-Post-Vergleich zeigt bei beiden Gruppen einen signifikanten Zuwachs des inhaltsbezogenen Sachinteresses mit einem zu vernachlässigenden Effekt ( $F(1, 127) = 7.37$ ,  $p = .007$ ,  $\eta_G^2 = .01$ ). (H2) Der Pre-Post-Vergleich zeigt bei beiden Gruppen eine signifikant positivere Einstellung zu Chemie und Natur mit einem kleinen Effekt ( $F(1, 133) = 15.56$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_G^2 = .02$ ). (H3) Der Pre-Post-Vergleich zeigt bei beiden Gruppen eine signifikant höhere Naturverbundenheit mit einem kleinen Effekt ( $F(1, 133) = 19.65$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_G^2 = .02$ ). Zusätzlich wurde das Fachwissen erhoben, um die Lernwirksamkeit der Intervention darzustellen. Dabei hat sich gezeigt, dass die Experimentalgruppe mit einem mittleren Effekt ein signifikant höheres Fachwissen aufweist, als die Kontrollgruppe ( $F(1, 133) = 29.79$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_G^2 = .13$ ). Der Pre-Post-Vergleich zeigt bei beiden Gruppen einen signifikanten Wissenszuwachs mit einem mittleren Effekt ( $F(1, 133) = 55.35$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_G^2 = .13$ ). Außerdem zeigt die Interaktion von Vergleichsgruppe und Messzeitpunkt, dass die Experimentalgruppe mit einem kleinen Effekt einen höheren Wissenszuwachs erreicht, als die Kontrollgruppe ( $F(1, 133) = 7.71$ ,  $p = .006$ ,  $\eta_G^2 = .02$ ).

### Literatur

- Brandt, A. (2005). Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors. Göttingen: Cuvillier Verlag
- Brämer, R. (2010). Natur: Vergessen? Erste Befunde des Jugendreports 2010. Marburg: Universität Marburg
- Brämer, R., Knoll, H. & Schild, H.-J. (2016). Natur Nebensache? 7. Jugendreport Natur 2016. Erste Ergebnisse. Köln: Universität Köln
- Busker, M. (2010). Entwicklung einer adressatenorientierten Übungskonzeption im Übergang Schule - Universität auf Basis empirischer Analysen von Studieneingangsvoraussetzungen im Fach Chemie. Tönning: Der Andere Verlag
- Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I. & Ralle, B. (2008). Chemie im Kontext. Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzept. Münster: Waxmann
- Deutsche Post AG (2015). Neuheit: Die natürliche Schmerztablette wirkt gezielt gegen Rücken und Gelenkschmerzen – ganz ohne Chemie. Einkauf aktuell Ausgabe Pfalz, 2198 (41), 3
- Engl, A., & Risch, B. (2014). CHEMIE PUR: Unterrichten im Freiland mit Naturstoffen – Eine interaktiv-experimentelle Bodenrallye. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 144 (6), 34-37
- Engl, A. & Risch, B. (2015). CHEMIE PUR - Unterrichten in der Natur. In S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014. Kiel: IPN, 546-548
- Engl, A. & Risch, B. (2016a). Natural Chemistry - Outdoors!. Green Teacher, 109 (1), 39-42.
- Engl, A. & Risch, B. (2016b). CHEMIE PUR: Farbenpracht im Freiland - Eine Lerneinheit zu Naturfarbstoffen. Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule, 65 (8), 45-49
- Engl, A., Schmelzer, A. & Risch, B. (in Vorb.). CHEMIE PUR – Unterrichten in der Natur: Ein Unterrichtskonzept zum Experimentieren im Freiland mit Naturstoffen am Beispiel von Ätherischen Ölen. CHEMKON
- Fechner, S. (2009). Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education. Berlin: Logos Verlag
- Gröger, M., Krischer, D. & Spitzer, P. (2014). Chemieunterricht? Draußen!. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 144 (6), 2-7
- Hidi, S. & Berndorff, D. (1998). Situational interest and learning. In L. Hoffmann, A. Krapp, & K. A. Renninger (Eds.), Interest and learning: Proceedings of the Seeon Conference on Interest and Gender. Kiel: IPN, 74-90
- Hoffmann, L., Häubler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessensstudie Physik. Kiel: IPN
- Kaufmann, H. (2000). Chemieunterricht und das Problem der antagonistischen Sicht von „Natur“ und „Chemie“. Münster: Lit Verlag
- Köller, O., Daniels, Z., Schnabel, K. U. & Baumert, J. (2000). Kurswahlen von Mädchen und Jungen im Fach Mathematik: Zur Rolle von fachspezifischem Selbstkonzept und Interesse. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 14 (1), 26-37
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. Learning and Instruction, 12 (4), 383-409
- Krischer, D. (2015). „... natürlich Chemie!“ Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten. Ein Unterrichtskonzept für die Sekundarstufen I und II. Siegen: Universität Siegen
- Paas, F. G. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: a cognitive-load approach. Journal of Educational Psychology, 84 (4), 429-434
- Parchmann, I. & Menthe, J. (2006). Von Anfang an. Nachhaltigkeit durch Chemieunterricht. In M. Angrick, K. Kümmerer & L. Meinzer (Hrsg.), Nachhaltige Chemie. Erfahrungen und Perspektiven. Marburg: Metropolis, 115-128
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Kiel: Universitätsbibliothek Kiel
- 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
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivations in Lern- und Leistungssituationen. Diagnostica, 47 (2), 57-66
- Roczen, N. (2011). Environmental competence. The interplay between connection with nature and environmental knowledge in promoting ecological behavior. Eindhofen: Eindhofen University of Technology
- Schultz, P. W. (2002). Inclusion with nature: The psychology of human-nature relations. In P. Schmuck & W. P. Schultz (Eds.), The psychology of sustainable development. New York: Kluwer
- Stern, M., Powell, R. & Hill, D. (2014). Environmental education program evaluation in the new millennium: what do we measure and what have we learned?. Environmental Education Research, 20 (5), 581-611
- Weßnigk, S. (2013). Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten. Kiel: Universitätsbibliothek Kiel

**Authentizität: zweiter Versuch - Alles nur ein didaktischer Trick?  
Das Problem mit der Authentizität und einer Pseudoauthentizität im  
naturwissenschaftlichen Unterricht**

Die GDCP hatte 2015 in Berlin ihre Jahrestagung unter das Leitthema „Authentizität und Lernen“ gestellt. Das ist ein spannendes und herausforderndes didaktisches Thema. Aber weder die eingeladenen Plenarvorträge noch das Sammelsurium von Gruppenbeiträgen gingen irgendwie auf das Tagungsthema ein. Es wurde weder interpretiert oder gar weiterentwickelt.

Authentizität und Physik erscheinen zunächst sowohl für die Lernenden als auch für die Lehrenden ein Widerspruch in sich zu sein. Denn die Wissenschaft Physik beruht auf tradierten, systematischen allgemeinen Strukturen, während Authentizität von spontanen, individuell wechselnden Erfahrungen geprägt ist, oft zudem schüler- und lehrerspezifisch variierend.

Ich versuche nun mein Bestes zur Interpretation dieses Themas, aber auch als freier Autor fernab der Physikdidaktik etwa in Büchern wie:

- Lokomotiven saufen Wasser- *Hersfelder Geschichten aus den deutschen Nachkriegsfünfzigern*, Verlag: edition-winterwork, 2012
- Links und frei zur Linkspartei ? *Persönlicher Bericht über eine gescheiterte Suche nach dem Linken in der SPD*, Verlag Am Park in der Eulenspiegel Verlagsgruppe, 2016
- Abschied von einem Universitätsstudium als Ort humaner Bildung? *Erfahrungen und kritische Betrachtungen eines Naturwissenschaftlers zur Studienreform nach Bologneser Art*, Verlag Barbara Budrich 2017 (im Entstehen)

**Vorweg (m)eine Begriffsklärung**

Was heißt Authentizität eigentlich? Es kommt von authentikos griechisch: „echt“ und authenticus lateinisch: verbürgt, zuverlässig“. Es bedeutet so viel wie „als Original befunden“.

*Was bedeutet die Authentizität jedoch für den Physikunterricht?*

In meiner fast ein halbes Jahrhundert andauernden Forschungstätigkeit in der Wissenschaft Physikdidaktik und zur Verbesserung des Unterrichts und der Schulpraxis habe ich mich um den authentischen Physikunterricht immer bemüht. Zunächst nannte ich dies „*Lebensweltorientierung*“ in Anlehnung an Robison, den Direktor am MPI Berlin für Bildungsforschung (1967). Der formulierte drei „Kriterien für die Auswahl von Bildungsinhalten“, die als „Berliner Modell“ bekannt gewordenen sind und indirekt seinen Begriff von Bildung beschreiben. Im Rahmen der Curriculumentwicklung fokussierten die Kriterien von Robison auf die folgenden Ziele:

- die künftige Lebenssituation Heranwachsender zu identifizieren,
- daraus Qualifikationsanforderungen abzuleiten,
- die an Schulabsolventen gerichtet werden, und die Inhalte zu gewinnen,
- die im Curriculum des Bildungssystems verankert werden müssen.

Weitere Anknüpfungspunkte fand ich in „*Stücke zu einem mehrperspektivischen Unterricht*“ von Giel & Hiller (1971) und „*Der Baggersee von Hemsbach*“ von Freise (1980).

### Eigene Begegnungen: mit Authentizität und Kontextorientierung

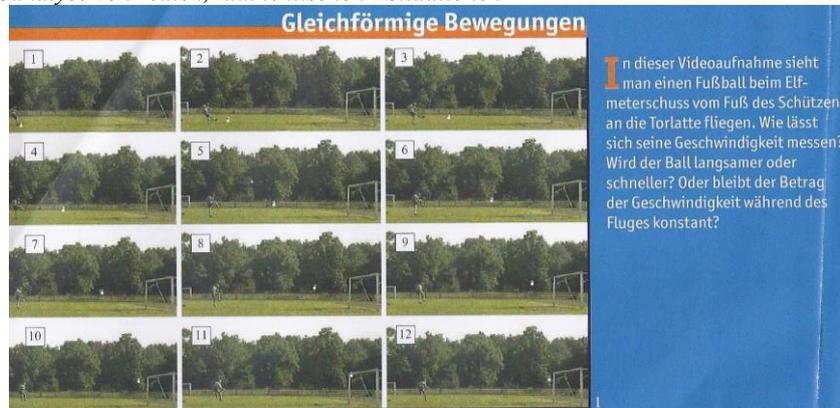
Im Rahmen der IPN Projektgruppe Physik 9/10 mit den Unterrichtseinheiten: 9.2 Elektronik/ 9.3 Energieversorgung durch KKW/ 10.1 Energie quantitativ: Benzin oder Elektroauto/ 10.2 Steuerung und Automation haben wir sehr häufig konkrete Lebens- oder Realsituationen herangezogen wie zum Beispiel: Kauf von Phonogeräten, die bis heute andauernde Atomenergiedebatte oder die aktuelle Diskussion zum Vergleich von Benzin- und Elektroautos (Autorengruppe: Westphal, Niedderer, Mikelskis, Mie, Lauterbach, Kircher, Härtel, Duit u.v.a.m., erschienen 1979).

Auch versuchten wir die Authentizität und damit verbunden die gesellschaftsrelevanten Bezüge in den „Unterrichtsmaterialien zur Diskussion um die Errichtung einer Wiederaufarbeitungsanlage – Fallstudie GORLEBEN“ herzustellen. Die Fallstudie GORLEBEN, ein immer noch aktuelles Thema, ist 1981 im Umweltmagazin erschienen mit den Autoren: Benteler, Hertrich, Lauterbach, Mikelskis, Ratka Steinhilber-Schwab & Wiedemann. Dieses Projekt wurde auch im Rahmen des „Bürgerdialogs Kernenergie“ von der Bundesregierung gefördert. Bemerkenswert ist, dass das Problem Endlagerung bis heute vollkommen ungelöst zu sein scheint!

### Annäherung an die Authentizität in neuere Konzeptionen

In seinem Buch „Lernen im sinnstiftenden Kontext“ hat Muckenfuß (1995) einen für mich wichtigen Beitrag zur Authentizitätsdebatte geleistet. Hier werden Kontexte relevant werden, die für die Lernenden eine Bedeutung haben wie z.B.: elementare Kosmologie oder Sehen und Erkennen im Bereich Lehre vom Licht; Wettererscheinungen und Klimaprobleme usw.. Damit begann die Diskussion um einen fachsystematischen Physikunterricht mit Alltagskontexten angereichert bzw. um einen an den Kontexten orientierten Unterricht. Unsere Arbeiten zur Videoanalyse von realen Alltagssituationen lassen sich unter dem Ansatz der Sinnstiftung gut verorten.

#### Videoanalyse von realen, „authentischen“ Situationen



In den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts waren wir in Potsdam in Deutschland Vorreiter des Computereinsatzes im Physikunterricht mit dem Ziel, authentische Bezüge für den Physikunterricht zu ermöglichen. Insbesondere Bewegungsanalysen aus dem Bereich des Sports sollten den Physikunterricht für die Schülerinnen und Schüler interessanter machen. Mit der Verbindung von Videotechnik und Computer erhofften wir uns, zum konzeptuellen Verstehen der Schülerinnen und Schüler beizutragen. Die technischen Möglichkeiten waren damals, im Vergleich zur heutigen „Handy-Physik“, eher begrenzt. Durch die Smartphones mit ihren guten Kameras gewinnen die Videoanalysen an Bedeutung und sind schnell ins Unterrichtsgeschehen integrierbar.

### Authentizität in Schulbüchern

Auch in den Schulbüchern zog die Kontextorientierung ein. Zum Beispiel sind im Konzept von Physik Plus viele authentische Situationen beschrieben (Hrsg. Mikelskis & Wilke: Physik plus Cornelsen Verlag Berlin)

### Physik im Kontext – Kontextorientierung wird Programm

Das vom BMBF bis 2006 geförderte Projekt „Physik im Kontext“ verfolgte das Ziel, zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung durch Physikunterricht beizutragen. Das Projekt wurde vom IPN in Kiel zusammen mit den Universitäten in Kassel und Paderborn, der Humboldt-Universität zu Berlin sowie der PH in Ludwigsburg durchgeführt. Die sinnstiftenden

Kontexte spielten neben den strukturellen Kontexten, die das Physiklernen nachhaltig fördern, eine zentrale Rolle im Projekt. Erfahrende Lehrkräfte entwickelten zusammen mit Fachdidaktikern nach ihren Bedürfnisse Unterrichtsmaterialien, in denen die Kontextorientierung umgesetzt wurde. Dabei flossen die relevanten Forschungsergebnisse sowie die existierenden Unterrichtsansätze ein, um die Praxis nachhaltig zu verändern.



### Dialoge aus der Wissenschaftsgeschichte: Goethe vs. Newton



Einblicke in physikalischer Forschung geben. Der Dialog wurde im Theater in Freiburg für Studierenden und Interessierte aufgeführt.

### Probleme und Missverständnisse

Die hergestellte Authentizität ist in der Regel doch kein Unterricht!

Die Lehrerauthentizität stimmt oft nicht mit jene der Schülerinnen und Schüler überein!

Authentische Bezüge sind oft in der Fremdsprachen- und Geschichtsdidaktik zu finden, seltener jedoch in den Naturwissenschaften!

Die empirische Befundlage zur Kontextorientierung ist begrenzt! Gleiches gilt für die Authentizität!

**Literatur**

- Reinders Duit, Silke Mikelskis-Seifert (Hrsg.) *Physik im Kontext* Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht Sonderband Friedrich Verlag: Seelze 2010
- Mikelskis, H./ Seifert, S./ Winter, R.: Der Computer - ein multimediales Werkzeug zum Lernen von Physik: Multimedia und Hypermedia im Physikunterricht - eine einführende Übersicht. *Physik in der Schule*, 1997
- Mikelskis, H.: Zum Verhältnis von Wissenschaft und Lebenswelt im Physikunterricht - dargestellt am Thema Kernkraftwerke. Dissertation, Bremen 1979, S. 301 S. (Download der Arbeit, 38MB)
- Mikelskis, H./Lauterbach, R.: Energieversorgung durch Kernkraftwerke, IPN Curriculum Physik für das 9. und 10. Schuljahr. Klett, Stuttgart 1980 (2. Auflage), 228 S.
- Mikelskis, H./ Seifert, S./ Winter, R.: Der Computer - ein multimediales Werkzeug zum Lernen von Physik: Multimedia und Hypermedia im Physikunterricht - eine einführende Übersicht. *Physik in der Schule* 35, 6, 1997, S. 235 - 241
- Helmut F. Mikelskis/ Hans-Joachim Wilke: *Physik plus* Cornelsen Verlag Berlin
- Seifert, S./ Mikelskis, H./ Winter, R.: Der Computer - ein multimediales Werkzeug zum Lernen von Physik: Videoanalyse von Wurf- und Kreisbewegungen im Alltag mit CUPLE, VIDEOPOINT und EXCEL. *Physik in der Schule* 35, 9, 1997, S. 306 - 311
- Seifert, S./Mikelskis, H./ Winter, R.: Der Computer - ein multimediales Werkzeug zum Lernen von Physik: Videoanalyse von Schlag- und Stoßvorgängen im Sport mit VIDEOPOINT und DAVID. *Physik in der Schule* 35, 10, 1997, S. 352 - 356
- Mikelskis, H.: Der Computer - ein multimediales Werkzeug zum Lernen von Physik: Multimedia- und Internetlernen im Physikunterricht? *Physik in der Schule* 35, 12, 1997, S. 434 - 437
- Mikelskis, H.: Physik lernen mit interaktiver Hypermedia: Eine empirische Pilotstudie. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. Kiel 1999, S.63-74

## Technik in der Primarschule – Materialentwicklung und Evaluation

### Technische Bildung in der Schweiz

Technische Bildungsinhalte werden, auch im Hinblick auf Anforderungen an Scientific Literacy (OECD, 2000, S. 76) in einer zunehmend durch Naturwissenschaft und Technik bestimmten Welt als unverzichtbare Elemente einer zeitgemäßen Allgemeinbildung und Grundlage gesellschaftlicher Teilhabe angesehen. Im neuen Lehrplan 21 für die Primarstufe innerhalb des Schulfachs NMG ist Technik u.a. im Kompetenzbereich «Technische Entwicklungen und Umsetzungen erschließen, einschätzen und anwenden» (Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz, 2014) verankert. Auch andere Kompetenzbereiche haben einen engen Bezug zu technischen Bildungsinhalten.

Für die Umsetzungspraxis trifft zu, dass Technik im Sachunterricht der Primarstufe als Inhalt oft zu kurz kommt. Resultate des MINT-Nachwuchsbarometers (2014) belegen, dass die Technikförderung von Kindern und Jugendlichen bislang ungenügend ist. Das Schulfach Technisches Gestalten, das in der Schweiz eine lange Tradition hat, ist oft einseitig als Werken mit einem Fokus auf Handfertigkeiten ausgerichtet; der Erwerb von technischem Verständnis mittels forschend-entdeckendem Lernen erfordert hingegen einen grundlegenden Erwerb von technischen Kompetenzen (de Vries, 2006). Technische Bildung und Technikdidaktik sind bisher in der Schweiz - im Gegensatz zu anderen OECD-Staaten - als Forschungsfeld bzw. als Wissenschaft wenig entwickelt (Labudde, 2010).<sup>1</sup> Grundlegende Fragen, wie u.a. die Frage danach, was Technikunterricht auf der Primarstufe leisten kann und welches Interesse Kinder im Primarschulalter an Technik aufweisen, konnten bisher noch nicht zufriedenstellend beantwortet werden.

### Strategische Initiative EduNaT und Technikprojekt Primarstufe

Im Rahmen eines Technikprojekts mit Fokus auf die Primarschule haben Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der PH, der Hochschule für Technik und der Hochschule für Gestaltung und Kunst gemeinsam mit Lehrpersonen Unterrichtsmaterialien zum Themenfeld «Verbindungselemente und Verbundkonstruktionen» für die Primarstufe entwickelt. Das Projekt findet im Rahmen der Strategischen Initiative «EduNaT» der FHNW statt. Die Strategische Initiative EduNaT will insbesondere die technische Bildung im Allgemeinen und die Technikdidaktik im Speziellen als Forschungsfelder und Wissenschaften in der Schweiz professionalisieren, die Kompetenzen, das Wissen und die Selbstkompetenz von Lehrpersonen aller Schulstufen in Naturwissenschaften und Technik steigern, die Hochschulkultur und (interdisziplinäre) Lehre im naturwissenschaftlich-technischen Bereich an der FHNW analysieren und weiterentwickeln, gendergerechte Zugänge zu Naturwissenschaften und Technik für alle Altersstufen erschließen und u.a. in

---

<sup>1</sup> Es gibt erst wenige Projekte, die gezielt Abhilfe schaffen möchten und beabsichtigen, eine lebendige Technikdidaktik zu fördern. Dies sind u.a. das Unterrichts- und Schulentwicklungsprojekt SWiSE (Swiss Science Education / Naturwissenschaftliche Bildung Schweiz; [www.swise.ch](http://www.swise.ch)), der Zertifikatskurs „Naturwissenschaftliche Bildung für 4- bis 11-jährige Kinder“ (Labudde, 2013), unregelmäßige Aktivitäten von Hochschulen, z.B. Techniktage für Lehrpersonen und Schulen, Projekte zu spezifischen Basiskonzepten, z.B. „Science on table: the sun“ (Projekt Heliophysik, <http://scienceonatable.org/>) und fachdidaktische Angebote der FHNW im Rahmen der „Science Days“, Rust, einem naturwissenschaftlich-technischen Science Festival für Kinder, Jugendliche und Erwachsene (Science Days, <http://www.science-days.de/>).

Studiengängen der FHNW umsetzen und MINT als Kulturgut in der Gesellschaft aufwerten sowie sicht- und begreifbar machen.

Die Materialien zum Thema «Verbindungselemente und Verbundkonstruktionen» für die Primarstufe wurden nach der Entwicklung von Primarschülerinnen und -schülern u.a. im Rahmen von Workshops ausprobiert. Die Workshop-Stationen wurden jeweils unter dem Aspekt erwartbar maximal kontrastierender Aufgaben bzw. Problemstellungen konzipiert. U.a. wurde den Kindern an einer Station ein stummer Technikfilm gezeigt, in dem das Eindrehen einer Schraube in einen Dübel demonstriert wird und wurden die Kinder gefragt, was hier passiert. An einer anderen Station bekamen die Kinder die Aufgabe gestellt, Wasser aus einem Tank in einen zweiten, leeren Tank zu leiten, wobei sie Schläuche und Verbindungsmaterialien zur Verfügung gestellt bekamen. Eine weitere Station lud die Kinder ein, verschiedene Klettmaterialien u.a. mit Lupen zu erkunden und aus Zehenschaumstoff ein Klettstoff-Modell zu bauen. Wiederum eine andere Station bot die Möglichkeit, ein Druckknopfmodell zu erkunden und anschliessend ein Druckknopfarmband zu konstruieren. Es gab auch eine Station, an der mit Hilfe von Bostitch, Schrauben, Klebstoffen, Drähten etc. eine Trinkflaschenhalterung aus Papier designed und realisiert werden konnte. An einer weiteren Station konnte unter Anwendung des Verfahrens des Holzgewindeschneidens ein Nussknacker gebaut werden. Es konnte auch ein Korb geflochten werden und an einer weiteren Station ein Reissverschluss untersucht und ein Reparaturzipper eingesetzt werden. Blockhäuser als Modelle sowie ein Wasserrad konnten an zwei weiteren Stationen gebaut werden. An einer Station wurden den Kindern Holzleisten, -stifte und Gummis zur Verfügung gestellt und sie aufgefordert, mit diesem Material eine Wäscheklammer zu konstruieren. Die Kinder hatten auch die Gelegenheit, sich verschiedene Wäscheklammern anzusehen und diese zu betätigen und zu untersuchen.

Die Kinder wurden an den Stationen gefilmt. Die Filme sollen Auskunft darüber geben, wie die Primarschülerinnen und -schüler an technische Probleme herangehen, welche Möglichkeiten und Zugänge sie nutzen und wie sie von Pädagogen und Pädagoginnen beim neugierigen Erschließen unterstützt werden können. Die Filmsequenzen wurden als explorative Einzelfallstudien mittels fallrekonstruktiv-hermeneutischem Verfahren auf zugrunde liegende Prinzipien (Strukturen, Regeln, Gesetzmäßigkeiten) hin untersucht. Im Unterschied zu inhaltsanalytischen Verfahren werden die Daten nicht unter ein Kategoriensystem subsumiert. Ziel von Fallrekonstruktionen ist es vielmehr, Fallstrukturen als Muster spezifischer Entscheidungen der zu analysierenden Lebenspraxis (Individuum, Organisation, Vergemeinschaftung o.ä.) zu erschließen. Um den prozessualen Charakter sozialen Handelns erfassen zu können, werden die Daten sequentiell vor dem Hintergrund der möglichen Optionen der Akteure daraufhin untersucht, welche tatsächlichen Realisierungen vorliegen (=Sequenzanalyse). Zudem wurden die Lehrpersonen mittels Fragebogen zum Workshop befragt.

### **Ergebnisse**

Bezogen auf die Lehrpersonen kommt das Projekt u.a. zu folgenden Ergebnissen:

- Manche der Lehrpersonen zeigten sich erstaunt darüber, dass die Kinder mit relativ wenig Intervention und Instruktion auskamen bzw. trotz dieses vereinbarten Rahmens ausdauernd und motiviert arbeiteten.
- Viele Lehrpersonen fühlten sich durch den ebenfalls vereinbarten Beschluss wohl, den Kindern nicht bestimmte Konzepte (z.B. formschlüssig, kraftschlüssig, stoffschlüssig) oder Fachbegriffe beibringen zu müssen, sondern die Kinder im weitgehend selbstbestimmten Erkunden zu unterstützen.
- Die Einstellung, es sei legitim, nicht alles erklären zu können und wissen zu müssen, entlastete die Lehrpersonen nach eigenen Angaben erheblich.

- Eigene Neugier zu haben oder wiederzuentdecken wird von den Lehrpersonen als wichtig erachtet, um sich und die Kinder für die Sache begeistern zu können.
- In der frühen Technikdidaktik sollte laut Meinung der beteiligten Lehrpersonen der Schwerpunkt auf Erfahrung und Rekonstruktion als wichtigen Erkenntnisgewinnungsprozessen liegen.

Bezogen auf die Bildungsprozesse der Kinder kommt das Projekt zu folgenden Ergebnissen:

- Die Kinder nutzten die Gelegenheit, etwas selbst herauszufinden, sehr kreativ und sehr individuell, sie waren sehr konzentriert und achtsam bei der Arbeit.
- Die Kinder erschlossen am häufigsten auf der Basis von Vergleichen und Analogien.
- Die Bildungsprozesse der Kinder schienen wesentlich begünstigt durch ein Erschließen auf der Basis sinnlich-ästhetischer Wahrnehmung und handelndes sowie dialogisches, sozial-kooperatives Erschließen zu sein und wenn die Inhalte an die Lebenswelt der Kinder anknüpften.
- Die Kinder nutzten vielfältige Interaktionswege, u.a. abschauen, nachahmen, trial and error, Dialog und sie machen von einer multiperspektivischen Weltwahrnehmung Gebrauch.
- Die Rekonstruktionsprozesse der Kinder waren besonders erfolgreich, wenn etwas kognitiv statt metakognitiv sowie konkret-logisch statt abstrakt-logisch erschließbar war.

### **Schlussfolgerungen**

Einige wichtige Schlussfolgerungen des Projekts lauten:

- Authentische Problemstellungen (echte Rätsel) fördern die Kreativität. Erfahrungen machen Menschen in der Masse, in der Krisen ausbrechen, die es gilt, zu bewältigen (vgl. Oevermann, 1996). Neugierde entwickelt sich in der Masse, in der einem Menschen ermöglicht wird, Erfahrung zu sammeln.
- Nicht Vermittlungsorientierung, sondern Interesse an den Äußerungen der Kinder bzw. an den Ideen und Vorschlägen des jeweiligen Gegenüber und entsprechende Dialoge sowie ein authentischer Umgang miteinander fördert die Erschließungstätigkeit.
- Erschließung auf der Primarstufe braucht als Basis die Möglichkeit sinnlicher Wahrnehmung (vgl. Geiss & Schumann, 2015) und handelnden Erschließens (vgl. Parchmann, Demuth & Ralle, 2000)
- Kreativität und Erschließungsprozesse brauchen Zeit (Muße).

Es blieben im Projekt bisher auch Fragen offen, z.B. die Frage, in wie weit Kinder der Primarschule in der Lage sind, Modelle als solche zu identifizieren bzw. zu deuten und mit Hilfe von Modellen etwas über die Realität zu erfahren (Beispiele aus den Workshops: Reissverschlussmodell, Druckknopfmodell, Klettstoffmodell). Ebenso bleibt vorerst die Frage offen, wie Pädagoginnen und Pädagogen mit den sehr häufig auftretenden Vergleichs- und Analogieschlüssen der Kinder umgehen können bzw. sollten (ein Beispiel für eine Äusserung im Modus des Analogieschliessens stellt folgende Aussage eines Mädchens bezogen auf die Funktionsweise von Dübel und Schraube dar: „Aha. Das ist so, wie wenn man einen Stein ins Wasser wirft. Da geht das Wasser dann auch zur Seite“, Protokoll Dübel, Audioaufnahme, 160601-001.wav, 15:59ff.).

**Literatur**

- Deutscheschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (2014). Lehrplan 21. Natur, Mensch, Gesellschaft. Kompetenzaufbau 1./2. Zyklus. [www.lehrplan.ch](http://www.lehrplan.ch) [05.12.2014]
- de Vries, M. J. (2006). Teaching about technology: an introduction to the philosophy of technology for non-philosophers. Dordrecht: Springer.
- Geiss, R.; Schumann, S. (2015). Orientierung als ein Anspruch des Sachunterrichts. Wie kann Sachunterricht in der Grundschule Kindern zu Orientierung verhelfen? [www.widerstreit-sachunterricht.de](http://www.widerstreit-sachunterricht.de), Beiheft Nr. 21, 2015. 32 S.
- Labudde, P. (2010). Den Naturwissenschaftsunterricht analysieren, modellieren und neu denken. Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften 32 (3), 371-391.
- Labudde, P. (2013). Naturwissenschaftliche Bildung für 4- bis 11-jährige Kinder. In Peschel, M.; Favre, P.; Mathis, C. (Hrsg.), SaCHen unterriCHten. Beiträge zur Situation der Sachunterrichtsdidaktik in der deutschsprachigen Schweiz. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 111-124.
- MINT-Nachwuchsbarometer (2014). Herausgegeben von der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften und der Körber-Stiftung. München und Hamburg. Verfügbar unter URL: [http://www.koerber-stiftung.de/fileadmin/user\\_upload/allgemein/schwerpunkte/2014/wissenschaft/mint-nachwuchsbarometer/MINT\\_Nachwuchsbarometer\\_2014\\_Vollversion.pdf](http://www.koerber-stiftung.de/fileadmin/user_upload/allgemein/schwerpunkte/2014/wissenschaft/mint-nachwuchsbarometer/MINT_Nachwuchsbarometer_2014_Vollversion.pdf), Stand 08.02.2015.
- OECD (2000). Lernen für das Leben. Erste Ergebnisse der internationalen Schulleistungsstudie PISA 1999. Paris: OECD.
- Oevermann, U. (1996). Krise und Muße. Struktureigenschaften ästhetischer Erfahrung aus soziologischer Sicht. Vortrag am 19.6. in der Städel Schule, Frankfurt am Main. Unveröffentl. Manuskript. Verfügbar unter URL: <http://www.agoh.de/cms/de/downloads/uebersicht/oeffentlich/oevermann/Oevermann-Ulrich-Krise-und-Mu%C3%9Fe-Struktur-eigenschaften-%C3%A4sthetischer-Erfahrung-aus-soziologischer-Sicht-%281996%29/>, Stand 04.09.2011.
- Parchmann, I.; Demuth, R. & Ralle, B. (2000). Chemie im Kontext - eine Konzeption zum Aufbau und zur Aktivierung fachsystematischer Strukturen in lebensweltorientierten Fragestellungen. MNU 53/3, 132-137.

Jeremias Weber<sup>1</sup>  
 Jan Winkelmann<sup>1</sup>  
 Roger Erb<sup>1</sup>  
 S. Franziska C. Wenzel<sup>1</sup>  
 Mark Ullrich<sup>1</sup>  
 Holger Horz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Goethe-Universität Frankfurt

## Ein Fachwissenstest zur geometrischen Optik

### Motivation: Experimente im Physikunterricht

Bereits Duit und Wodzinski (2010) berichten, dass das Experimentieren einen hohen Anteil der Unterrichtszeit in Anspruch nimmt wobei Schülerexperimente (Duit & Wodzinski, 2010, S. 1), vor allem sogenannte „Kochbuch“-Experimente („‘cook-book‘ list of tasks“, Hofstein & Lunetta, 2004, S. 47), dominieren. Hofstein und Lunetta (2004) fordern daher einen stärkeren Fokus auf fragengestütztes Experimentieren, welches auch heterogene Lerngruppen motiviert, berichten aber von widersprüchlichen Ergebnissen zur Frage, ob Demonstrations- oder Schülerexperimente den Lernerfolg der Lernenden besser unterstützen.

### Bisherige Vorarbeiten

In einer Studie von Winkelmann (2015) wurden verschiedene Experimentiersituationen (Demonstrationsexperiment, Schülerexperiment „Kochbuch“, Schülerexperiment „Guided“) auf ihren Einfluss auf den Lernerfolg hin untersucht. Mehrere Unterrichtsreihen behandelten jeweils eine der genannten Experimentiersituationen. Sie unterschieden sich im Grad der Anleitung des Experiments (während Planung und Durchführung) sowie darin, wer handelnde bzw. ausführende Person war. Alle drei Experimentiersituationen hatten einen signifikant positiven Effekt auf das Fachwissen, es konnte aber kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Situationen gefunden werden. Dagegen wurde eine hochsignifikante, wenn auch kleine Wechselwirkung zwischen durchführender Lehrkraft und Situation sichtbar. Auch wurde festgestellt, dass leistungsschwache und -starke Schülerinnen und Schüler einen Vorteil in stark angeleiteten Situationen („Kochbuch“) haben, während Schülerinnen und Schüler mittlerer Fähigkeit vom weniger stark angeleiteten Experimentieren („Guided“) profitierten. Winkelmann vermutet abschließend, dass „sich das (selbstständige) Experimentieren auf andere Facetten des Unterrichts gravierender ausübt“ (Winkelmann, 2015, S. 134).

### Vorstellung der Studie zur Kompetenzmessung und Kompetenzförderung in leistungsheterogenen Lerngruppen im experimentierbasierten Physikunterricht (KoPhy-Studie)

#### *Forschungsfragen und Studiendesign*

Folgende Forschungsfragen wurden anhand der Vorarbeiten formuliert (Weber et al. 2016):

- 1.1 Wie wirken sich die bei Winkelmann (2015) unterschiedenen Experimentiersituationen im Physikunterricht auf die Entwicklung in den Bereichen „Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“ und auf das aktuelle Interesse der Schülerinnen und Schüler an Physik aus?
- 1.2 Welche Unterschiede zeigen sich in heterogenen Leistungsgruppen aufgrund der unterschiedlichen Experimentiersituationen im Physikunterricht in Bezug auf die Entwicklung in den Bereichen „Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“?
2. Welche Auswirkungen hat die Interaktion von Lehrercharakteristika und Experimentiersituation auf die Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schülern im Fach Physik?

Diese Forschungsfragen werden in der vom BMBF geförderten KoPhy-Studie beantwortet. Dafür werden wie bei Winkelmann (2015) unterschiedliche Unterrichtsreihen mit Fokus auf die verschiedenen Experimentiersituationen verwendet (vgl. Weber et al., 2016). Die KoPhy-Studie ist als Pre-Posttest-Studie angelegt, in der die Teilnehmerinnen und Teilnehmer an drei verschiedenen Testzeitpunkten befragt werden: Ein Pretest vor und ein Posttest nach der Unterrichtsreihe, sowie drei Follow-Up-Tests im Abstand von jeweils vier Wochen.

Für die Erhebung der Follow-Up-Tests wurde ein Planned-Missing-Design (Little und Rhemtulla, 2013) genutzt. Dabei nehmen die Schülerinnen und Schüler jeweils nur an einem von drei Follow-Up-Tests (also an drei von insgesamt fünf Testzeitpunkten) teil. Die geplante Stichprobengröße lässt dieses Vorgehen bei hoher zu erwartender Teststärke zu.

#### *Messinstrumente*

Im Pretest werden personenbezogene Daten sowie kognitive Leistungsfähigkeit (KFT-V3, -N2, Heller und Perleth, 2000) der Schülerinnen und Schüler erhoben. Während des Pretests werden die Lehrkräfte zu ihren Überzeugungen zum Physikunterricht und zur Physikwissenschaft befragt (Lamprecht, 2011), dadurch sollen Erkenntnisse für die zweite Forschungsfrage erhalten werden. Im Post-Test wird das aktuelle Interesse der Schülerinnen und Schüler durch eine, an den Physikunterricht adaptierte, Skala von Schulz (2011) erhoben. Dies soll Hinweise auf die Auswirkung verschiedener Experimentiersituationen auf eine Motivationssteigerung der Lernenden geben.

Der Stand in den Bereichen Fachwissen und Erkenntnisgewinnung wird zu allen Testzeitpunkten gemessen, wodurch auch nichtlineare Veränderungen der Kompetenzen erfasst werden. Für den Bereich Erkenntnisgewinnung werden dabei Itemsets aus dem Test zur prozessbezogenen naturwissenschaftlichen Grundbildung von Glug (2009) genutzt, die bereits nach der Item-Response-Theorie modelliert sind (IRT, van der Linden & Hambleton, 2013). Für den Bereich Fachwissen wird auf einen Test von Winkelmann (2015) zurückgegriffen, dessen Überarbeitung, Erweiterung und Rasch-Skalierung im Folgenden vorgestellt wird.

#### **Konzeption und Implementierung eines Fachwissenstests**

Die Schritte zur Konzeption eines Fachwissenstests werden im Folgenden vorgestellt:

##### *Schritt 1: Reanalyse existierender Items*

Winkelmann (2015) setzte in seinen Studien insgesamt 44 Items zur „Geometrischen Optik“ ein, wobei 20 Items an einer Stichprobe von 527 und weiter 24 Items in einer weiteren Studie bei insgesamt 424 Schülerinnen und Schülern zur Messung des Fachwissens genutzt wurden. Die von Winkelmann erhobenen Daten wurden unter Nutzung eines Rasch-Modells reanalysiert, Itemschwierigkeiten skaliert und Personenfähigkeit geschätzt.

Die Items wurden hinsichtlich psychometrischer Kriterien auf ihre Eignung für einen Einsatz im Rahmen der KoPhy-Studie hin geprüft. Dies waren die Passung der einzelnen Items zum Rasch-Modell (Itemfit), die Trennschärfe (Korrelation Itemscore zu Testscore) und Effekte von Geschlecht oder Schulnote (in Mathematik und Deutsch) auf die Lösungswahrscheinlichkeit einzelner Items (differentielles Itemfunktionieren, DIF, nach Osterlind & Everson, 2009). Insgesamt wurden aus den beiden Itempools 33 Items selektiert. Da diese 33 Items eher einem höheren Schwierigkeitsspektrum zuzuordnen waren und für die Nutzung an mehreren Messzeitpunkten in der Hauptstudie ein größerer Itempool benötigt wurde, wurden der vorhandenen Items von einer Expertengruppe 30 weitere Items entwickelt. Diese Items, 18 erprobte Items (zur Verknüpfung der Ergebnisse der Pilotstudie mit denen der Reanalyse) und 3 überarbeitete Items wurden anschließend im Zuge einer Pilotstudie kalibriert.

*Schritt 2: Pilotstudie*

Um für die Pilotierung der insgesamt 51 erprobten, neuen oder überarbeiteten Items eine genügend große Stichprobe bei möglichst geringer zeitlicher Belastung der Teilnehmenden zu gewährleisten wurde ein balanciertes unvollständiges Testheftdesign (z. B. Frey, Hartig, & Rupp, 2009) verwendet. Dabei bekommen einzelne Teilnehmende jeweils nur einen Teil der Items zur Bearbeitung vorgelegt. Es wurden 13 Testhefte erstellt, wobei jedes ca. 15 Items enthielt und nicht mehr als 15 Minuten Bearbeitungszeit erforderte. An der Pilotstudie nahmen Schülerinnen und Schüler und Lehramtsstudierende der Universitäten Köln und Frankfurt teil, wodurch ein breites Leistungsspektrum der Teilnehmenden abgedeckt wurde. Insgesamt wurde der Test von 301 Personen bearbeitet. Die Items wurden dann, äquivalent zum beschriebenen Vorgehen im Zuge der Reanalyse in Schritt eins, skaliert und selektiert. Als Resultat des ersten und zweiten Arbeitsschritts lagen 60 Items vor, die zur Erfassung des Fachwissens im Bereich der „Geometrischen Optik“ geeignet erschienen.

*Schritt 3: Erstellung eines Tests für die Erfassung des Fachwissens über drei Messzeitpunkte*

Für jeden Messzeitpunkt (Pretest, Posttest, Follow-Up-Test) soll in der KoPhy-Studie ein Teil der erprobten Items, nicht aber identische Tests, eingesetzt werden. Nur ein Teil der Items (sogenannte Ankeritems) wiederholt sich tatsächlich über die Messzeitpunkte und erlaubt so die Verknüpfung aller vorgelagerten Test bzw. deren Ergebnisse miteinander. In diesem Sinne wurden zwölf Itembündel mit je vier Items zusammengestellt. Darunter sind drei Ankeritembündel, die jeweils einen breiteren Bereich der Itemschwierigkeit abdecken. Dazu kommen neun messzeitpunktspezifische Bündel, die jeweils einen schmalen Bereich der Itemschwierigkeiten abdecken und nur an einem Messzeitpunkt zum Einsatz kommen. Für jeden Messzeitpunkt wurden Testhefte aus insgesamt 16 Items erstellt. Dabei enthält jedes Testheft ein bis zwei Ankeritembündel und zwei bis drei messzeitpunktspezifische Bündel. Die Schwierigkeit der Testhefte für die Zeitpunkte wurde dabei an die erwartete Fähigkeit angepasst: Während für den Pretest eher leichte Itembündel gewählt wurden, wurden beim Posttest schwierige Itembündel genutzt. Pro Messzeitpunkt wurden fünf Testhefte entsprechend eines balancierten unvollständigen Testheftdesigns (Youden Square, Giesbrecht & Gumpertz, 2004) erstellt, um Reihenfolgeeffekte möglichst auszuschließen. Die Bearbeitungszeit der Fachwissensitems wird so pro Messzeitpunkt bei nur etwa 20 Minuten liegen und trotzdem eine änderungssensitive und reliable Erfassung des Fachwissens ermöglichen.

**Zusammenfassung und Ausblick**

Um die oben formulierten Forschungsfragen beantworten zu können, sind erprobte, objektive und reliable Messinstrumente nötig, um valide Testwertinterpretation zu ermöglichen. Während im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung oder zur Erfassung der kognitiven Fähigkeit, bereits etablierte und geprüfte Instrumente vorliegen und genutzt werden können, musste im Bereich Fachwissen für die Geometrische Optik erst ein Testinstrument (weiter)entwickelt werden. Letztlich soll nach Abschluss der KoPhy-Studie ein reliables Messinstrument zur Verfügung stehen, welches in großem Umfang (ca. 2000 Schülerinnen und Schüler) erprobt und skaliert ist. Dieses Messinstrument kann bei weitergehenden Forschungsfragen eine Hilfe sein und könnte auch im Kontext von Large-Scale-Assessments (großangelegten Vergleichsstudien, wie beispielsweise PISA) eingesetzt werden.

Die Daten der befragten Schülerinnen und Schüler werden im weiteren Verlauf der KoPhy-Studie unter anderem mehrerebenen-analytisch ausgewertet, sowohl die Auswirkungen der Experimentiersituationen und insbesondere auch die Wechselwirkungen zwischen Experimentiersituation und fachspezifischen Überzeugungen der Lehrkräfte zu untersuchen.

## Literatur

- Duit, R., & Wodzinski, C. T. (2010). Merkmale guten Physikunterrichts. In: Duit, R. (Hrsg.). Piko-Briefe. Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst. IPN Kiel. Abgerufen von: <http://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf>
- Frey, A., Hartig, J. & Rupp, A. (2009). Booklet designs in large-scale assessments of student achievement: Theory and practice. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 28, 39-53.
- Giesbrecht, F. G., & Gumpertz, M. L. (2004). Planning, construction, and statistical analysis of comparative experiments. Hoboken, NJ: Wiley.
- Glug, I. (2009). Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung. Kiel: IPN.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (KFT 4-12+R). Göttingen: Beltz Test GmbH.
- Lamprecht, J. (2011). Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.). *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Band 125. Berlin: Logos Verlag.
- Little, T. D., & Rhemtulla, M. (2013). Planned Missing Data Designs for Developmental Researchers. *Child Development Perspectives*, 7, 199–204. doi:10.1111/cdep.12043
- Muth, L., & Erb, R. (2016). Einfluss der Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht auf den Fachwissenszuwachs und die experimentelle Kompetenz von Schülerinnen und Schülern. In: *PhyDid B – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in Hannover*. (in Druck)
- Osterlind, S. J. & Everson, H. T. (2009). *Differential item functioning* (Vol. 161). Sage Publications.
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50 (1), 85-129.
- Schulz, A. (2011). Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht: Eine Videostudie. In: H. Niedderer, H. Fischler, & E. Sumfleth (Hrsg.). *Studien zum Physik und Chemielernen*. Band 113. Berlin: Logos Verlag.
- van der Linden, W. J. & Hambleton, R. K. (Eds.). (2013). *Handbook of modern item response theory*. Springer Science & Business Media.
- Winkelmann, J. (2015). Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht. In H. Niedderer, H. Fischler, & E. Sumfleth (Hrsg.). *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Band 179. Berlin: Logos Verlag.
- Weber, J., Winkelmann, J., Erb, R., Wenzel, S. F. C., Ullrich, M., & Horz, H. (2016). Entwicklung von Messinstrumenten zum Kompetenzzuwachs anhand von Modellen der IRT. In: *PhyDid B – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in Hannover*. (in Druck)

## Interviews mit Physik-Gymnasiallehrkräften zum Computereinsatz

### Motivation

PC, Laptop, Tablet und Smartphone sind heutzutage in Deutschland Standardmedien. Fast jeder Jugendliche hat ein solches Gerät täglich zur Hand (Feierabend, Plankenhorn & Rathgeb 2015). Dennoch zweigen internationale Studien wie etwa ICILS 2013 (Bos et al. 2014) oder Survey of Schools (Europäische Kommission 2013), dass Deutschland bezüglich des Computereinsatzes (im Folgenden CE) im Unterricht im Vergleich mit anderen europäischen Ländern im unteren Mittelfeld liegt. Speziell für den Physikunterricht ergeben sich aber durch den CE viele Möglichkeiten zur Ergänzung des herkömmlichen Unterrichts.

Die letzten Erhebungen zur Quantität des CEs im Physikunterricht fanden 2009 statt (Pietzner 2009; Wilhelm & Trefzger 2010). Aktualisiert wurden die Daten von Wenzel & Wilhelm (2015). Demnach gibt es große Unterschiede in der Ausstattung zwischen den Schulen. Nach medienpädagogischen Erkenntnissen beeinflusst nicht nur die Ausstattung sondern im Wesentlichen auch die Einstellung der Lehrkräfte die Implementation Neuer Medien in den Schulalltag (Eickelmann 2011). Es ist also notwendig, bisherige Erfahrungen sowie Erwartungen und Befürchtungen der Physiklehrkräfte genauer zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden Physikgymnasiallehrkräfte interviewt.

### Erhebung

Die geführten Interviews sind in eine Untersuchung eingebunden, in der die Frage behandelt wird, ob der Besuch im Schülerlabor für Lehrkräfte prinzipiell als indirekte Lehrerfortbildung dienen kann. Sie fanden im Goethe-Schülerlabor Physik statt, das einen Schwerpunkt auf den CE im Zusammenhang mit Experimenten legt. Die begleitende Lehrkraft nimmt eine Beobachterrolle ein und wurde nach zwei Stunden anhand eines Leitfadens befragt.

Im Zeitraum vom Herbst 2014 bis Frühjahr 2015 wurde unabhängig von den Interviews in einer Fragebogenstudie erhoben, welche Einstellungen Lehrkräfte zum CE im Physikunterricht aufweisen. Dabei wurden per Faktorenanalyse sechs Faktoren zur Einstellung (weiterentwickelt nach Wenzel & Wilhelm 2016) und per Clusteranalyse verschiedene Lehrertypen gefunden. Mithilfe der Interviews sollten diese Faktoren weiter ausdifferenziert werden.

### Kodiermanual und Ergebnisse

Für das Kodiermanual wurden aus den Items des Fragebogens, die die einzelnen Faktoren bilden, deduktiv-induktiv zu jedem Faktor eine Kategorienbeschreibung für die Interviewkodierung entwickelt. Mit diesem Kodiermanual wurden anschließend die  $N = 14$  Interviews, die mit den Lehrkräften geführt wurden, satzweise kodiert. Dabei sollte möglichst keine Mehrfachkodierung stattfinden. Eine Zweitkodierung zweier Interviews diente zur Gütebestimmung, für das mit  $\kappa_n = 0,658$  nach Brennan & Prediger (1977) eine gute Qualität festgestellt werden kann. Anschließend wurden die kodierten Textstellen zur besseren Lesbarkeit und Verständlichkeit paraphrasiert. Aus den Paraphrasen ließen sich deduktiv Subkategorien erstellen. Ergänzt wurden die sechs Kategorien durch eine siebte, die den CE im Schülerlabor betrifft. Neben den Kategorien werden in den Tabellen die Subkategorien und in Klammern die Zahl der Lehrkräfte genannt, die Aussagen in dieser Subkategorie getätigt haben, wobei hier nur Aussagen wiedergegeben werden, die mindestens dreimal vorkamen.

#### *1. Kategorie: Computerbezogenes Selbstbewusstsein*

Die Person schätzt ihr Wissen und Können in Bezug auf den CE allgemein ein. Sie berichtet

von Dingen, die außerhalb des Unterrichts mit dem Computer getan werden. Sie beschreibt ihre eigene Sicherheit/Unsicherheit im Umgang mit dem Computer und Gründe dafür. Es geht in dieser Kategorie eher um affektive Aspekte/Äußerungen und neutrale Fähigkeits-selbsteinschätzungen der Person. (Bsp.: „Da ham sie dann auf falschen Taste gedrückt und dann hat sich alles abgestürzt und es hat sich alles gelöscht und was mach ich jetzt.“)

<i>Generelle Einstellung</i>	<i>Chancen des CE</i>	<i>Probleme beim CE</i>
Wissen zum Computer, Fakten und Können (11) Allgemeine Einschätzung (9) Offen für Neues (6) Generationensache (5) Positive Meinung (4) Quantität des CE (3)	CE ist Erleichterung (9) Computer kein Hindernis (7) eigene Sicherheit im Umgang mit dem Computer (5) Vorteile des CE (5)	persönliche Unsicherheit (9) Zeitaufwand (7) Probleme mit Programmen allgemein (6) aufwändige Vorbereitung (5) Unwissenheit; Probleme bei Kollegen; Probleme mit Hardware (je 4)

Wie im Beispiel angedeutet haben die Lehrkräfte oft das Problem, nicht zu wissen, wie sie souverän auf plötzliche Probleme reagieren sollen. Meistens konnten sie dazu Praxiserfahrungen schildern, die sie nachhaltig abgeschreckt haben. Hier müssten in Fortbildungen positive Erfahrungen gemacht und dem entgegengestellt werden.

### 2. Kategorie: Computer im aktuellen Physikunterricht

Die Person sagt, ob es didaktische/methodische Gründe für bzw. gegen den CE im Physikunterricht überhaupt gibt und ob sie diese für nachvollziehbar hält. Sie nennt Ziele des aktuellen CEs im Physikunterricht. Über allem steht die Frage „Was will ich erreichen?“ in dieser Kategorie geht es eher um kognitive/rationale Aspekte: Glaubt die Person, dass der CE aus didaktischen Gründen sinnvoll ist? (Bsp.: „Und für manche ist alleine schon die Darstellung und die Arbeit mit dem Computer abschreckend.“)

<i>Gründe für CE</i>	<i>Gründe gegen CE</i>
CE erweitert die Möglichkeiten (12) Synergieeffekte durch CE beim Experimentieren (7) SuS sollen Umgang mit Computer lernen (7) Zeitersparnis (6) Erleichterung für Schüler (4) Schüler sind Umgang mit Computern gewohnt (4) CE motiviert (3)	CE unnötig; Zeitaufwand (je 7) CE schreckt Schüler ab (5) Experimente sind besser als CE (4) Mangelnde Ausstattung (4) Verständnis bleibt auf der Strecke (4) Schüler Arbeiten ohne zu denken (4) CE lenkt Fokus weg vom Experiment (3) Intransparenz/Black Box (3) Computer ist nicht zuverlässig (3)
<i>Einsatzmethode</i>	<i>Ziele des CE</i>
(konkrete) Einsatzmöglichkeiten (10) CE in Schülerhand (10) Computer ist Werkzeug (6)	Veranschaulichung (13) Computer erleichtert das Verständnis (8)

Für Lehrkräfte, die den Computer nur sporadisch im Unterricht einsetzen wollen, steht der Zeitaufwand für dessen Einführung stärker im Vordergrund als die Ersparnis bei wiederholter Anwendung.

### 3. Kategorie: Zukünftiger Nutzungswunsch

Die Person äußert sich zur Einbindung des Themas „Computer“ in Aus- und Fortbildung. Es wird ein Wunsch zur Quantität des CEs im zukünftigen Physikunterricht geäußert. Dabei können auch grundsätzliche Überzeugungen zum Stellenwert des Computers für die Zukunft der Schüler genannt werden (Wichtigkeit). Hier geht es auch um eine Idealvorstellung und Wünsche für eine mögliche Zukunft. (Bsp.: „Deswegen dazu würde ich mir dann auch schon nochmal weitere Fortbildungen wünschen.“)

<i>Wünsche</i>	<i>Einschätzung der Wichtigkeit</i>
Lehrkraft möchte mehr können (8)	Computer ist ein Alltagsgegenstand (5)
Lehrkraft will Computer häufiger nutzen (6)	Computer ist wichtig für die Gesellschaft (4)
Fortbildungen (6)	Computer ist wichtig für die Schüler (4)
CE im Schülerlabor ist hilfreich, Umsetzungswunsch (4)	
Lehrerausbildung (3)	

#### 4. Kategorie: Praktische Umsetzungskennnisse

Die Person kennt Methoden, den Computer im Physikunterricht einzusetzen. Sie äußert Ideen, was man mit dem Computer im Unterricht erreichen kann und dass sie Ziele mit dem CE verfolgt. In dieser Kategorie geht es darum, dass die Person bestimmte Dinge nennt, die sie im Physikunterricht mit dem Computer macht. Die Beschreibung bezieht sich darauf, „wie“ der Computer eingesetzt wird, nicht wieso. (Bsp.: „Ich mach's dann teilweise extern, dass die Schüler dann eben bei Videoanalysen eben entweder über 'ne Kamera oder ihr Smartphone nehmen.“) Die Aussagen zur Praxis decken sich mit Wenzel & Wilhelm (2015).

#### 5. Kategorie: Wirksamkeitserwartung

Die Person erklärt, ob und wie sich der CE im Physikunterricht auf dessen Qualität auswirkt. Sie äußert sich zu dessen Wirksamkeit. Die Äußerungen beschreiben die Einschätzung, wie es funktioniert, dass das was die Lehrkraft macht, den Unterricht verbessert. Hier wird eine Abstraktionsebene weiter gegangen als in der Kategorie „Computer im Physikunterricht“, weil hier die Erklärungen über den Wirkmechanismus CE → Unterrichtsqualität gegeben werden. Zu dieser Kategorie wurden im Interview keine Fragen gestellt.

#### 6. Kategorie: Ausstattung

Die Person trifft eine Aussage zur Ausstattung der eigenen Schule mit Computern (PCs, Laptops, Tablets, Smartphones und ähnlichem). (Bsp.: „Wir ham pro Raum einen Beamer, einen PC, eine Digitalkamera, also die so ELMOs heißen die, ich weiß nicht, wie sie jetzt richtig heißen.“) Hier ergaben sich folgende Subkategorien: Konkrete Angaben (14), Probleme mit der Ausstattung (11), Qualität (5), Wünsche (4), Allgemeine Aussagen (3).

#### 7. Kategorie: Computereinsatz im Schülerlabor

Die Person äußert sich zum CE im Schülerlabor. Es werden Vor- und Nachteile genannt und Vergleiche zur eigenen Unterrichtspraxis werden gezogen. (Bsp.: „Also man hat ja das Experiment durchgeführt, hat eben das Video dazu aufgenommen und dann ausgewertet eben über den Computereinsatz.“)

<i>Allgemein</i>	<i>Übertragbarkeit auf Unterricht</i>
Beschreibung des CE (13)	CE aus Schülerlabor ist nicht vollständig übertragbar auf PU (5)
CE ist angebracht (13)	Unterschiede zur Schule (4)
Positives beim Arbeiten der Schüler (9)	Lehrkraft hält Übertragung für machbar (4)
Zusammenspiel Experiment & CE (8)	Lehrkraft hat Ideen, CE aus Schülerlabor zu übertragen (3)
Verbesserungsvorschläge (7)	Gemeinsamkeiten zum Unterricht (3)
Lehrperson ist beeindruckt (6)	Probleme (3)
Probleme beim Arbeiten der Schüler (5)	
Vorteile des CE; Betreuung (je 3)	

In Bezug auf die Ausgangsfrage zeigen die Interviewergebnisse, dass die Übertragbarkeit des CE aus dem Schülerlabor in den Unterricht nicht vollständig möglich ist. Allerdings nehmen einige Lehrkräfte das Gesehene als Best-Practice-Beispiel wahr und sagen, dass sie einzelne Aspekte gerne umsetzen würden. Es gilt also an dieser Stelle weitere Hürden abzubauen.

**Literatur**

- Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M., Schulz-Zander, R. & Wendt, H. (Hrsg.) (2014). ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich, Münster, Westf. Waxmann.
- Brennan, R.L. & Prediger, D.J. (1977). Coefficient kappa. Some uses, misuses, and alternatives, Iowa City, Iowa: Research and Development Division, American College Testing Program.
- Eickelmann, B. (2011). Supportive and hindering factors to a sustainable implementation of ICT in schools. *Journal for educational research online*, 3(1), 75–103.
- Europäische Kommission (2013). Survey of schools. ICT in education : benchmarking access, use and attitudes to technology in Europe's schools, Luxembourg: Publications Office.
- Feierabend, S., Plankenhorn, T. & Rathgeb, T. (2015). JIM 2015 Jugend, Information, (Multi-) Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland. [http://www.mpfs.de/fileadmin/JIM-pdf15/JIM\\_2015.pdf](http://www.mpfs.de/fileadmin/JIM-pdf15/JIM_2015.pdf) (28.9.2016).
- Pietzner, V. (2009). Computer im naturwissenschaftlichen Unterricht - Ergebnisse einer Umfrage unter Lehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 47–67.
- Wenzel, M. & Wilhelm, T. (2015). Erhebung zum Einsatz Neuer Medien bei Physik-Gymnasiallehrern. In Groetzebauch, H. & Nordmeier, V. (Hrsg.), *PhyDid B – Didaktik der Physik. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Wuppertal 2015*.
- Wenzel, M. & Wilhelm, T. (2016). Einstellung von Physik-Gymnasiallehrern zum Computereinsatz. In Maurer, C. (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Berlin 2015 (Band 36) (S. 214–216)*.
- 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.

## Erste Evaluation eines Unterrichtskonzepts auf Basis des Elektronengasmodells

### Motivation

Die Vorstellung vieler Schülerinnen und Schüler in der Sek I von Stromkreisen ist maßgeblich vom Strombegriff geprägt, während die Spannung von vielen lediglich als Eigenschaft des Stroms wahrgenommen wird (Stichwort „Stromspannung“) (Rhöneck, 1986). Dies ist nicht nur bedauerlich, weil die Spannung eine der physikalischen Größen darstellt, welche im Alltag der Schüler eine große Bedeutung haben, sondern auch, weil ohne die Spannung ein elementares Verständnis der Elektrizitätslehre unmöglich ist. Die Spannung ist allerdings keine einfache physikalische Größe, da sie die Differenz zweier Potenzialwerte darstellt und sich immer auf zwei Punkte in einem Stromkreis bezieht. Sie ist damit komplexer als das elektrische Potenzial, das einem Punkt bzw. einem Leiterabschnitt zugeordnet werden kann. Paradoxe Weise wird aber von den Schülern insbesondere im Anfangsunterricht häufig erwartet, ein Verständnis für die Spannung zu entwickeln, ohne die dahinterstehende Größe selbst, nämlich das elektrische Potenzial, zu kennen, geschweige denn zu verstehen (Herrmann & Schmälzle, 1984, S. 477).

### Grundidee des Elektronengasmodells

Das Elektronengasmodell stellt einen vielversprechenden Ansatz dar, eine anschauliche und intuitive Erklärung der elektrischen Spannung und des elektrischen Potenzials zu liefern, indem dieses mit dem Luftdruck bzw. „elektrischen Druck“ verglichen wird (vgl. Clement & Steinberg, 2002). Die Idee hinter dem „elektrischen Druck“ – im Modell visualisiert durch unterschiedliche Punktedichten bzw. Farben – ist, dass sich in Metallen freie Elektronen in Teilchenform befinden und dort aufgrund ihrer gegenseitigen Coulomb-Abstoßung einen von der Elektronendichte abhängigen „elektrischen Druck“ verursachen (für eine fachliche Auseinandersetzung sei auf Burde, Wilhelm & Wiesner, 2014 verwiesen). In Analogie zu Luftdruckunterschieden, die die Ursache für Luftströmungen sind, wird die elektrische Spannung dann als „elektrischer Druckunterschied“ und somit Antrieb des elektrischen Stroms eingeführt. Aus didaktischer Sicht besteht die Hoffnung bei diesem Vorgehen darin, an die alltägliche Luftdruckvorstellung der Schülerinnen und Schüler u.a. mit Luftpumpen, Fußbällen und Fahrradreifen anzuknüpfen (vgl. diSessa, 1993), ohne jedoch ein fachlich korrektes Druckkonzept mit der in der Sek I teils schwierigen Differenzierung zwischen skalarem Druckbegriff und vektoriell Kraftbegriff vorauszusetzen oder dieses an dieser Stelle einzuführen. Das Ziel des Unterrichtskonzepts besteht darin, den Schülerinnen und Schülern ein fundiertes qualitatives Verständnis der Wirkungszusammenhänge in Stromkreisen inkl. eines hierzu nötigen eigenständigen Spannungsbegriffs bereits im Anfangsunterricht zu ermöglichen.

### Das Design der Studie

Im Sinne von Design-Based-Research (Wilhelm, Tobias, Waltner, Hopf & Wiesner, 2012) wurde zunächst ein Grundkonzept zum Elektronengasmodell erarbeitet und mit Hilfe von Teaching Experiments darauf hin überprüft, inwiefern die verwendeten Konzepte und Visualisierungen von den Schülerinnen und Schülern akzeptiert und verstanden werden (Burde & Wilhelm, 2015). Aufbauend auf den so gewonnenen Erkenntnissen wurde dann ein Unterrichtskonzept nach dem Elektronengasmodell inklusive passender Unterrichtsmaterialien für die Schulpraxis entwickelt, das im Schuljahr 2015/16 in Zusammenarbeit mit Frankfurter

Gymnasien im Rahmen einer Vergleichsstudie evaluiert wurde. An dieser Stelle sei angemerkt, dass die hier auf Grundlage von 32 Gymnasialschulklassen bzw. mehr als 700 Schülern vorgestellten Ergebnisse einen vorläufigen Charakter haben, da zum Zeitpunkt des Schreibens noch die Daten von einigen Klassen ausstanden.

Ziel der quasi-experimentellen Studie auf Basis eines Pre-Posttest-Designs war es, den Verständniszuwachs von traditionell unterrichteten Klassen (Kontrollgruppe) mit dem Verständniszuwachs von Klassen zu vergleichen, die nach dem neuen Unterrichtskonzept auf Grundlage des Elektronengasmodells unterrichtet wurden (Treatmentgruppe). Der Verständniszuwachs wurde dabei in beiden Gruppen mit Hilfe des anerkannten und psychometrisch ausgereiften zweistufigen Multiple-Choice-Tests von Urban-Woldron erhoben (Urban-Woldron & Hopf, 2012), der 22 Items zu Stromstärke und Widerstand umfasst und um vier weitere Items zum Potenzial- und Spannungsbegriff erweitert wurde. Der Vorteil der Zweistufigkeit des Tests besteht darin, dass die Schüler nicht nur eine Antwort ankreuzen, sondern in einer zweiten Stufe diese dann auch begründen müssen. Auf diese Weise können nicht nur mögliche Fehlvorstellungen erhoben werden, sondern auch falsch-positive Antworten (d.h. richtige Antworten mit falscher Begründung bzw. Vorstellung) identifiziert werden. Sofern sowohl die gegebene Antwort als auch die Begründung korrekt sind, wird das jeweilige Item als korrekt gezählt, weshalb im eingesetzten Multiple-Choice-Test der maximal erreichbare Summenscore 26 beträgt.

### Erste empirische Ergebnisse

Die Kontrollgruppe wurde im Durchschnitt 21,7 Schulstunden lang unterrichtet und umfasste 14 Klassen bzw. 285 Schüler, während die Treatmentgruppe 20,9 Schulstunden lang unterrichtet wurde und 18 Klassen bzw. 418 Schüler umfasste. Im Unterricht aller teilnehmenden Klassen, der sowohl in Kontroll- als auch Treatmentgruppe hauptsächlich in Jahrgangsstufe 8 stattfand, wurde das Thema „Elektrizitätslehre“ zum ersten Mal im Unterricht behandelt.

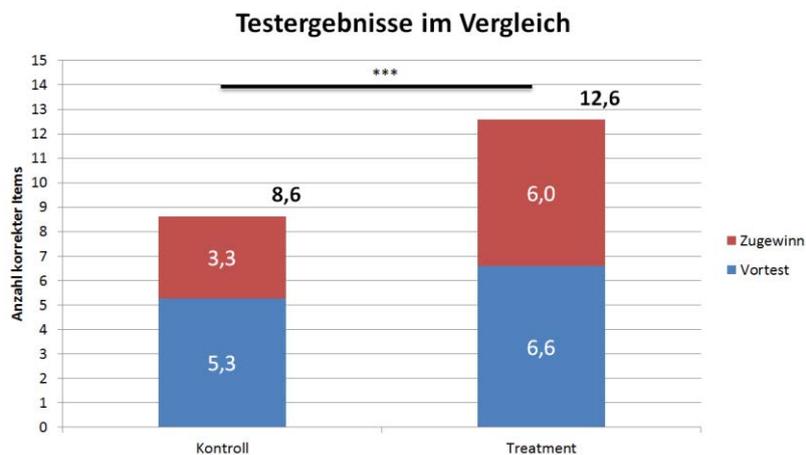


Abb. 1: Vor- und Nachtestergebnisse von Kontroll- und Treatmentgruppe

Nach dem Unterricht konnten die Schüler der Kontrollgruppe im Mittel 8,6 Items und die Schüler der Treatmentgruppe 12,6 Items korrekt beantworten. Der Unterschied ist höchst signifikant und entspricht einer mittleren Effektstärke von  $d = 0,76$ . Vor Beginn des Elektrizitätslehreunterrichts konnten die Schüler der Kontrollgruppe 5,3 Items und die Schüler der Treatmentgruppe 6,6 Items richtig beantworten. Da sich die beiden Gruppen bzgl. der Vortestergebnisse höchst signifikant unterscheiden, ist eine Betrachtung des erreichten Lernzuw-

achses naheliegend. Vergleicht man den durch den Unterricht erzielten absoluten Lernzuwachs von 3,3 Items in der Kontrollgruppe und 6,0 Items in der Treatmentgruppe, wird deutlich, dass der Unterricht nach dem Elektronengasmodell zu einem signifikant höheren Verständnisszuwachs bei den Schülern führt ( $p < .001$ ). Bezogen auf den absoluten Zugewinn liegt eine mittlere Effektstärke von  $d = 0,51$  vor.

Betrachtet man den mittleren absoluten Zugewinn der einzelnen Klassen, so fällt dieser sowohl in der Kontroll- als auch in der Treatmentgruppe äußerst heterogen aus. Die Abbildung 2 zeigt den absoluten Zugewinn jeder einzelnen Klasse der Kontrollgruppe (blau) und der Treatmentgruppe (rot). Während es in beiden Gruppen Klassen gibt, die nach dem Unterricht im Mittel weniger Items korrekt beantworten konnten als vor dem Unterricht, beträgt der höchste absolute Zugewinn in der Kontrollgruppe 7,0 Items und in der Treatmentgruppe 12,4 Items. Insgesamt hat ein Drittel der Treatmentklassen einen höheren absoluten Zugewinn erzielt als die beste Klasse der Kontrollgruppe.

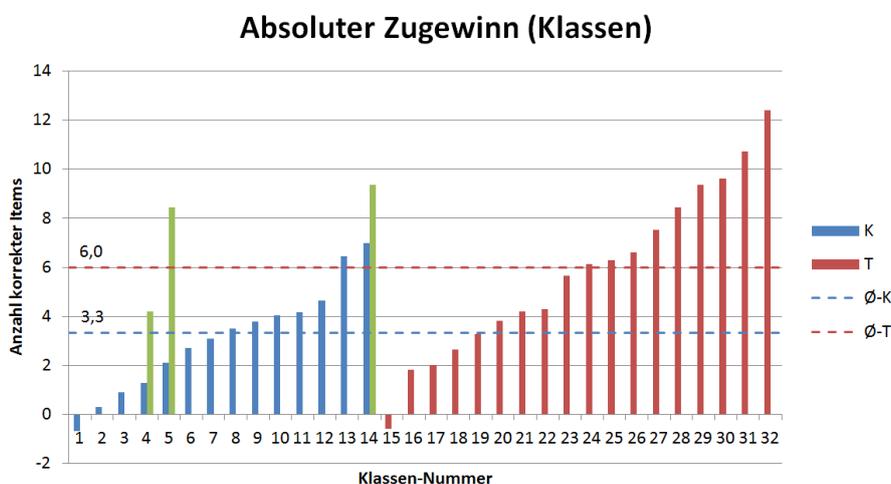


Abb. 2: Absoluter Zugewinn der einzelnen Klassen von Kontroll- und Treatmentgruppe

In der Regel wurden Kontroll- und Treatmentklassen von unterschiedlichen Lehrkräften unterrichtet, jedoch gab es zwei Lehrkräfte (Lehrer A: K4 und K5; Lehrer B: K14), die ihre Klassen einmal klassisch und einmal nach dem Elektronengasmodell unterrichteten. Wie an Hand der grünen Balken in Abbildung 2 ersichtlich ist, haben alle Lehrer bei ihren Klassen einen deutlich höheren Lernerfolg erzielen können, wenn sie diese statt nach ihren bisherigen Konzepten nach dem Elektronengasmodell unterrichteten.

### Ausblick

Sobald die Daten von allen an der Studie teilnehmenden Klassen vorliegen, ist die Durchführung einer Varianzanalyse geplant, um die Vortestunterschiede kontrollieren zu können. Darüber hinaus soll neben der quantitativen Auswertung auch ein Blick auf die in der Praxis gewonnenen Erfahrungen der Lehrkräfte mit dem Elektronengasmodell geworfen werden, die mit Hilfe einer qualitativen Befragung der an der Studie teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer erhoben wurden. Um interessierten Lehrkräften die im Rahmen dieser Studie entwickelten Unterrichtsmaterialien unkompliziert und kostenfrei zur Verfügung stellen zu können, wurde ferner die Seite [www.einfache-elehre.de](http://www.einfache-elehre.de) eingerichtet.

**Literatur**

- Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2015). Akzeptanzbefragung zum Elektronengasmodell. *PhyDid B - Didaktik der Physik – Frühjahrstagung Wuppertal 2015*, <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/602/734>
- Burde, J.-P., Wilhelm, T. & Wiesner, H. (2014). Das Elektronengasmodell in der Sekundarstufe I. *PhyDid B - Didaktik der Physik – Frühjahrstagung Frankfurt 2014*, <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/505/652>
- Clement, J. J. & Steinberg, M. S. (2002). Step-Wise Evolution of Mental Models of Electric Circuits: A „Learning-Aloud“ Case Study. *The Journal of The Learning Sciences*, 11 (4), S. 389 - 452.
- diSessa, A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2-3), 105-225.
- Herrmann, F. & Schmälzle, P. (1984). Das elektrische Potential im Unterricht der Sekundarstufe I. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 37 (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 (13), S. 10 - 14.
- Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften* 18, S. 201 - 227. [http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/18\\_Urbahn.pdf](http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/18_Urbahn.pdf)
- Wilhelm, T., Tobias, V., Waltner, C., Hopf, M. & Wiesner, H. (2012). Design-Based Research am Beispiel der zweidimensional-dynamischen Mechanik. In S. Bernholt (Hrsg.): *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*, Jahrestagung der GDGP in Oldenburg 2011, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 32, Lit-Verlag, Münster, S. 31 - 47

Sebastian Gröber<sup>1</sup>  
 Pascal Klein<sup>1</sup>  
 Jochen Kuhn<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Kaiserslautern

## Entwicklung des Universal Mechanics Concept Inventory (UMCI)

### Motivation und Zielsetzungen

Eine Recherche ergab 22 zwischen 1992 und 2016 publizierte US-amerikanische Konzepttests zur Mechanik (12 unter PhysPort, 2011). Diese variieren in konzeptionellen Eigenschaften wie dem Lehr-Lernniveau (Zielgruppe), der Anzahl von Itemstufen, dem verwendeten Itemformat und darin, ob Antwortbegründungen Bestandteil des Konzepttests sind (Tab. 1):

Lehr-Lernniveau	Itemstufen	Itemformat	Format Antwortbegründungen
2 Highschool	17 einstufig	18 Multiple Choice	15 ohne
6 Highschool/College	2 ein-/zweistufig	2 Multiple Choice/	3 ohne/vorgegebene
6 College	3 zweistufig	Response	1 vorgegebene
1 College/University		2 Free Answer	1 ohne/freie
7 University (4 für Ingenieure)			2 freie

Tab. 1. Anzahl der Konzepttest kategorisiert nach konzeptionellen Eigenschaften („/“ = gemischt).

Auch innerhalb von vier der Konzepttests variieren Itemstufen, Itemformat oder Format der Antwortbegründungen. Es dominieren einstufige, zunehmend kritisierte MC-Konzepttests (z. B. Gurel, Eryilmaz & McDermott, 2015) für Studierende an Colleges, die Antwortbegründungen als Indikator konzeptionellen Verständnisses ungenutzt lassen. In Summe decken die Konzepttests obligatorische Mechanikthemen nur ungleichmäßig ab, was unter anderem auf unterschiedliche Zielsetzungen des „Prüfens“ und „Diagnostizierens“ von (Fehl)Konzepten zurückzuführen ist.

Aufgrund dieser Befundlage entwickeln wir seit Mitte 2016 basierend auf der Definition „Erkennen und Erklären des Verhaltens und der Zusammenhänge von Größen eines physikalischen Systems“ konzeptionellen Verständnisses einen ersten Fachgebietskonzepttest der Mechanik. Dieser soll das konzeptionelle Verständnis Studierender prüfen, auf das Lehr-Lernniveau und die Zielsetzungen von Mechanikkursen deutscher Universitäten ausgerichtet sein und ein einheitliches, kausal verbundenes, zweistufiges Itemformat verwenden.

In der hochschuldidaktischen Forschung soll der UMCI als Testinstrument für themen- und kursgebundene Interventionen bereitgestellt werden. In der Hochschullehre kann der UMCI als formatives/summatives sowie formelles/informelles Lern- und Prüfungswerkzeug der Präsenz- und Fernlehre eingesetzt werden.

### Inhalts- und Konstruktvalidität

#### Basis- und Erweiterungsthemen

Eine Strukturierung von Mechanikkursen anhand von Lehrbüchern, Skripten und Modulhandbüchern nach obligatorischen Basis- und optionalen Erweiterungsthemen (Tab. 2) ist Grundlage einer möglichst vollständigen Abdeckung und Gewichtung von Mechanikkursinhalten sowie Voraussetzung einer thematisch strukturierten Aufgabenentwicklung.

Die Basisthemen 1-7 bilden Grundprinzipien wie das Newtonsche Grundgesetz der Translation (1, 2), das dazu analoge Newtonsche Grundgesetz der Rotation (3, 4) sowie die Energie- (5), Impuls- (6) und Drehimpulserhaltung (7) ab. Statik, Kinematik und Dynamik von Kör-

pern sowie Arten mechanischer Kräfte sind in den Basisthemen 1-4, die Aero- und Hydrostatik im Basisthema 9 subsummiert. Komplexere Inhalte der Erweiterungsthemen bauen auf Inhalten von Basisthemen auf (z. B. 10 und 11 auf 1 und 3, 13 auf 4 und 7, 14 auf 1, 5 und 6).

Basisthemen	Erweitersthemen
1 Translation eines Massepunkts	10 Masseveränderliche Bewegungen
2 Schwingung eines Massepunkts	11 Nicht-relativistische Bezugssysteme
3 Rotation eines Massepunkts	12 Relativistische Bezugssysteme
4 Rotation/Translation starrer Körper	13 Kreiselbewegungen
5 Energieerhaltung	14 Kinetische Gastheorie
6 Impulserhaltung	
7 Drehimpulserhaltung	
8 Mechanische Wellen	
9 Strömungen	

Tab. 2: Basis- und Erweiterungsthemen des UMCI.

#### Aufgabenstruktur, Konzepte und Itemformat

Basisthemen werden mit durchschnittlich 7, Erweiterungsthemen mit durchschnittlich 3 Aufgaben abgedeckt. Es werden aufgrund komplexer und nur schwer systematisierbarer Zusammenhänge zwischen Aufgabenkontexten und Antworten in Konzepttests (vgl. Härtig, 2013) weitestgehend kontextfreie Aufgaben verwendet. Diese bestehen aus dem Aufgabenstamm und durchschnittlich 4 zweistufigen Items (vgl. Abb. 1):

Ein Körper bewegt sich nach dem  $v(t)$ -Diagramm. Es ist  $x(t=0) = 0$ :  
Welche Aussagen sind richtig oder falsch?

Geschwindigkeit v  
Zeit t

Aussagen:	Richtig	Falsch	Geben Sie eine Begründung an:
a) $x(t_3) < 0$ .	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	$x(0) = 0; x(t_1) < 0; \int_{t_1}^{t_3} v(t) dt = 0$ .
b) $a(t)$ ist eine abschnittsweise konstante Sprungfunktion.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Es ist $a = 0$ für $[0, t_1]$ und $a = a_0$ für $[t_1, t_3]$ .
c) Die Bewegungsrichtung ist in $[0, t_3]$ konstant.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Für $t = t_2$ ändert $v(t)$ das Vorzeichen.
d) $\int_0^{t_3} v(t) dt = a(t_3) - a(0)$ .	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Es ist $\int_0^{t_3} v(t) dt = x(t_3) - x(0)$ .

Abb. 1: Aufgabe zum Basisthema 1 mit angegebener Lösung. Konzepte: Verknüpfung kinematischer Größen durch Differentiation/Integration sowie Unterscheidung zwischen beschleunigter und unbeschleunigter Bewegung. Komplexität des Aufgabenstamms: Zusammengesetzte Bewegung sowie Integration und Differentiation von  $v(t)$ .

Zur Aufgabenentwicklung wurden Mechanikübungen, die genannten Konzepttests und deren assoziierte Artikel sowie Artikel zum konzeptionellen Verständnis von Mechanikthemen analysiert. Konstruktion von Aufgaben und Formulierung von Konzepten eines Themas erfolgten synergetisch. Der UMCI unterscheidet sich von vielen bisherigen Konzepttests durch Aufgaben höherer Komplexität und Items, die nicht auf alltagsinduzierte Fehlvorstellungen fokussieren aus folgenden Gründen:

- Der UMCI muss als Hochschulkonzepttest ein höheres Lehr-Lernniveau als ein Schulkonzepttest haben. Dazu wird auch eine formellere Fachsprache sowie die mathematische und speziell vektorielle Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Größen eines physikalischen Systems durch Gesetze verwendet.
- Eine möglichst hohe Konstruktvalidität des UMCI in Bezug zur gegebenen Definition von konzeptionellem Verständnis soll durch die hinreichende Komplexität des im Aufgabenstamm vorgegebenen physikalischen Systems und Items, die in vielfältiger Weise Zusammenhänge zwischen Größen des Systems thematisieren erzielt werden (vgl. Abb. 1).
- Der UMCI als Fachgebietskonzepttest umfangreichen Inhalts erfordert die Aufgabenanzahl durch Adressierungen mehrere Konzepte/Aufgabe zu minimieren (vgl. Abb. 1). Dies schließt die Adressierung eines Konzepts in mehreren Aufgaben nicht aus.

Das zweistufige Itemformat mit kausaler, zweiter Stufe vermeidet vorgegebene Begründungen sowie die Gefahr konstruierter Pseudo-Distraktoren zur Minimierung der Raterwahrscheinlichkeit eines einstufigen Itemformats und erlaubt aufgrund der Aufgabenkonstruktion kurze, zeitsparende schriftliche Begründungen.

### Pretest-Ergebnisse

Zur ersten Prüfung der Konstruktvalidität des UMCI mit einer kleinen, zwischen Novizen und Experten einzuordnenden Anzahl von Probanden (10 Studierende im 1. Semesters, 6 Studierende des Lehramts an Gymnasien im letzten Semester, 5 Promovierende/Promovenden), wurden 11 Aufgaben mit 56 Items zu den Basisthemen 1 und 3 innerhalb von 1 h bearbeitet. Die Auswertungsobjektivität der Begründungen wurde durch Korrektur anhand einer Musterlösung mit vorgegebener Bewertung (1. Stufe: Richtig - 1 Punkt, 2. Stufe: Falsch - 0 Punkte, Teilweise richtig - 1 Punkt, Richtig - 2 Punkte) und den Vergleich der Ergebnisse dreier von drei promovierten Mitarbeitern korrigierten Tests (Cohens Kappa = 0,93) sichergestellt. Die Itemschwierigkeit lag zwischen 0,1 und 0,9 mit einem Mittelwert von 0,58.

	Itemstufe 1 (56 Punkte)	Itemstufen 1 und 2 (168 Punkte)	Unterschied
Studierende 1. Semester	68 ± 9 %	54 ± 11 %	14 %
Studierende letztes Semester	70 ± 17 %	60 ± 16 %	10 %
Promovierende/Promovenden	73 ± 10 %	66 ± 15 %	7 %

Tab 3. Leistungsergebnisse.

Nach Tab. 3 steigen die Leistungsergebnisse der Itemstufe 1 vom Novizen zum Experten lediglich um 5 % an. Der Anstieg der Leistungsergebnisse beider Itemstufen 1 und 2 liegt jedoch bei 12 % und die zweite Itemstufe schriftlicher Begründungen differenziert daher stärker zwischen Novizen und Experten bzw. dem konzeptionellem Verständnis als die erste Itemstufe. Darüber hinaus zeigt ein *t*-Test, dass der Mittelwertunterschied beider Verteilungen aller Probanden hochsignifikant ist.

### Ausblick

Im WS 2016/17 wird der UMCI mit 4 Aufgaben/Übung (insgesamt ca. 40 Aufgaben) in der Lehrveranstaltung "Experimentalphysik 1" über alle Basisthemen hinweg validiert. Korrelationen zwischen den Ergebnissen des UMCI, eines Konzepttests zur Kinematik, der Klausur und des Abiturs werden untersucht.

**Literatur**

- PhysPort (2011). Supporting physics teaching with research based resources. American Association of Physics Teachers. <https://www.physport.org/assessments> (19.09.2016).
- Gurel, D. K., Eryilmaz, A. & McDermott, L. C. (2015). Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students' Misconceptions in Science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11 (5), 989-1008.
- Härtig, H. (2013). Das Force Concept Inventory: Vergleich einer offenen und geschlossenen Version. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 13 (1), 53-61.

## Wie Physiklehrkräfte Schülertexte beurteilen – Instrumententwicklung

Im Physikunterricht werden Schüler\_innen nicht nur mit fachlichen, sondern auch mit hohen sprachlichen Anforderungen konfrontiert (Bach, 1984; Kulgemeyer, 2010). Von erfolgreichen Schüler\_innen erwarten Physiklehrkräfte oftmals selbstverständlich, dass sie den Umgang mit bildungs- und fachsprachlichen Registern beherrschen (Feilke, 2012; Schleppegrell, 2004). Die Arbeiten von Tajmel (2010; 2011) legen nahe, dass sich diese Erwartungshaltung auch auf Leistungsbewertungen und Leistungsurteile niederschlägt. Genauer: Es lässt sich begründet vermuten, dass Physiklehrkräfte Urteile über fachliche und sprachliche Leistungen konfundieren. Wie Lehrkräfte bei der Beurteilung von Leistungsaufgaben tatsächlich vorgehen, welchen Logiken sie dabei folgen, welche Ressourcen sie aktivieren und welche Maßstäbe sie für relevant halten, ist allerdings weitgehend unbekannt (Leuders et al., 2014). In diesem Beitrag wird die Entwicklung eines Testinstruments vorgestellt, das dazu dienen soll, die eben beschriebenen Desiderate in einer Studie mit Physiklehrkräften zu explorieren.

### Aufbau des Testinstruments

Zunächst soll die finale Version des Testinstruments kurz beschrieben werden, über dessen Entwicklung hier berichtet wird: Die zentrale Idee hinter dem Aufbau des Instruments ist die Erhebungssituation so authentisch wie möglich zu gestalten. Die teilnehmenden Lehrkräfte werden daher darum gebeten, einen Erwartungshorizont zu einer Leistungsaufgabe so zu erstellen, wie sie dies unter normalen Umständen auch tun würden. Die Leistungsaufgabe fordert Schüler\_innen dazu auf, ein physikalisches Problem der Akustik in Form eines Textes zu erklären. Mit Hilfe ihres Erwartungshorizonts korrigieren die Lehrkräfte anschließend 4 auf sprachlicher und auf fachlicher Ebene stark unterschiedliche Schülerlösungen. Während der gesamten Erhebungssituation werden die Lehrkräfte zu lautem Denken aufgefordert. Transkripte von Audiographien bilden die Datenbasis. Die Datenanalyse ermöglicht schlussendlich Einblicke in die Denkprozesse der Lehrkräfte während der Materialbearbeitung, die durch bloße Beobachtung nicht zugänglich sind (Heine & Schramm, 2016).

### Instrumententwicklung

Die Hauptaufgabe bei der Instrumententwicklung bestand, darin eine geeignete Leistungsaufgabe zu identifizieren und zugehörige Schülerlösungstexte zu generieren. Leistungsaufgabe und Lösungstexte sollten auf die teilnehmenden Lehrkräfte authentisch wirken. Die Lösungstexte sollten sich sowohl auf fachlicher als auch auf sprachlicher Ebene stark unterscheiden. Die wesentlichen Arbeitsschritte des mehrstufigen Verfahrens waren hierbei die folgenden (für eine detaillierte Darstellung siehe Feser et al., angenommen):

- Klassenarbeitsaufgaben sammeln, pilotieren und eine geeignete Aufgabe für das weitere Vorgehen wählen. Die schlussendlich verwendete Leistungsaufgabe stammt aus einer Klassenarbeit einer Lehrkraft.
- Lösungstexte von Schüler\_innen zur gewählten Leistungsaufgabe erheben (N = 116, Klassenstufe 9).
- Entwicklung zweier Kategoriensysteme, durch die fachliche bzw. sprachliche Qualitätsmerkmale der erhobenen Schülerlösungstexte getrennt erfassen werden können.

- Erste Vorauswahl von Prototypen kontrastierender Lösungstexte auf Grundlage eines ersten Ratings des Gesamtmaterials, wobei 32 % doppelcodiert wurden.
- Finale Auswahl der 4 am besten geeigneten Lösungstexte (sprachlich stark/fachlich stark, sprachlich stark/fachlich schwach, sprachlich schwach/fachlich stark, sprachlich schwach/fachlich schwach) aus der Vorauswahl mit Hilfe eines zweiten Ratings durch insgesamt 6 geschulte Codierer\_innen.

### **Kategoriensysteme zur Erfassung fachlicher und sprachlicher Qualitätsmerkmale**

Wie sich aus obiger Auflistung bereits erschließen lässt, war die Ausarbeitung zweier Kategoriensysteme, mit denen die Lösungstexte der Schüler\_innen codiert wurden, der mit Abstand wichtigste Arbeitsschritt der Instrumententwicklung. Erst mit Hilfe dieser Systeme war es möglich, aus dem Gesamtmaterial eine Komposition von 4 Lösungstexten zu identifizieren, die sich gesichert auf fachlicher und sprachlicher Ebene stark voneinander unterscheiden. Um diesem Zweck zu genügen, sind die Kategoriensysteme hierarchisch und graduiert aufgebaut. Das bedeutet: Beide Kategoriensysteme unterscheiden verschiedene fachliche bzw. sprachliche Qualitätsmerkmale eines Lösungstextes, wobei bei jedem Qualitätsmerkmal 2 bis 3 Ausprägungen unterschieden werden. Diesen Ausprägungen sind wiederum Punktwerte zugeordnet. Beim Rating der Lösungstexte gilt dann die Codierregel, dass jedem Lösungstext bzgl. jedem Qualitätsmerkmal genau eine Ausprägung zuzuweisen ist. Wie aus der Übersicht der Kategoriensysteme in Tabelle 1 und 2 deutlich wird, werden durch den Codiervorgang jedem Lösungstext insgesamt 4 Punktwerte bzgl. fachlicher Qualitätsmerkmale und 2 Punktwerte bzgl. sprachlicher Qualitätsmerkmale zugewiesen. Durch Aufsummieren der Punkte je Kategoriensystem erhält man schließlich einen Summenscore für die fachliche und einen Summenscore für die sprachliche Qualität je Schülerlösungstext. Für den Summenscore der fachlichen Qualität hat es sich als zielführend erwiesen, den Punktwert eines Lösungstextes des Qualitätsmerkmals „Konsistenz der Erklärung“ zusätzlich mit dem Faktor 3 zu gewichten. Durch diese Gewichtung wird gewährleistet, dass ein Lösungstext, der in den 3 anderen fachlichen Qualitätsmerkmalen volle Punktzahl erreicht, aber den physikalischen Sachverhalt nicht korrekt erklärt, höchstens 50 % der Gesamtpunktzahl erreichen kann.

Entwickelt wurden die Kategoriensysteme durch deduktiv-induktives Vorgehen (Saldaña 2015). Das Kategoriensystem bzgl. fachlicher Qualitätsmerkmale eines Lösungstexte basiert auf den Arbeiten von Kang et. al. (2014) und Braaten & Windschitl (2011) sowie der sog. SOLO-Taxonomie von Biggs & Collis (1982). Die Grundlage für das Kategoriensystem für die sprachliche Qualität eines Lösungstextes bildete das Raster zur Beobachtung und Analyse bildungssprachlicher Fähigkeiten der FörMig-Initiative (Roth et al., 2011; Lengyel et al., 2009), wobei hier u. A. Aspekte aus den Arbeiten von Tajmel (2011) und Koch & Oesterreicher (1985) ergänzt wurden. Im Rahmen der Instrumentenentwicklung konnte die Intercoderreliabilität der einzelnen Kategorien insgesamt zwei Mal überprüft werden, wobei sich beide Male gute bis sehr gute Ergebnisse ergaben. Im Rahmen der Doppelcodierung des ersten Ratings lag diese zwischen  $\alpha = 0.88$  und  $\alpha = 0.92$ , wobei hier die Kategoriensysteme z. T. noch missverständlich formuliert waren und deswegen unterschiedliche Codierungen intensiv diskutiert werden mussten. Durch Verbesserung der Kategoriensysteme konnte im zweiten Rating auf eine Diskussion verzichtet werden und es ergab sich eine Intercoderreliabilität zwischen  $W = 0.72$  und  $W = 0.94$ .

### **Resümee**

Es wurde ein Testinstrument entwickelt, das zu explorieren ermöglicht, wie Physiklehrkräfte Schülertexte beurteilen. Ferner konnten zwei reliable Kategoriensysteme entwickelt werden, die es ermöglichen, schriftliche Schülerlösungstexte einer physikalischen Leistungsaufgabe sowohl auf fachlicher, als auch auf sprachlicher Ebene unterscheiden zu können.

Qualitätsmerkmal	Ausprägung 1 (0 Punkte)	Ausprägung 2 (1 Punkt)	Ausprägung 3 (2 Punkte)
<b>Rahmenbau der Erklärung</b>	Der Text ist eine bruchstückhafte Wiedergabe des Aufgabestamms oder eine bloße Paraphrasierung von Merksätzen. Er ist nicht/kaum empirie- oder theoriegeleitet.	---	Argumentation durch empirische Daten, Erfahrungen oder Anwendung physikalischen Sachwissens. Der generalisierende Charakter des Textes ist dominant.
<b>Rolle von Evidenzbezügen</b>	Der Text enthält keine Evidenzmittel zur Stützung von Aussagen.	Die verwendeten Evidenzmittel sind entweder nicht angemessen oder hinlänglich.	Die verwendeten Evidenzmittel sind sowohl angemessen als auch hinlänglich.
<b>Tiefe der Erklärung</b>	Erklärung erfolgt auf der „Was“-Ebene.	Erklärung erfolgt auf der „Wie“-Ebene.	Erklärung erfolgt auf der „Warum“-Ebene.
<b>Konsistenz der Erklärung</b>	Sachverhalte, die nicht im Fokus der Aufgabe stehen, werden erklärt oder fachlich falsche Erklärungen werden gegeben.	Die Erklärung ist teilweise korrekt. Teile der Erklärung sind übergeneralisiert, irrelevant oder unvollständig.	Der Sachverhalt, der im Fokus der Aufgabe steht, wird allumfassend und fachlich richtig erklärt.

Tab. 1: Kategoriensystem zur Unterscheidung fachlicher Qualitätsmerkmale eines Lösungstextes (Biggs & Collis, 1982; Braaten & Windschitl, 2011; Kang et al., 2014).

Qualitätsmerkmal	Ausprägung 1 (0 Punkte)	Ausprägung 2 (1 Punkt)	Ausprägung 3 (2 Punkte)
<b>Lexik/Semantik</b>	Ein Alltagswortschatz mit dominant mündlichem Charakter wird verwendet.	Ein Alltagswortschatz wird verwendet, der sich deutlich von einer mündlichen Ausdrucksweise absetzt.	Ein unterrichtlicher Fachwortschatz wird verwendet.
<b>Syntax/Stilistik</b>	Es werden nur einfache/unvollständige Sätze oder einfach Satzreihen gebildet. Stilistisch entspricht der Text tendenziell einer Sprache der Nähe.	Unterschiedliche satzverbindende Elemente werden eingesetzt. Sprachliche Verdichtung findet nicht/kaum statt. Stilistisch entspricht der Text tendenziell einer Sprache der Nähe.	Die Sätze sind sprachlich verdichtet und unterschiedlich verbunden. Stilistisch entspricht der Text tendenziell einer Sprache der Distanz.

Tab. 2: Kategoriensystem zur Unterscheidung sprachlicher Qualitätsmerkmale eines Lösungstextes (Roth et al., 2011; Koch & Oesterreicher, 1985; Lengyel et al., 2009; Tajmel, 2011).

**Literatur**

- Bach, S. (1984). Systematische und empirische Untersuchung über das Verhältnis von Umgangssprache und Fachsprache im gymnasialen Physikunterricht. Dissertation. Universität Hamburg.
- Biggs, J.B., & Collis, K.F. (1982). Evaluating the Quality of Learning. The SOLO Taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcomes). Educational Psychology Series, Academic Press.
- Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working Toward a Stronger Conceptualization of Scientific Explanation for Science Education. *Science Education*, 95 (4), 639-669.
- Feilke, H. (2012). Schulsprache - Wie Schule Sprache macht. In S. Günther, W. Imo, & D. Meer, J.G. Schneider (Eds.), *Kommunikation und Öffentlichkeit. Sprachwissenschaftliche Potenziale zwischen Empirie und Norm* (pp. 151-175) De Gruyter.
- Feser, M.S., Höttecke, D., & Ehmke, T. (angenommen). Testitems zur qualitativen Untersuchung der Ressourcen von Physiklehrkräften beim Bewerten schriftlicher Schülerleistungen. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, o. V. (o. N.), o. S..
- Heine, L., & Schramm, K. (2016). Introspektion. In K. Schramm, K. Schramm, & F. Klippel, M.K. Legutke (Eds.), *Forschungsmethoden in der Fremdsprachendidaktik. Ein Handbuch* (pp. 173-181) Narr Francke Attempto Verlag.
- Kang, H., Thompson, J., & Windschitl, M. (2014). Creating Opportunities for Students to Show What They Know: The Role of Scaffolding in Assessment Tasks. *Science Education*, 98 (4), 674-704.
- Koch, P., & Oesterreicher, W. (1985). Sprache der Nähe - Sprache der Distanz. Mündlichkeit und Schriftlichkeit im Spannungsfeld von Sprachtheorie und Sprachgeschichte. In G. Folke, D. Jacob, & A. Kablitz, B. König, K. Joachim, D. Nelting, C. Schmitt, M. Selig, S. Zepp (Eds.), *Romanistisches Jahrbuch* (pp. 15-43) [Romanistisches Jahrbuch, Vol. 36].
- Kulgemeyer, C. (2010). *Physikalische Kommunikationskompetenz. Modellierung und Diagnostik*. Logos Verlag Berlin.
- Lengyel, D., Reich, H.H., & Roth, H.J., Heintze, A., Scheinhardt-Stettner, H. (2009). Prozessbegleitende Diagnose zur Schreibentwicklung: Beobachtung schriftlicher Sprachhandlungen in der Sekundarstufe I. In D. Lengyel, H.H. Reich, & H.J. Roth, M. Döll (Eds.), *Von der Sprachdiagnose zur Sprachförderung* (pp. 129-138) Waxmann.
- Leuders, T., Philipp, K., & Leuders, J. (2014). Fachbezogene diagnostische Kompetenzen - Forschungsstand und Forschungsdesiderata. In J. Roth, & J. Ames (Eds.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014* (pp. 731-734) Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien Münster.
- Roth, H.J., Lengyel, D., & Reich, H.H. (2011). *Sprachhandlungen Erklären, Berichten und Argumentieren. Manual zu den Auswertungsrastern. Entwurfsfassung*. FÖRMIG AG SEK I.
- Saldaña, J. (2015). *The Coding Manual for Qualitative Researchers*. SAGE Publications Inc..
- Schleppegrell, M.J. (2004). *The Language of Schooling. A Functional Linguistics Perspective*. Routledge.
- Tajmel, T. (2010). DaZ-Förderung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht. In B. Ahrenholz (Ed.), *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache* (pp. 167-184) 1 ed. Narr Francke Attempto Verlag.
- Tajmel, T. (2011). Wortschatzarbeit im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. *ide*, 35 (1), 83-93.

### Naturwissenschaften lernen im Anthropozän

Die Menschheit hat mit ihren wirtschaftlichen Aktivitäten den Planeten Erde mittlerweile in vielen Bereichen umgegraben: 77% der eisfreien festen Erde sind vom Menschen bereits verändert worden. Die globalen Süßwasservorkommen sind fast zur Hälfte vom Menschen kontrolliert, die anthropogenen Stickoxid- und Schwefeldioxidemissionen sind größer als natürliche Quellen, die atmosphärische Konzentration an CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> war seit mindestens 650.000 Jahren nicht so hoch wie heute, die mittlere Erosionsrate der Böden hat sich durch den Menschen verdreißigfacht, die Aussterberate von Organismen ist mindestens hundertmal höher als die natürliche Aussterberate. Die Übernutzung des Planeten durch uns Menschen zeigt bereits Wirkung: Zwischen 1901 und 1910 gab es 82 Katastrophen, zwischen 2005 und 2014 mehr als 4.000. Durch besseren Katastrophenschutz ist die Zahl der Toten rückläufig, aber die Zahl der Betroffenen steigt. Die wirtschaftlichen und sozialen Kosten der Katastrophen explodieren (Niebert, 2015).

Die Geological Society kommt mit zahlreichen Belegen zu dem Ergebnis, dass die Zeit des Holozän, die vor rund 11.000 Jahren begann und trotz klimatischer Variationen und Unterschiede vergleichsweise stabil war, vorbei ist (Waters et al., 2016). Die Menschheit ist nun in ein Zeitalter eingetreten, für das in den letzten Millionen Jahren keine Entsprechung zu finden ist.

Das Symposium *Naturwissenschaften lernen im Anthropozän*, ging angesichts dieser Erkenntnisse der Frage nach, welche Konsequenzen naturwissenschaftlicher Unterricht aus dem Anthropozän ableiten kann und wie es in den naturwissenschaftlichen Unterricht integriert werden kann.

Als zentrale Konzepte der wissenschaftlichen Debatte zum Anthropozän gelten die *große Beschleunigung* und *das Konzept der planetaren Grenzen*:

- Menschen beeinflussen die Umwelt schon lange, aber erst seit Ende des 2. Weltkriegs gibt es eine schnelle, globale Verbreitung von neuen Materialien, darunter Aluminium, Beton und Kunststoffe, welche ihre Spuren in Sedimenten hinterlassen. Parallel ist die Nutzung der natürlichen Ressourcen und Senken exponentiell angestiegen. Diese Entwicklung wird als große Beschleunigung bezeichnet.
- Analysen der planetaren Belastungsgrenzen zeigen, dass wir in vier von neun Bereichen die roten Linien bereits überschritten haben, dies sind die Veränderungen in der Landnutzung, biologische Vielfalt sowie Stickstoff- und Phosphoreintrag in die Biosphäre. Auch der Klimawandel entwickelt sich bereits kritisch. Als weitere Bereiche wurden die Ozonschicht, Wassernutzung, die Versauerung der Ozeane, sowie die Aerosolbelastung und chemische Umweltverschmutzung identifiziert.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wird vorgeschlagen, die Definition von Nachhaltigkeit zu reformulieren als “development that meets the needs of the present while safeguarding Earth's life-support system, on which the welfare of current and future generations depends” (Griggs et al., 2013). Diese Formulierung ist so weitgehend wie treffend, da sie das Einhalten der planetaren Belastungsgrenzen zum Ziel von nachhaltigem Wirtschaften setzt. Sie zeigt die Grenzen der gängigen Drei-Säulen-Metaphorik, nach der ökologische, ökonomische und soziale Ziele in Einklang gebracht werden müssen, auf, stellt die sozialen Ziele heutiger und künftiger Generationen in den Mittelpunkt und setzt die ökologischen Grenzen als feste Außen-

grenze für das Wirtschaften fest. Dies setzt ein Verstehen der planetaren Grenzen und der globalen Veränderungen heraus.

Bildung wird politisch wie wissenschaftlich als wichtiges Schlüsselinstrument gesehen, um den Herausforderungen des Anthropozäns zu begegnen. Damit wird bekräftigt, dass eine nachhaltige Gesellschaft einen mentalen Wandel voraussetzt, der sich in veränderten Lebensstilen manifestieren muss. Im Hinblick auf schulische Bildungsherausforderungen für eine nachhaltige Zukunft ist das von de Haan und Harenberg (1999) entwickelte Konzept der *Gestaltungskompetenz* viel zitiert. Damit wird die Fähigkeit bezeichnet, Wissen über Nachhaltigkeit anzuwenden und Probleme nicht-nachhaltiger Entwicklung erkennen zu können. Auch wenn Gestaltungskompetenz in ihrer Zieldefinition Fähigkeiten beschreibt, nicht-nachhaltige Entwicklungen zu erkennen und Wissen für Nachhaltigkeit zu erlangen, handelt es sich bei den Teilkompetenzen um eine Sammlung von nachhaltigkeits-unspezifischen Fähigkeiten. Ohne eine thematische Verankerung und Operationalisierung könnte diese Liste gleichsam das Anforderungsprofil für die Vorsitzende des Nachhaltigkeitsrates oder den Leiter eines Rüstungskonzerns sein. Kruse (2013) stellt in einer Analyse fest, dass viele Beiträge, die sich auf das Konzept der Gestaltungskompetenz beziehen nicht eine einzige Referenz auf Begriffe wie Umwelt, Natur oder Lebensgrundlagen enthalten.

Ein weniger auf Kompetenzen und stärker auf Inhaltsbereichen basierendes Konzept wird vom Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) vorgeschlagen: In seinem Hauptgutachten von 2011 hat der WBGU ein Bildungskonzept formuliert, mit dem er den Herausforderungen des Anthropozäns begegnen und eine gesellschaftliche Transformation in die Nachhaltigkeit ermöglichen will (WBGU, 2011). So soll

- ein Verständnis über das Erdsystem und die Wechselwirkungen seiner Kompartimente (Klima, Wasserkreislauf, Böden, Biodiversität usw.)
- Wissen an den Schnittstellen zwischen Ingenieur-, Erdsystem- und Sozialwissenschaften
- ein Grundverständnis komplexer Systeme, wie globale Umweltprobleme und Transformationsprozesse
- ein Verstehen, wie Wissenschaft Wissen erlangt ermöglicht werden.

Die Erkenntnisse zu den planetarischen Belastungsgrenzen, die Identifikation der globalen Umweltveränderungen und auch die vom WBGU formulierten Anforderungen an das Wissen in einer partizipativen Wissensgesellschaft lassen die Notwendigkeit eines naturwissenschaftlichen Grundverständnisses deutlich werden.

Bildung für ein nachhaltiges Anthropozän sollte dabei nicht als ein festgeschriebener Pfad, sondern als Suchprozess verstanden werden. Unvollständiges Wissen, Unsicherheiten und Risiken sind Teil des Weges und machen es notwendig, sich fortwährend neu zu orientieren. Wissenschaft und Bildung sind für diesen Suchprozess von herausragender Bedeutung. Bildung, die den Ansprüchen der nachhaltigen Veränderung von Gesellschaft gerecht werden will, muss einerseits Erkenntnisse zum globalen Wandel integrieren und eine Legitimation für eine nachhaltige Gesellschaft sicherstellen.

Die Beiträge im Symposium untersuchen, wie Schule und Unterricht – am Beispiel der Naturwissenschaften – einen Bezug zu Schlüsselfaktoren des Anthropozäns herstellen können. Aus fachdidaktischer Sicht reicht es nicht, allgemeine Grundsätze des Erkennens, Bewertens, Reflektierens, der Partizipation und des Handelns in heterogenen Gruppen usw. zu formulieren, die das Individuum befähigen sollen, aktiv, reflektiert und eigenverantwortlich entscheiden und handeln zu können. All diese Entscheidungen, Reflexionen und Handlungen finden immer in konkreten Kontexten statt.

**Literatur**

- de Haan, G., & Harenberg, D. (1999). *Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Gutachten zum Programm von Gerhard de Haan und Dorothee Harenberg*, Freie Universität Berlin (Vol. 72). Bonn: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK).
- Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockstrom, J., Ohman, M. C., Shyamsundar, P., et al. (2013). Policy: Sustainable development goals for people and planet. *Nature*, 495(7441), 305–307. <http://doi.org/10.1038/495305a>
- Kruse, L. (2013). Vom Handeln zum Wissen ein Perspektivwechsel für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung. In N. Pütz, M. K. W. Schweer, & N. Logemann (Eds.), *Bildung für nachhaltige Entwicklung - Aktuelle theoretische Konzepte und Beispiele praktischer Umsetzung* (pp. 31–57). Frankfurt: Bildung für nachhaltige Entwicklung - Aktuelle theoretische Konzepte und Beispiele praktischer Umsetzung.
- Niebert, K. (2015). Das Ende des Wachstums – oder der Irrtum der Raupe. In M. Müller, H. Weiger, M. Held, J. Sommer, C. Schröder, & D. Ludewig (Eds.), *Movum - Briefe zur Transformation* (pp. 8–9). Gutwetter Verlag.
- Waters, C. N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A. D., Poirier, C., Galuszka, A., et al. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*, 351(6269), aad2622–aad2622. <http://doi.org/10.1126/science.aad2622>
- WBGU. (2011). *Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*. (H. J. Schellnhuber, D. Messner, C. Leggewie, R. Leinfelder, N. Nakicenovic, S. Schlacke, et al., Eds.) (pp. 1–446). Berlin: WBGU.

## Vorstellungen zu Medikamentenströmen in der Umwelt

Aufgrund diverser Veränderungen auf dem Planeten Erde, wie dem Anstieg der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre, dem Bevölkerungswachstum oder aber auch der Eintragung von Chemikalien „wird die Menschheit auf Jahrtausende hinaus einen maßgeblichen ökologischen Faktor darstellen.“ (Crutzen, 2011, S. 9-10). Die planetaren Grenzen sind teilweise bereits heute überschritten. Ein Teil der anthropogenen Veränderungen, wozu die Arzneimittel in der Umwelt gezählt werden, können bislang nicht ausreichend quantifiziert werden. Seit dem ersten Nachweis werden allerdings täglich neue Arzneimittel in Flüssen und Seen nachgewiesen, die hier erhebliche Schäden, u.a. an Organismen, verursachen. Die Arzneimittel gelangen auf unterschiedliche Weise in die Umwelt. Ein erheblicher Anteil gelangt über Ausscheidungen und falsche Entsorgung des Menschen in das Ökosystem (Ebert et. al., 2014; Start, 2008). Daher gelten die „neuen Eintragungen“ bereits als Risikofaktoren beim Überschreiten der planetaren Grenzen (Steffen et al., 2015).

Arzneimittel, die oral eingenommen werden, sollen meist besonders stabil sein, damit sie ihren Zielort im menschlichen Körper erreichen. Dies setzt voraus, dass sie den sauren pH-Wert des Magens überstehen und gegen bestimmte Enzyme immun sind. Außerdem ist eine gewisse Stabilität bei der Lagerung der Arzneimittel notwendig. Was für den Menschen zunächst als Vorteil bei der Behandlung mit Arzneimitteln erscheint, stellt für die Umwelt eine große Belastung dar (Kümmerer, 2001; Schulte-Oehlmann et. al., 2007). Viele Arzneimittel werden im Körper nicht vollständig abgebaut und gelangen in die Umwelt. Sie sind „persistent, in der wässrigen Phase hoch mobil, umweltschädigend [...] (und) Funktionen störend“ (Kümmerer, 2001, S. 270). Aus diesem Grund und weil die Auswirkungen bislang nicht absehbar sind, sollte mit Arzneimitteln nachhaltiger umgegangen werden.

### Forschungsdesign

Um das Verstehen von Stoffflüssen und das Denken in Kreisläufen zu ermöglichen, sind Lernangebote nötig, die die geringe Erfahrbarkeit dieser biochemischen Prozesse und daraus resultierende Schülervorstellungen berücksichtigen. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, werden im Rahmen des Modells der didaktischen Rekonstruktion Vorstellungen von Lernenden und WissenschaftlerInnen für die Gestaltung von Lernangeboten verwendet und gegenübergestellt. Die daraus resultierenden Gemeinsamkeiten, Unterschiede und Eigenheiten werden für die Entwicklung von Lernangeboten genutzt.

Für die Erhebung der Schülervorstellungen wurden Interviews mit SchülerInnen einer neunten Klasse geführt (n=17). Als Auswertungsmethoden werden die Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) sowie die systematische Metaphernanalyse nach Schmitt (2016) verwendet. Im Zentrum der Metaphernanalyse steht vor allem die Fragestellung: Welche erfahrungsbasierten Grundlagen haben die Vorstellungen von SchülerInnen sowie WissenschaftlerInnen zu Medikamentenströmen in der Umwelt? Um dieser Frage nachzugehen, wird die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens herangezogen. Diese besagt, dass wir im alltäglichen Leben von Geburt an direkte Erfahrungen mit der individuellen Umwelt sammeln. Diese Erfahrungen werden auch als Quellbereich bezeichnet. Werden wiederholte Erfahrungen in der Auseinandersetzung mit der direkten Umwelt gesammelt, so werden beteiligte funktionale Neuronengruppen geformt und verknüpft, d. h. wir verknüpfen unsere Begriffe, Metaphern und Schemata mit unseren Erfahrungen und unserer Gehirnfunktion (Gropengie-

ber, 2007, S. 111). Somit sind Metaphern kein reines Stilmittel, sondern prägen unser menschliches Denken und Handeln. Da das Verstehen, wie Arzneimittel aufgebaut sind und sich in der Umwelt verhalten, lediglich zu einem geringen Teil lebensweltlich zugänglich ist, sind wir auf unsere imaginativen Fähigkeiten angewiesen, die es uns ermöglichen, abstrakte und nicht direkt beobachtbare Vorgänge zu verstehen.

Ein Mittel, die individuellen Vorstellungen als Außenstehender zu erfassen und zu verstehen, ist daher, die verwendeten Metaphern herauszuarbeiten und diese auf die Erfahrung bzw. den Quellbereich zurückzuführen.

### Vorstellungen zu Arzneimitteln

Die Schülerinnen und Schüler nutzen unterschiedliche Konzepte zum Beschreiben von Arzneimitteln in der Umwelt. Ausgewählte Beispiele aus zwei Kategorien der Qualitativen Inhaltsanalyse sollen hier kurz vorgestellt und mit den Vorstellungen von WissenschaftlerInnen kontrastiert werden. Die Zitate sind Ankerbeispiele und dienen dem besseren Verständnis der Konzepte.

Kategorien QIA	SchülerInnenvorstellungen	WissenschaftlerInnenvorstellungen
Verbreitung eines Arzneimittels im menschlichen Körper	„Wenn ich eine Tablette nehme, dann löst die sich so, dass die Wirkstoffe in den Körper gelangen [...] und der Wirkstoff <u>geht</u> dann zu der Entzündung.“ (Jana, 14J.)	Arzneimittel werden über die Blutbahn durch den ganzen Körper geleitet. Je nach <u>Struktur oder Aufbau</u> , wirken sie an einem bestimmten Ort (Campbell, 2011).
Aufbau eines Arzneimittels	In einem Medikament „sind noch spezielle chemische Stoffe <u>drin</u> “ (Sarah 14J.)	„Furthermore, it is known for example that the prions' protein structures are very stable.“ (Kümmerer, 2008, S. 3)

Tab. 1: Ausgewählte Beispiele zu SchülerInnen- und WissenschaftlerInnenvorstellungen

Bei dem Vergleich wie sich ein Arzneimittel im menschlichen Körper verbreitet, wird deutlich, dass die SchülerInnen hier ein anderes metaphorisches Konzept verwenden, als die WissenschaftlerInnen. Die SchülerInnen verwenden das Konzept *Arzneimittel sind Lebewesen*, indem sie das Verb „gehen“ verwenden. Damit suggerieren sie, dass sich das Arzneimittel eigenständig und aktiv durch den menschlichen Körper bewegt und aktiv zu einer entzündeten Stelle finden kann.

Die WissenschaftlerInnen verwenden hingegen eine Gebäudemetapher, indem sie von „Struktur oder Aufbau“ sprechen. Sie nutzen somit das metaphorische Konzept *Arzneimittel sind Bauwerke*. Dieses Konzept verdeutlicht außerdem, dass Arzneimittel sich nicht aktiv fortbewegen können, sondern passiv über die Blutbahn durch den gesamten Körper gelangen. Dadurch, dass Arzneimittel nicht eigenständig ihren „Weg“ bestimmen können, sondern zunächst den gesamten Körper passieren, bis sie je nach Aufbau eine passende „Andockstelle“ finden, kann auch verstanden werden, dass Arzneimittel ebenfalls an Stellen wirken, an denen sie nicht wirken sollen. So werden nicht nur entzündete Stellen im Körper erreicht, sondern auch Organismen, die dem Körper helfen. Aus diesem Grund ist es empfehlenswert bei der Verbreitung eines Arzneimittels im menschlichen Körper nicht das Konzept *Arzneimittel sind Lebewesen* zu verwenden, sondern vielmehr die Passivität der Arzneimittel zu betonen, was mit Hilfe einer Bauwerkmetapher möglich ist.

Beim zweiten Beispiel argumentieren die SchülerInnen mit dem Konzept *Arzneimittel sind Behälter*. Ein Arzneimittel ist somit ein Gefäß, in dem etwas drin ist oder heraus gelassen werden kann. Wie ein Arzneimittel genau aufgebaut sein kann, wird während des gesamten Interviews mit keinem anderen Konzept beschrieben. Da die SchülerInnen ausschließlich mit diesem Konzept argumentieren, kann der exakte Aufbau eines Arzneimittels, sowie die spezifische Wirkung oft nicht nachvollzogen werden, da die Vorstellung der genauen Struktur fehlt.

Die WissenschaftlerInnen wenden bei der Beschreibung des Aufbaus vermehrt das Konzept *Arzneimittel sind Gebäude* an. Die verwendeten Begriffe „Struktur“ und „Stabilität“ lassen eine Zuordnung zu einer Bauwerkmetapher zu. Ein Bauwerk kann besonders stabil gebaut werden und eine bestimmte Struktur aufweisen. Die von den WissenschaftlerInnen gesammelten Erfahrungen mit Gebäuden werden somit auf einen neuen abstrakten Zielbereich angewendet.

Mit dem Konzept *Arzneimittel sind Bauwerke* lassen sich neben dem Aufbau und der Wirkungsweise von Arzneimitteln, zusätzlich Metabolismus und Transformationsprozesse beschreiben, indem ein Arzneimittel umgebaut, umstrukturiert oder ein Teil entnommen, „abgerissen“ wird. Die Metabolismus- und Transformationsprozesse können mit Behältermetaphern nicht verstanden werden, da bei den genannten Prozessen vor allem die spezifische Struktur, also der konkrete Aufbau eines Arzneimittels von Bedeutung ist.

#### **Diskussion und Ausblick**

Vergleicht man die Beschreibung von Arzneimitteln der SchülerInnen und WissenschaftlerInnen, so wird deutlich, dass die WissenschaftlerInnen vermehrt das metaphorische Konzept *Arzneimittel sind Gebäude* anwenden. Die SchülerInnen können mit ihren Konzepten ausschließlich einen Teil der Verbreitung und der Bestandteile eines Arzneimittels beschreiben. Der Metabolismus oder die Transformationsprozesse werden nicht erklärt, was am Fehlen eines passenden metaphorischen Konzeptes liegen kann. Das Begreifen dieser Prozesse ist aber von großer Wichtigkeit, da dadurch erst die Gefahr für die Umwelt erkennbar werden kann. Viele Stoffe, die vorher „gesund“ sind, können erst durch unerwartete Prozesse zu etwas Schädlichem werden. Daher ist es ratsam bei der Vermittlung des genannten Themas ebenfalls auf Bauwerk-Metaphern zurückzugreifen und Begriffe (Metaphern), wie bspw. Stabilität, Umbau, Fundament oder Gerüst mit einzubeziehen.

Ein Ansatzpunkt bei der fachlich angemessenen Vermittlung von Arzneimitteln in der Umwelt ist somit die bewusste Verwendung von Metaphern und das gezielte Sammeln von individuellen Erfahrungen, zur Generierung von Metaphern. Somit können im Unterricht Lernangebote entwickelt werden, die bewusst die Alltagsvorstellungen der Lernenden aufgreifen, gleichzeitig aber auch das Sammeln neuer Erfahrungen zulassen. Ein Thema kann so fachlich angemessen vermittelt werden.

Das Verstehen, warum die durch Menschen verursachte hohe Konzentration von Arzneimitteln in der Umwelt problematisch ist, ist ein wichtiger Prozess beim Verstehen von anthropogenen Prozessen. Gleichzeitig können durch die Lernangebote Erfahrungen gesammelt werden, um diese mit bestehendem Vorwissen zu verknüpfen, um fachlich angemessenes Wissen zu generieren. Dies kommt den Forderungen vom Lernen im Anthropozän nach, dass die Grundsätze fachdidaktischen Unterrichts in einem konkreten fachlichen Kontext stattfinden sollen (Niebert, 2016). Die Lernenden sollen so für Entscheidungen im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung befähigt werden.

**Literatur**

- Campbell, N. A., Reece, J. B., & Kratochwil, A. (2011). *Biologie* (8., aktualisierte Aufl.). München: Pearson Studium.
- Crutzen, P. J. (2011). Die Geologie der Menschheit, in: *Das Raumschiff Erde hat keinen Notausgang. Energie und Politik im Anthropozän*, Frankfurt a.M., 7-10.
- Ebert, I., Conradi, S., Hein, A., Amato, R. (2014). *Arzneimittel in der Umwelt- vermeiden, reduzieren, überwachen*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Gropengießer, H. (2007). Die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In: Krüger, D., & Vogt, H. (Hrsg.). (2007). *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (1st ed). Berlin ;New York: Springer.
- Kümmerer, K. (Hrsg.). (2008). *Pharmaceuticals in the environment: sources, fate, effects, and risks* (3rd ed). Berlin: Springer.
- Kümmerer, K. (2001). Arzneimittel, Diagnostika und Desinfektionsmittel in der Umwelt. In: *UWSF – Z Umweltchem Ökotox* 13 (5), S. 269–276.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl). Weinheim: Beltz.
- Niebert, K. (2016). Nachhaltigkeit lernen im Anthropozän. In M. K. W. Schweer (Ed.), *Bildung für nachhaltige Entwicklung in pädagogischen Handlungsfeldern*. Peter Lang.
- Schmitt, R. (2016). *Systematische Metaphernanalyse als Methode der qualitativen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer VS.
- Schulte-Oehlmann U.; Oehlmann J.; Püttmann W. (2007). Humanpharmakawirkstoffe in der Umwelt: Einträge, Vorkommen und der Versuch einer Bestandsaufnahme. *UWSF – Z Umweltchemie Ökotox* 19 (3) 168–179.
- Start (2008). *Humanarzneimittelwirkstoffe: Handlungsmöglichkeiten zur Verringerung von Gewässerbelastungen – Eine Handreichung für die Praxis*. Institut für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt am Main.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... Sorlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855–59855.

### **Eine Reanalyse von Bewertungsprozessen mit dem erfahrungsbasierten Verstehen**

Naturwissenschaftlicher Unterricht hat neben dem rein fachlichen Lernen auch die Aufgabe, Schülerinnen und Schülern eine Umgebung für ein überfachliches Bewerten von gesellschaftlich relevanten und kontrovers diskutierten Problemen zu bieten, die zwar eng mit naturwissenschaftlichem Wissen verbunden sind, aber nicht allein mit Hilfe naturwissenschaftlicher Konzepte gelöst werden können (z. B. Dittmer et al., 2016). Das Konzept des Anthropozäns bietet einen inhaltlich konkreten Orientierungsrahmen, um reflektiertes Bewerten, Urteilen und Entscheiden zu lernen (siehe Niebert in diesem Band). Bezüglich eines (nicht) nachhaltigen Anthropozäns stellen sich vielfältige konkrete Bewertungsfragen auf unterschiedlichen Ebenen des Entscheidens. Auf der politisch-gesellschaftlichen Ebene geht es z.B. um Fragen wie *Soll industrielle Landwirtschaft in Zukunft weiterhin subventioniert werden? Soll Kerosin für Flugzeuge stärker besteuert werden?* Auf der individuellen Ebene des eigenen Lebensstils geht es etwa um Handlungsentscheidungen und dessen Auswirkungen: *Welche Lebensmittel kaufe ich ein? Wie gestalte ich mein Mobilitätsverhalten?* Die fachdidaktische Forschung im Feld der Bewertungskompetenz bzw. Decision-Making about Socio-Scientific Issues (SSI) zeigt, dass Schülerinnen und Schüler gerade bei Werturteilen weniger auf Fachwissen (z. B. Grace & Ratcliffe, 2002; Solomon, 1992; Fleming, 1986), als vielmehr auf unbewusstes, intuitives erfahrungsbasiertes Wissen aus ihrer sozial-kulturellen und physischen Umwelt zurückgreifen (Bell & Lederman, 2003; Sadler, Chambers, & Zeidler, 2004; Fleming, 1986). Die Studien von Menthe (2012), Heitmann & Tiemann (2011) und Feierabend et al. (2012) liefern zudem evidenzbasierte Hinweise dafür, dass die Vermittlung von naturwissenschaftlichen Fakten und Sachwissen allein *nicht* dazu führt, dass sich die Bewertungen, Urteile und Entscheidungen maßgeblich von einem präinstruktionalen Niveau unterscheiden.

Die in diesem Beitrag vorgestellte Studie ist Teil eines Dissertationsprojektes, welches die gezielte Ansprache und Reflexion impliziter bewertungsleitender Denkrahmen zum Inhalt hat. Das Projekt schließt sich an das von Dittmer et al. (2016, S. 8) sowie von Höhle und Menthe (2013, S. 36) formulierte Desiderat an, fachdidaktische, prozessorientierte Forschung anzustrengen, die an realen Bewertungsprozessen ausgerichtet ist. Der hier verfolgte Ansatz zur Förderung reflektierten Bewertens orientiert sich an den Erkenntnissen der fachdidaktischen Forschung zu Schülervorstellungen und Conceptual Change, die sich in ihrer jüngsten Entwicklung dem Verstehen von Vorstellungen und deren Veränderungen aus der Perspektive der neueren Kognitionsforschung widmet und die Evidenz dafür liefert, dass sich ein konstruktives Einbeziehen von präinstruktionalen Vorstellungen positiv auf den Lernerfolg auswirkt (Amin, Smith, & Wiser, 2014; Niebert & Gropengießer, 2014). Dabei wird der Versuch unternommen, diesen bisher hauptsächlich auf den Kompetenzbereich Fachwissen bezogenen Ansatz im Kompetenzbereich Bewerten anzuwenden. Um eine Reflexion impliziter Bewertungen zu ermöglichen, ist es zunächst erforderlich, einen Zugang zu diesen zu erhalten. Die Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens (TeV) bietet einen solchen Zugang, indem mentale Konstrukte wie *metaphorische Konzepte* und *implizite Denkrahmen* (engl. *Frames*) expliziert werden können und damit kommunizierbar gemacht werden (Gropengießer, 2007; Lakoff & Johnson, 1999; Fillmore, 1982). Kernaussage der TeV ist dabei, dass sämtliche Kognition entweder direkt oder indirekt erfahrungsbasiert ist. Diese Erfahrungsbezüge können dabei implizit oder explizit, bewusst oder unbewusst sein. Das zentrale mentale „Werkzeug“ zur imaginativen Erschließung von abstrakten und kom-

plexen Zusammenhängen ist nach dieser Theorie die sogenannte kognitive Metapher (Lakoff & Johnson, 2003). Dabei werden Teile des Wissens über einen bereits verstandenen (meist sinnlich erfahrbaren) Herkunftsbereich auf den abstrakten Zielbereich übertragen (Drewer, 2003, S. 6).

In vielen Ansätzen zur Analyse von Bewertungskompetenz wird sich über die Analyse von Argumentationen genähert (z.B. Feierabend et al., 2012; Heitmann & Tiemann, 2013; Mittelsten Scheid & Höbke, 2008; Jiménez-Aleixandre, 2002; Schweizer & Kelly, 2005; Kortland, 1996). Dies ist dahingehend nachvollziehbar, als dass es in unterrichtlichen Kontexten u. a. darum geht, die Ergebnisse von Urteils- oder Entscheidungsprozessen argumentativ zu rechtfertigen (Höttecke, 2013, S. 7; Reitschert et al., 2007). Dabei besteht jedoch die Gefahr, dass die beiden Kompetenzbereiche Bewerten und Argumentieren (als Teilkompetenz des Kommunizierens) einander gleichgesetzt werden (Höttecke, 2013, S. 7). Dies gilt vor Allem dann, wenn der Fokus der Analyse primär auf die Argumentationsstrukturen, also der aus argumentationstheoretischer Sicht korrekten Verknüpfung von Argumentationselementen gelegt wird. Gerade beim überfachlichen Bewerten von komplexen, umstrittenen Sachverhalten geht es ebenso um die Explikation von Werthaltungen (Dittmer et al., 2016) und deren Einbettung in eine Argumentation. Diese Studie versucht die Frage zu beantworten, welchen Beitrag das erfahrungsbasierte Verstehen zur Analyse von Bewertungsprozessen in Anthropozänkontexten leisten kann. Dazu werden empirische Untersuchungen zur Bewertungskompetenz aus Sicht der TeV reanalysiert.

### Method

Die zur Reanalyse herangezogenen Daten bestehen aus publizierten Ankerziten von in der Regel zwei bis fünf Sätzen. Das methodische Vorgehen kombiniert die Verfahren der Metaphernanalyse nach Schmitt (2003) und der Rekonstruktion von Alltagsargumentationen nach Bayer (2007). Zunächst wird die *Spitzenformulierung*, d.h. die zentrale, hierarchiehöchste normative Konklusion der jeweiligen Argumentation herausgestellt. Daran anschließend wird das *Hauptargument* zur Stützung der Spitzenformulierung rekonstruiert. Zur Ergänzung nicht ausformulierter, aber dennoch verwendeter Prämissen (und ggf. sogar Konklusionen) kommt die Metaphernanalyse zum Einsatz (Debatin, 2011; Pielenz, 1993). Im Folgenden soll das Vorgehen dieser Studie beispielhaft vorgestellt werden.

### Exemplarische Reanalyse

In einer Analyse von Heitmann und Tiemann (2013) wurden Bewertungsaussagen von Schülerinnen und Schülern zum Klimawandel untersucht. Als theoretisches Modell wird das Argumentationsschema von Toulmin (1996), insbesondere dessen Kernelemente *Behauptung*, *Daten* und *Schlussregel* herangezogen<sup>1</sup>. Als gelungen werden solche Bewertungen gedeutet, deren Argumentationsstruktur mit obigen Elementen im Sinne Toulmins schlüssig sind. Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert zur Problematik des „Erdbeerkaufs im Winter“ begründet Stellung zu beziehen. Der Bezug zum Klimawandel besteht dabei in dem relativ hohen CO<sub>2</sub>-Ausstoß, welcher durch den Transport des Obstes verursacht wird. Am folgenden Aussagengefüge eines Schülers führen Heitmann und Tiemann ihre an Toulmin orientierte Analyse exemplarisch vor (S. 194):

„[Ich werde auch weiter Erdbeeren und andere Lebensmittel außerhalb ihrer Saison kaufen], weil der Import/Export von Lebensmitteln in der heutigen Zeit gang und gä-

<sup>1</sup>Nach Bayer (2007, S. 140) ist das Analyseschema von Toulmin mit den formallogischen Argumentationsmustern kompatibel. Das Konstrukt der *Behauptung* entspricht der *Konklusion*, während *Daten* und *Schlussregel* prämissenhafte Konstrukte darstellen.

*be ist: Erdbeeren werden von Spanien nach Deutschland importiert und die Wirtschaft lebt vom Import/Export [Daten]. Deswegen finde ich das nicht schlimm [Behauptung]. [...]“*

Das Fehlen einer expliziten Schlussregel, welche nach Toulmin (1996, S. 96) die Begründungen liefert, warum die dargelegten Daten für die Gültigkeit der Behauptung relevant sind, führen in dieser Analyse dazu, dass die Argumentation von der Autorin und dem Autor als „nicht überzeugend“ gewertet wird: Es „[...] zeigt sich, dass die Bewertung unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte eher unreflektiert bleibt, da sie zum großen Teil auf Vermutungen beruht.“ Als Ursache dafür wird ein „[geringes] Verständnis für ökonomische Prozesse“ vermutet, „um erfolgreich Daten des Sektors Wirtschaft zu liefern [...]“.

Die Reanalyse aus der Perspektive der TeV offenbart die inhaltliche moralische Ebene der Argumentation: Die vom Schüler zu Beginn befürwortete Handlungsoption (*Spitzenformulierung*) wird in der Folge argumentativ gerechtfertigt: Zunächst beschreibt der Schüler die übliche Praxis des Imports/Exports von Lebensmitteln. Dies konkretisiert er am Beispiel der Erdbeere, indem er darlegt, dass Erdbeeren von Spanien nach Deutschland importiert werden. Diese Beschreibung des Sachverhalts sowie die daran anschließende sprachliche Wendung „und die Wirtschaft lebt vom Import/Export“ kann aus der Toulmin’schen Perspektive als Darlegung von *Daten* bezeichnet werden. Das Fehlen einer expliziten *Schlussregel* wird jedoch erklärbar, wenn man den zugrundeliegenden impliziten Denkraum rekonstruiert. Die Aussage „Die Wirtschaft *lebt* vom Import/Export“ weist zunächst auf das stark konventionalisierte metaphorische Konzept WIRTSCHAFT IST LEBEWESEN hin (s. auch Baldauf, 1997, S. 192ff.; Jäkel, 2003, S. 200). Im oben zitierten Fall ermöglicht dieser Denkraum, das abstrakte Ereignis „regelmäßige Einfuhr bzw. Ausfuhr von Waren und Dienstleistungen über Nationengrenzen hinweg“ (in der Fachsprache als Import/Export bezeichnet) als ERNÄHRUNG zu deuten. Ernährung ist lebensnotwendig. Durch das Unterlassen des Kaufens von Lebensmitteln aus anderen Ländern wird dem LEBEWESEN WIRTSCHAFT die NÄHRUNG VORENTHALTEN. Kauft niemand mehr Lebensmittel aus fernen Ländern, so könnte dies dazu führen, DASS DIESES LEBEWESEN STIRBT. Dessen möchte sich der Schüler nicht mitschuldig machen: „Deswegen finde ich das nicht schlimm“ [*im Winter Erdbeeren zu kaufen*]. Diese Bewertung ist so elementar und intuitiv zugänglich, dass die Schlussregeln, welche zur Bewertung des Sachverhaltes führen, nicht ausgesprochen werden. Sie werden vom Schüler – wenn auch unbewusst – als geteiltes Wissen vorausgesetzt (Busse, 2009, S. 83f).

### **Diskussion und Ausblick**

Da eine Metapher immer nur einen Teil des Zielbereichs beschreiben kann, hebt sie immer bestimmte Aspekte hervor, während andere durch den Gebrauch der Metapher verborgen werden (Lakoff & Johnson, 2003). Dabei besteht die Gefahr, dass eine Metapher als „real“ wahrgenommen (Drewer, 2003) und deren Denkraum zum einzigen Maßstab für den zu bewertenden Sachverhalt wird. Das metaphorische Konzept WIRTSCHAFT IST LEBEWESEN ist in Hinblick auf die globalen Probleme des Anthropozäns diskussionswürdig. Die Bewusstmachung der Metapher im Unterricht könnte z. B. zu der Erkenntnis führen, dass es sich bei der aktuellen Praxis des Wirtschaftens keinesfalls um eine NATURGEGEBENHEIT sondern um ein Kulturerzeugnis handelt, und damit von Menschen bei Bedarf verändert werden kann. Weitere Reanalysen der Studie haben aufgezeigt, dass diese implizite Form der metaphorischen Argumentation häufig auftritt und sich auch entscheidend auf die Bewertung von komplexen Sachverhalten auswirkt. Die Reanalyse wird daher fortgeführt.

**Literatur**

- Amin, T. G., Smith, C. L., & Wiser, M. (2014). Student Conceptions and Conceptual Change. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, Vol. II (1–17). New York und London: Routledge.
- Baldauf, C. (1997). *Metapher und Kognition*. Frankfurt a. M.: Peter Lang Publishing.
- Bayer, K. (2007). *Argument und Argumentation*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Bell, R. L., & Lederman, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87(3), 352–377.
- Busse, D. (2009). *Semantik*. Paderborn: W. Fink UTB.
- Debatin, B. (2011). Die Rationalität metaphorischer Argumente. In M. Junge (Ed.), *Metaphern und Gesellschaft (185–203)*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Dittmer, A., Gebhard, U., Höttecke, D., & Menthe, J. (2016). Ethisches Bewerten im Naturwissenschaftlichen Unterricht: Theoretische Bezugspunkte. *Zeitschrift für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 1–12.
- Drewer, P. (2003). *Die kognitive Metapher als Werkzeug des Denkens*. Tübingen: Gunter Narr Verlag.
- Feierabend, T., Stuckey, M., Nienaber, S., & Eilks, I. (2012). Two Approaches for Analyzing Students' Competence of 'evaluation' in group discussions about climate change. *International Journal of Environmental and Science Education*, 7(4), 581–598.
- Fillmore, C. J. (1982). Frame Semantics. In *The Linguistic Society of Korea (Ed.), Linguistics in the Morning Calm (111–137)*. Seoul.
- Fleming, R. (1986). Adolescent reasoning in socio-scientific issues, part I: Social cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 677–687.
- Grace, M. M., & Ratcliffe, M. (2002). The science and values that young people draw upon to make decisions about biological conservation issues. *International Journal of Science Education*, 24(1), 1157–1169.
- Gropengießer, H. (2007). Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In P. D. D. Krüger & P. D. H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung (05–116)*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Heitmann, P., & Tiemann, R. (2013). "Erdbeeren im Winter?." In J. Menthe, D. Höttecke, I. Eilks, & C. Höhle (Eds.), *Handeln in Zeiten des Klimawandels (183–202)*. Münster: Waxmann Verlag.
- Höhle, C., & Menthe, J. (2013). Urteilen und Entscheiden im Kontext Bildung für nachhaltige Entwicklung. In J. Menthe, D. Höttecke, I. Eilks, & C. Höhle (Eds.), *Handeln in Zeiten des Klimawandels (35–63)*. Münster: Waxmann Verlag.
- Höttecke, D. (2013). Bewerten - Urteilen - Entscheiden. Ein Kompetenzbereich des Physikunterrichts. *Unterricht Physik*, 134, 4–12.
- Jäkel, O. (2003). *Wie Metaphern Wissen schaffen*. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24(1), 1171–1190.
- Kortland, K. (1996). An STS case study about students' decision making on the waste issue. *Science Education*, 80(6), 673–689.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the Flesh: The Embodied Mind and Its Challenge to Western Thought*. New York: Basic Books.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (2003). *Metaphors We Live By*. Chicago: University of Chicago Press.
- Mittelsten Scheid, N., & Höhle, C. (2008). Wie Schüler unter Verwendung syllogistischer Elemente argumentieren. Eine empirische Studie zu Niveaus von Argumentation im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*.
- Niebert, K., & Gropengießer, H. (2014). Understanding the Greenhouse Effect by Embodiment – Analysing and Using Students' and Scientists' Conceptual Resources. *International Journal of Science Education*, 36(2), 277–303.
- Pielenz, M. (1993). *Argumentation und Metapher*. Tübingen: Gunter Narr Verlag.
- Reitschert, K., Langlet, J., Höhle, C., Mittelsten Scheid, N., & Schlüter, K. (2007). Dimensionen Ethischer Urteilskompetenz. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht MNU*, 60/1, 43–51.
- Sadler, T. D., Chambers, W. F., & Zeidler, D. L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387–409.
- Schmitt, R. (2003). Methode und Subjektivität in der Systematischen Metaphernanalyse. *Forum: Qualitative Social Research*, 4(2).
- Schweizer, D. M., & Kelly, G. J. (2005). An Investigation of Student Engagement in a Global Warming Debate. *Journal of Geoscience Education*, 53(1), 75–84.
- Solomon, J. (1992). The classroom discussion of science-based social issues presented on television: knowledge, attitudes and values. *International Journal of Science Education*, 14(4), 431–444.
- Toulmin, S. E. (1996). *Der Gebrauch von Argumenten*. Weinheim: Beltz, Athenäum.

## **Eine Didaktische Rekonstruktion der Energiewende Lernhindernisse zu erneuerbaren Energien**

Der Anstieg der Energienutzung durch die Menschheit ist stark mit dem Zeitalter des Anthropozäns und den damit verbundenen Folgen für die Erdsysteme verknüpft (Steffen, Broadgate, Deutsch, Gaffney, & Ludwig, 2015). Hier ist insbesondere der Anstieg der Treibhausgasemissionen als Ursache für die Klimakrise zu nennen. Die Grenzen dessen, was unser Planet in Bezug auf das Klima verkraften kann, sind bereits überschritten (Steffen, Richardson, u. a., 2015). Sowohl in der Wissenschaft als auch in der Politik wird die Energiewende als notwendige Maßnahme zur Eindämmung der Folgen für das Klima gesehen (UN, 2015; WBGU, 2011). Aufgrund dieser hohen gesellschaftlichen Relevanz sollte der Kontext der Energiewende neben dem curricular fest verankerten Energiekonzept eine feste Rolle im Unterricht der Naturwissenschaften spielen. In diesem Beitrag will ich mit Hilfe des Modells der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, 2007) zeigen, welche Lernhindernisse und Lernchancen die Energiewende im naturwissenschaftlichen Unterricht mit sich bringt und wie diese gewinnbringend genutzt werden können.

### **Stand der Forschung**

In jüngerer Zeit gibt es in der Lehr- und Lernforschung bezüglich erneuerbarer Energien und Energy Literacy im internationalen Raum eine Reihe von größtenteils quantitativen Studien (z.B. Çelikler & Aksan, 2015; DeWaters & Powers, 2011). In Bezug auf die Vorstellungen der Schüler\_innen zeigen sich in diesen Studien durchgehend Probleme der Proband\_innen verschiedene Energieträger als erneuerbar bzw. nicht erneuerbar zu identifizieren. Außerdem fällt es den Lerner\_innen schwer, eine fachlich angemessene Definition des Begriffes „erneuerbare Energien“ aus vorgegebenen Items auszuwählen. Menthe (2006) fand bei Schüler\_innen verschiedene Vorstellungen zu fossilen Brennstoffen (verursachen Umweltverschmutzung; sind endlich; sind nach der Verwendung weg) und erneuerbaren Energien (mehrfach nutzbar; natürlich). Allerdings wurden hier beispielhafte Zuordnungen vorgegeben, die von den Schüler\_innen lediglich begründet werden mussten. Offen bleibt dabei die Frage, welche Vorstellungen hinter den Zuordnungen der Energieträger zu den Kategorien erneuerbar und nicht erneuerbar stehen.

### **Forschungsfragen und Untersuchungsdesign**

Um diese Vorstellungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht nutzbar zu machen, verwende ich das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, 2007). Dabei werden die Vorstellungen der Schüler\_innen erhoben, analysiert und mit Vorstellungen von Wissenschaftler\_innen kontrastiert, um Konsequenzen für die didaktische Strukturierung des Unterrichts abzuleiten. Daraus ergeben sich die Forschungsfragen, welche Vorstellungen Schüler\_innen bzw. Wissenschaftler\_innen zu erneuerbaren und nicht erneuerbaren Energien haben und welche Lernhindernisse und Lernchancen sich aus deren Vergleich ergeben. Zur Erhebung der Schüler\_innenvorstellungen führte ich eine leitfadengestützte Interviewstudie mit insgesamt 27 Achtklässler\_innen (10 Partner\_innen-, 7 Einzelinterviews) durch. Während des Interviews erhielten die Schüler\_innen als narrativen Impuls acht Karten mit Energieträgern (Kohle, Erdgas, Erdöl, Uran, Sonne, Wind, Biomasse, Erdwärme). Zur Analyse der Vorstellungen der Wissenschaftler\_innen zog ich zwei Gutachten des WBGU (2003, 2011) heran. Die Transkripte und Texte der Gutachten wurden mit der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) ausgewertet. Es wurden Textstellen codiert, die eine Aussage zur Charakterisierung erneuerbarer bzw. nicht erneuerbarer Energien enthalten.

Daraus wurden in Bezug auf die Interviews zunächst induktiv Kategorien gebildet. Diese Kategorien legte ich zur Analyse der Vorstellungen der Wissenschaftler\_innen in einem nächsten Schritt deduktiv auf die wissenschaftlichen Texte an und ergänzte fehlende Kategorien induktiv.

### Ergebnisse

Aus der Analyse der ausgewerteten Daten ergeben sich sechs übergeordnete Kategorien zu den Vorstellungen über erneuerbare und nicht erneuerbare Energieträger (Abb. 1).

Ausprägungen der Kategorien bei Schüler_innen		Übergeordnete Kategorien	Ausprägungen der Kategorien bei Wissenschaftler_innen		
Unbegrenzt	Begrenzt		Verfügbarkeit	Geograph.	Zeitlich
Reichlich	Knapp				
Sauber	Dreckig	Auswirkungen	Mensch	Umwelt	
Erzeugbar	Nicht erzeugbar	Produzierbarkeit	X <sup>1</sup>		
Erhaltung	Vernichtung	Erhaltung	(X) <sup>2</sup>		
Natürlich	Künstlich	Natürlichkeit	X		
X		Kosten	Gestehungskosten	Folgekosten	

Abb. 1: Kategoriensystem der Vorstellungen von Schüler\_innen und Wissenschaftler\_innen zur Charakterisierung erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energieträger

Die Schüler\_innen und Wissenschaftler\_innen charakterisieren die Energieträger über deren Verfügbarkeit, die Auswirkungen der Nutzung der Energieträger, die Produzierbarkeit, die Erhaltung der Energieträger nach ihrer Nutzung, ihre Natürlichkeit und die mit den Energieträgern verbundenen monetären Kosten. Die Schüler\_innen denken über erneuerbare und nicht erneuerbare Energieträger innerhalb der übergeordneten Kategorien in stark dichotomen Ausprägungen.

Bezüglich der Verfügbarkeit lässt sich bei den Schüler\_innen die Dichotomie finden, dass erneuerbare Energien unbegrenzt zur Verfügung stehen, während nicht erneuerbare Energien begrenzt sind. So sagt beispielsweise Olga<sup>3</sup>: „Erneuerbar {bedeutet}, dass die Ressourcen nicht aufbrauchbar sind [...] {Bei den nicht-erneuerbaren Ressourcen} ist der Vorrat begrenzt.“ Auch die Wissenschaftler\_innen sehen die Verfügbarkeit nicht erneuerbarer Energieträger als stofflich begrenzt an (WBGU, 2011). Allerdings ist nach ihren Aussagen „[b]ei erneuerbaren Energien nicht [...] ihre Gesamtmenge, dafür aber die potenzielle Verfügbarkeit in einem bestimmten Zeitintervall, ihr Potenzial, begrenzt“ (WBGU, 2011: 118). Eine weitere Unterkategorie der Wissenschaftler\_innen vorstellungen in Bezug auf die Verfügbarkeit erneuerbarer sowie nicht erneuerbarer Energieträger ist ihre geographische Determinierung (WBGU, 2011; 2003). Zur Kategorie der Verfügbarkeit kommt bei den Schüler\_innen vorstellungen eine wertende Komponente hinzu, wenn man die Dichotomie

<sup>1</sup> X bedeutet, dass hierzu im Ausgangsmaterial keine entsprechenden Vorstellungen gefunden wurden.

<sup>2</sup> Die Wissenschaftler\_innen charakterisieren die Energieträger nicht dadurch, dass sie erhalten bleiben oder vernichtet werden. Dennoch wird das Wort „verbrauchen“ im Zusammenhang mit Energieträgern verwendet.

<sup>3</sup> Alle Namen wurden geändert.

reichlich/knapp betrachtet. Karin sagt beispielsweise: *„Erneuerbare Energien sind Stoffe, die es viel häufiger auf der Welt gibt, dass andere Mangelstoffe nicht knapp werden.“* Nach dem WBGU (2011) sind sowohl erneuerbare als auch nicht erneuerbare Energieträger reichlich verfügbar und *„[d]ie noch immer in großen Mengen vorhandenen fossilen Energieträger könnten sich [...] als Hemmnis der Transformation erweisen“* (WBGU, 2011: 118).

In Bezug auf die Auswirkungen der Nutzung erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energieträger ließ sich bei den Schüler\_innen die Dichotomie sauber/dreckig finden. So führt Anton an, erneuerbare Energieträger würden *„gar keine giftigen Abgase [machen]“* und Hugo spricht davon, dass nicht erneuerbare Energieträger *„schädlicher für die Umwelt [sind]“* und beispielsweise Erdöl die Luft verschmutzt. Diese klare Dichotomie lässt sich bei den Wissenschaftler\_innen nicht finden. Hier werden für alle Energieträger Auswirkungen auf Mensch und Umwelt aufgeführt. Es wird explizit benannt, dass *„[d]ie Nutzung erneuerbarer Energien [...] mit Umweltfolgen oder unerwünschten sozialen Effekten verbunden sein [kann]“* (WBGU, 2011: 128), wobei auch der wissenschaftliche Beirat letztendlich zu der Bewertung kommt, dass *„[d]ie Nutzung erneuerbarer Energien [...] in der Regel mit erheblich niedrigeren Treibhausgasemissionen verbunden [ist]“* (WBGU, 2011: 125/126).

### **Diskussion**

Die Vorstellungen der Schüler\_innen zeigen, dass die Lernenden bei der Diskussion um erneuerbare und nicht erneuerbare Energieträger stark in Dichotomien denken. Dies könnte die Probleme bei der Zuordnung zu den Kategorien erneuerbar und nicht erneuerbar erklären, die in vorangegangenen Studien (Çelikler & Aksan, 2015; DeWaters & Powers, 2011) gefunden wurden. Möglicherweise wenden die Schüler\_innen bestimmte Dichotomien, wie auch in den Interviews dieser Studie, konsequent an, um die Energieträger in erneuerbar und nicht erneuerbar einzuteilen. Die Ursache für die Dichotomien liegt zum Teil sicherlich im Begriffspaar erneuerbar und nicht erneuerbar selbst. Damit sich dies für den Unterricht nicht als hinderlich erweist, ist es wichtig, die Definition des Begriffes erneuerbarer Energien und die Unterschiede der einzelnen Energieträger zu thematisieren und die im allgemeinen Sprachgebrauch verwendeten Begriffe wie erneuerbar und nicht-erneuerbar kritisch zu hinterfragen. Des Weiteren ist es essentiell, typische Schüler\_innen\_vorstellungen, die in Bezug auf das Energiekonzept bereits gut erforscht sind, in die Planung eines Unterrichtes im Kontext der Energiewende mit einzubeziehen. So finden sich in den Dichotomien beispielsweise lange bekannte Vorstellungen wie das Vernichtungskonzept (z.B. Duit, 1984; Yuenyong, Jones, & Sung-Ong, 2011) wieder oder, dass Energie oft stofflich verstanden wird (z.B. Lancor, 2012; Pahl, 2013; Trauschke & Gropengießer, 2014). Im Hinblick auf die Förderung von Bewertungskompetenz können die Dichotomien durchaus als Lernchancen fungieren, wenn sie mit den Vorstellungen der Wissenschaftler\_innen kontrastiert werden.

Letztendlich wird deutlich, dass es sich bei der Energiewende, wie z.B. in Hinblick auf die Verfügbarkeit und die Auswirkungen der einzelnen Energieträger auch um eine Bewertungsfrage handelt. Das Konzept des Anthropozäns kann hierbei als Orientierungsrahmen dienen.

**Literatur**

- Çelikler, D., & Aksan, Z. (2015). The opinions of secondary school students in Turkey regarding renewable energy. *Renewable Energy*, 75, 649–653. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.036>
- 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. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.049>
- Duit, R. (1984). Learning the energy concept in school - empirical results from The Philippines and West Germany. *Physics Education*, 19(2), 59–66. <http://doi.org/10.1088/0031-9120/19/2/306>
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion-eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 93–104). Berlin: Springer.
- Lancor, R. A. (2012). Using Student-Generated Analogies to Investigate Conceptions of Energy: A multidisciplinary study. *International Journal of Science Education*, (May), 1–23. <http://doi.org/10.1080/09500693.2012.714512>
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11. Aufl.). Basel: Beltz.
- Menthe, J. (2006). Urteilen im Chemieunterricht. Eine empirische Untersuchung über den Einfluss des Chemieunterrichts auf das Urteilen von Lernenden in Alltagsfragen. Dissertation, Osnabrück: Der Andere Verlag.
- Pahl, E. M. (2013). *Vorstellungen von Lehrpersonen aus dem Sach- und Physikunterricht zum Thema Energie und dessen Vermittlung*: Berlin: Logos.
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81–98. <http://doi.org/10.1177/2053019614564785>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... Sorlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855–1259855. <http://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Trauschke, M., & Gropengießer, H. (2014). „Sonnenstrahlung wird in Nahrung umgewandelt“. *Biologie verstehen: Energie in Ökosystemen. Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 9–24.
- United Nations (UN). (2015). Adoption of the Paris Agreement. Paris Climate Change Conference - November 2015, COP 21 (S. 32). <http://doi.org/FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1>
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU). (2003). *Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit*. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-55861-0>
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU). (2011). *Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*. Berlin: WBGU.
- Yuenyong, C., Jones, A., & Sung-Ong, S. (2011). Student Energy Conceptions. In M. M. H. Cheng & W. W. M. So (Hrsg.), *Science Education in International Contexts* (S. 3–16). Sense Publishers.

## **Zum Verstehen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung**

Wenn naturwissenschaftlicher Unterricht im Anthropozän auch darauf zielen soll, einen Beitrag zur Urteils- und Entscheidungsfähigkeit von Lernenden zu leisten, dann hat das Auswirkungen auch auf die angestrebten Lernziele im Hinblick auf ein Verständnis naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In diesem Beitrag soll gezeigt werden, inwiefern ein Verständnis naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Anthropozän notwendig ist, es sollen bestehende Unterrichtsansätze daraufhin geprüft werden, inwieweit sie geeignet sind, um ein solches Verständnis zu fördern, welche fachdidaktischen Desiderate sich aus dieser Bewertung ergeben und wie ich diese bearbeitet habe.

### **Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Anthropozän**

Auf die Frage, inwiefern ein Verständnis naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Anthropozän notwendig ist, um Urteils- und Entscheidungsfähig zu sein, scheinen zwei Aspekte zentral zu sein. Versteht man naturwissenschaftlichen Unterricht als ein Heranführen an naturwissenschaftliches Denken, so stellt sich zum einen die Frage, welche Rolle naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten dabei spielt, dass die Erde in so starkem Maße vom Menschen in nicht-nachhaltiger Weise gestaltet wird. Zum anderen spielt in nachhaltigkeitsrelevanten Entscheidungsfragen häufig naturwissenschaftliches Wissen eine Rolle, das mit Unsicherheit behaftet ist. Eine Ursache solcher Unsicherheit besteht darin, dass in Fragen nachhaltiger Entwicklung häufig naturwissenschaftliche Erkenntnisse aus Gebieten herangezogen werden, in denen die Forschung noch nicht abgeschlossen ist. Zudem beziehen sich Fragen nachhaltiger Entwicklung häufig auf naturwissenschaftliche Phänomene, in denen sehr viele Faktoren eine Rolle spielen, in denen wesentliche Faktoren nur ungenau bestimmt sind oder in denen sehr kleine Unterschiede einzelner Faktoren sehr große Auswirkungen haben. In solchen Fällen sind dann nur Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich.

### **Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung in der Naturwissenschaftsdidaktik**

Dass der Mainstream der „nature of science“-Ansätze den Umgang mit solcher Unsicherheit, gerade auch im Hinblick auf unabgeschlossene Forschungsgebiete, nicht hinreichend adressiert, hat Allchin (2011) ausgeführt. Die Frage, inwieweit naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten auch zu einer nicht-nachhaltigen Entwicklung beiträgt, wurde in den 1970er Jahren bereits bearbeitet. So hat Bulthaupt es als Charakteristikum der Naturwissenschaft gesehen, dass „einzelne Naturerscheinungen aus dem Naturzusammenhang sorgfältig isoliert werden“ (Bulthaupt, 1996, S. 19). Es komme ihm zufolge zur Zerstörung der natürlichen Lebensgrundlagen, da nicht der Naturzusammenhang im Ganzen, sondern immer nur partikulare Zusammenhänge von Naturerscheinungen unter Kontrolle zu bekommen sind und der Prozess der Umgestaltung der Lebensbedingungen „unkoordiniert“ und „anarchisch“ verlaufe (ebd.).

Es stellt sich damit die Frage, ob die bestehenden Ansätze forschend-entdeckenden Unterrichts und zur Thematisierung des Wesens der Naturwissenschaft geeignet sind, um die Frage danach, inwiefern naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten nützlich und inwiefern es hinderlich bei der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung ist, im Unterricht zum Gegenstand zu machen. Fasst man das Wesen der Naturwissenschaft im Sinne der sogenannten „Lederman seven“ (Duschl & Grandy 2013), dann besteht das Ziel eines

entsprechenden Unterrichts in der Einsicht, dass naturwissenschaftliches Wissen vorläufig, erfahrungsbasiert, subjektiv, sozial und kulturell eingebettet und in seiner Entstehung auf menschliche Schlussfolgerungen, Fantasie und Kreativität angewiesen ist. Daneben sei es wichtig, Beobachtungen von Schlussfolgerungen unterscheiden zu können und die Funktion von und die Beziehung zwischen Theorien und Gesetzen zu verstehen (Lederman 2007; Lederman & Lederman 2014). Wie diese Aspekte mit der behaupteten Partikularität zusammenhängen, bleibt dabei unklar und insbesondere bleibt unklar, weshalb die Partikularität ein wesentliches Element naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens ist. Auch die verbreiteten Ansätze forschend-entdeckenden Unterrichts helfen hier nicht weiter. So verweist Höttecke (2010) zur Bestimmung der Elemente forschend-entdeckenden Unterrichts einerseits auf das Phasenmodell von Bell (2007), das die zwölf Elemente Orientieren, Probleme formulieren, Ideen äußern, Untersuchungen planen, Informationen suchen, Wissen ausdrücken/modellieren, Vermuten, Experimentieren, Auswerten/Ergebnisse finden, Präsentieren, Diskutieren/Reflektieren und Anwenden beinhaltet und auf das Phasenmodell von Bybee (1997), das die fünf Elemente „engage“, „explore“, „explain“, „elaborate“ und „evaluate“ beinhaltet. Der so gefasste forschend-entdeckende Unterricht orientiert sich also an naturwissenschaftlichen Praktiken. Diese werden jedoch so abstrakt beschrieben, dass sie – abgesehen vielleicht vom Experimentieren – gar nicht in einer Weise gefasst werden, die spezifisch für das naturwissenschaftliche Vorgehen ist, sondern so auch für jede Form empirischer Wissenschaft formuliert werden könnten.

Damit stellt sich die Frage, auf welcher Basis ein differenzierteres Verständnis naturwissenschaftlichen Denkens gewonnen werden kann, das sich besser für die Reflexion im Hinblick auf die Nützlichkeit für die Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung eignet. Häufig wird dazu auf Ansätze zum naturwissenschaftlichen Denken aus der Psychologie, insbesondere auf Kuhn (2014) und Klahr (2000) zurückgegriffen. Die nähere Analyse (vgl. Kosler, im Druck) zeigt jedoch, dass naturwissenschaftliches Denken in diesen Ansätzen im Wesentlichen als Koordination von Theorie und Evidenz gefasst wird. Es wird damit einerseits gar nicht spezifisch für die Naturwissenschaft und andererseits zu abstrakt, als dass der partikuläre Charakter der Naturbetrachtung in den Blick käme, verstanden. Naheliegender wäre es schließlich, auf die jüngere Wissenschaftsforschung zurückzugreifen. Die nähere Analyse (ebd.) zeigt jedoch, dass die detaillierte Rekonstruktion historischer Episoden naturwissenschaftlicher Forschung gerade die Heterogenität der Vorgehensweisen sichtbar werden lässt und es daher gerade zu den Resultaten der jüngeren Wissenschaftsforschung zählt, das Vorhandensein einer einheitlichen naturwissenschaftlichen Methode zu bezweifeln (Hacking, 1996, S. 22; Rheinberger, 2007, S. 93f.).

### **Bearbeitung des Desiderates**

Um dennoch zu einer systematischen Bestimmung naturwissenschaftlichen Denkens zu kommen, habe ich den kulturvergleichenden Ansatz Julliens (1999, 2004, 2010) herangezogen. Jullien vergleicht die Grundannahmen europäischen und chinesischen Denkens miteinander. Da sich die Naturwissenschaft nur in Europa entwickelt hat, bietet der Vergleich mit China die Möglichkeit, Spezifika europäischen Denkens in den Blick zu bekommen, die sich in der Naturwissenschaft entfaltet haben. Zwei solche Spezifika konnten identifiziert werden (vgl. Kosler, im Druck): Die Orientierung am Modell, nach dem Vorbild der euklidischen Geometrie, und die Idee, Naturveränderungen nach dem Vorbild der Bewegung eines Körpers zu betrachten.

### **Ergebnisse**

Unter Rekurs auf Netz (1999) konnte ich zeigen, dass das Charakteristische an der euklidischen Geometrie in der Verwendung von Diagrammen besteht. Die Verwendung

dieser Diagramme bringt zwei besondere Vorteile mit sich: Zum einen reduziert die Nutzung der Diagramme den Gegenstandsbereich, über den im Zuge der Beweisführung gesprochen wird. Dies geschieht dadurch, dass in den Diagrammen jeweils wenige Punkte durch Buchstaben bezeichnet werden. In der Beweisführung wird nur auf eine kleine Anzahl geometrischer Objekte wie Punkte, Linien oder Flächen Bezug genommen. Zum zweiten steht das jeweilige Diagramm für eine beliebig große Zahl ähnlicher geometrischer Objekte, die mit dem im Diagramm repräsentierten Objekt diejenigen Eigenschaften teilen, die im Rahmen der Beweisführung angenommen werden. Dies ermöglicht es am Ende der Beweisführung dem Leser und der Leserin, sich davon zu überzeugen, dass der am jeweiligen Diagramm geführte Beweis unverändert auch für all diese geometrischen Objekte, für die das Diagramm als Stellvertreterobjekt fungiert, geführt werden könnte und so der Beweis allgemeingültig ist. Jullien zufolge entfaltete sich diese Orientierung des Denkens am Modell nach dem Vorbild der Geometrie in der neuzeitlichen Naturwissenschaft, indem Galilei einen Weg fand, Naturwissenschaft nach diesem Vorbild zu betreiben.

Die Idee, Veränderung in der Natur nach dem Vorbild der Bewegung eines Körpers zu betrachten, lokalisiert Jullien bereits in der Physik des Aristoteles. Unter Heranziehung der jüngeren Wissenschaftsphilosophie und -geschichte habe ich daher untersucht, wie Galilei diese beiden Grundannahmen des Denkens aufnahm. Es zeigt sich, dass Galilei gerade den aristotelischen Begriff der Veränderung am Beispiel der Bewegung eines Körpers weiterentwickeln musste, um die Arbeit mit Diagrammen aus der euklidischen Geometrie in die Naturwissenschaft überführen zu können. Nach Aristoteles lassen sich Veränderungen stets durch die Angabe eines Anfangszustandes, eines Endzustandes und des Objektes, an dem sich die Veränderung vollzieht, charakterisieren (Ackrill, 1985). Galilei weicht nun von diesem Veränderungsverständnis ab, indem er den Begriff des Geschwindigkeitsmomentes einführt. Damit lässt sich das Fallen eines Körpers auch in einem Moment charakterisieren. Es ist damit nicht mehr notwendig, einen Anfangs- und einen Endzustand anzugeben. Damit lassen sich nun Veränderungen nicht mehr nur als endliche Bewegungen auffassen, sondern als Bewegungszustände. Und dieser Begriff des Geschwindigkeitsmomentes erlaubt es Galilei nun, ein euklidisches Diagramm zu zeichnen, um das Fallen eines Körpers zu repräsentieren (Galilei, 2007, S. 158f.). Eine vertikale Linie repräsentiert dabei die Zeit. Senkrecht auf diese Linie zeichnet Galilei Linien, die die Geschwindigkeitsmomente zu dem jeweiligen Zeitpunkt repräsentieren. Damit kann er schließlich sein zweites Fallgesetz herleiten und experimentell überprüfen. Ein Grundproblem bei der Verwendung von Diagrammen in der Naturwissenschaft bestand vor Galilei darin, dass Naturwissenschaft seit Aristoteles als Analyse der Bewegung von Körpern aufgefasst wurde, sich in den Diagrammen der euklidischen Geometrie jedoch nichts bewegt. Galileis Trick besteht insofern also darin, mit der Zeit und dem Geschwindigkeitsmoment Begriffe heranzuziehen, mit denen sich Bewegung als Aufeinanderfolge von Zuständen beschreiben lässt und dann Diagramme zu finden, deren Elemente einzelne Bewegungszustände repräsentieren.

Für die Reflexion der Nützlichkeit naturwissenschaftlichen Denkens kommt der Verwendung von Diagrammen damit eine zentrale Rolle zu: Es ist die Verwendung dieser Diagramme, die den Gegenstandsbereich der Betrachtung auf partikuläre Zusammenhänge reduziert. Der Gesamtzusammenhang der Natur gerät so aus dem Blick. Aber es ist eben diese Verwendung von Diagrammen, die es ermöglicht, allgemeingültige Gesetze aus bekannten oder angenommenen Zusammenhängen abzuleiten und damit Vorhersagen in die Zukunft zu ermöglichen.

**Literatur**

- Ackrill, J. L. (1985). Aristoteles. Berlin: Gruyter.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95, 518-542.
- Bell, T. (2007). Entdeckendes und forschendes Lernen. In S. Mikelskis-Seifert, & T. Rabe (Hrsg.). *Physik-Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II*. Berlin, 70-81.
- Bulthaupt, P. (1996). Naturwissenschaftliche Bildung. In P. Bulthaupt, *Zur gesellschaftlichen Funktion der Naturwissenschaften*. Lüneburg: zu Klampen, 9-26.
- Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*. Portsmouth: Heilmann.
- Duschl, R., & Grandy, R. (2013). Two views about explicitly teaching nature of science. *Science & Education* 22, 2109-2139.
- Galilei, G. (2007). Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend. *Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften*. Reprint der Bände 11, 24 und 25, aus dem Italienischen und Lateinischen übers. u. hrsg. v. A. v. Oettingen. Frankfurt a.M.: Deutsch.
- Hacking, I. (1996). *Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaften*. Stuttgart: Reclam.
- Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 119, 4-12.
- Jullien, F. (2010). *Die stillen Wandlungen*. Berlin: Merve.
- Jullien, F. (2004). *Über die »Zeit«*. Elemente einer Philosophie des Lebens. Zürich: diaphanes.
- Jullien, F. (1999). *Über die Wirksamkeit*. Berlin: Merve.
- Klahr, D. (2000). *Exploring science*. Cambridge: MIT Press.
- Kosler, T. (im Druck). *Naturwissenschaftliche Bildung im Elementar- und Primarbereich. Zum naturwissenschaftlichen Denken mit Kindern im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kuhn, D. (2014). What is scientific thinking and how does it develop?, In U. Goswami (Ed.). *The Wiley-Blackwell handbook of childhood cognitive development*. Chichester: Wiley, 497-523
- 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*. Mahwah: Erlbaum, 831-879.
- Lederman, N. G., & Lederman, J. (2014). Research on teaching and learning of nature of science. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.). *Handbook on research on science education*. Volume II. New York: Routledge, 600-620.
- Netz, R. (1999). *The shaping of deduction in greek mathematics. A study in cognitive history*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rheinberger, H.-J. (2007). *Historische Epistemologie zur Einführung*. Hamburg: Junius.

## Schülervorstellungen zur Energie im Wandel der Zeit

### Motivation

Schülervorstellungen oder Präkonzepte sind, vor allem für den Anfangsunterricht, für das spätere Verständnis eines fachlichen Konzepts relevant. Bei dem für den naturwissenschaftlichen Unterricht zentralen Basiskonzept „Energie“ wurden gängige Schülervorstellungen und -konzepte bereits seit den 1980er Jahren sowohl in Deutschland (Duit, 1986) als auch international (Watts, 1983, Solomon, 1983, Trumper, 1993) untersucht. Dabei zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler Energie oft mit Treibstoffen assoziierten und diese häufig einem verbrauchbaren Antriebsstoff gleichsetzten. Neuere Untersuchungen (Crossley 2009, Burger, 2001) legen allerdings nahe, dass sich die primären Assoziationen der Schülerinnen und Schüler stark zu einem elektrischen Kontext hin gewandelt haben. Deswegen erscheint es naheliegend, dass auch in der Tiefenstruktur der den Assoziationen zugrunde liegenden Schülerkonzepte seit den ersten Untersuchungen ein Wandel stattgefunden haben kann. Dies ist aufgrund des starken medialen Fokus auf die Problematik der Energieversorgung auch nicht verwunderlich. Eine neuere Untersuchung der aktuellen Schülervorstellungen im Bereich Energie erscheint daher sinnvoll, um im Unterricht an den bestehenden Präkonzepten anknüpfen zu können. Da im Rahmen des Projekts „MINT – die Stars von Morgen“ zur außerschulischen Berufsorientierung im Workshop „Neue Technologien“ auch als Zielsetzung ein physikalisch anschlussfähiges Energiekonzept angeregt werden soll, bietet sich hier ein geeigneter Untersuchungsrahmen.

### Das Basiskonzept Energie

Die Energie nimmt im Physikunterricht spätestens seit der Definition der vier Basiskonzepte der deutschen Bildungsstandards eine wichtige Stellung ein: So regen Schulbücher beispielsweise an, durch die „Energiebrille“ zu betrachten, warum bestimmte Vorgänge ablaufen. Fachlich gesehen ist das Basiskonzept Energie jedoch ein sehr abstraktes und nicht selten rein quantifizierend genutztes Konstrukt. Dieser Diskrepanz zwischen fachlicher Nutzung und Verständlichkeit wird mit entsprechenden didaktischen Rekonstruktionen Rechnung getragen. Allgemein etabliert ist hier die Energiequadriga (Duit, 1986), die die vier Aspekte Energieumwandlung, Energietransport, Energieentwertung und Energieerhaltung als zentral für den Energiebegriff beschreibt. Weitere Aspekte, die im Rahmen des Physikunterrichts bedeutsam sind, sind die Energieformen und die Möglichkeit zur Energiespeicherung (Rincke, 2015). Das Verständnis dieser Aspekte wird als allgemeines Ziel im Physikunterricht anerkannt (Duit, 2007).

### Schülerrahmenkonzepte

Im Zuge der Untersuchungen zu Schülervorstellungen wurden häufig verwendete Argumentations- und Gedankenmuster der Schülerinnen und Schüler zu unterschiedlichen Rahmenkonzepten („Frameworks“) zusammengefasst. Da für den Rahmen des Workshops, aber auch für den Anfangsunterricht, curricular orientierte Konzeptkategorien (z.B. Liu & Mc Keough, 2005) als weniger passend angesehen werden und zudem im weiteren Rahmen der Untersuchungen zwischen gesellschaftlichen (z.B. Umweltproblematik) und fachbezogenen Konzepten unterschieden werden soll, wurden als Basis für die qualitative Inhaltsanalyse die Energy Frameworks von Watts herangezogen. Watts beschrieb im Zuge seiner Arbeit sieben zentrale Rahmenkonzepte zur Energie, auf deren Basis die Schülerinnen und Schüler Energie beschreiben:

- *Anthropozentrische Energie*: Energie ist eine Art Lebensenergie, die Lebewesen besitzen. Hierunter fällt auch das gefühlte „Energie haben“.
- *Funktionale Energie*: Energie tritt nicht auf natürlichem Weg auf, sie ist von Menschen für Menschen gemacht und für ein modernes Leben unabdingbar.
- *Produzierte Energie*: Energie ist ein Nebenprodukt von Vorgängen, sie wird zusätzlich zum eigentlichen Prozess emittiert, es kann zu einer Zusatzenergie kommen.
- *Energie als Aktivität*: Energie ist nur in Vorgängen vorhanden, diese Aktivitäten werden Energie gleichgesetzt.
- *Energie als Zutat*: Energie ist ein inerter Inhaltsstoff von Dingen, sie lässt sich nur durch Trigger (z.B. essen) aus den Dingen auslösen und nutzbar machen.
- *Gelagerte Energie*: Energie ist in Dingen vorhanden bzw. gespeichert. Sie kann in verschiedenen Formen auftreten und lässt sich verbrauchen, um etwas zu bewirken.
- *Transferierte Energie*: Energie kann unterschiedliche Erscheinungsformen haben, die jedoch gleichwertig und ineinander umwandelbar sind. Sie lässt sich von System zu System transferieren.

### **Forschungsfrage**

Aus den beschriebenen Vorüberlegungen ergibt sich für die vorliegende Untersuchung folgende Forschungsfrage: Welche Schülervorstellungen, persönlichen Einstellungen und Assoziationen haben Schülerinnen und Schüler heute zur Energie? Dabei gilt es auch, die Besonderheit des außerschulischen Rahmens der Befragung zu berücksichtigen.

### **Methodik**

Zur Untersuchung der aktuellen Schülervorstellungen zur Energie wurden leitfadengestützte Interviews durchgeführt, deren Inhalt anschließend einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen wurde. Dazu wurden 17 Schülerinnen und Schüler der 6. - 9. Jahrgangsstufe aus Gesamt-, Real- und Gymnasialklassen aus dem Großraum Frankfurt in Einzelinterviews zu verschiedenen Aspekten des Energiebegriffs und ihres Umgangs damit befragt. Von dieser Gruppe hatten sechs das Thema Energie bereits im Physik- oder Nawi-Unterricht explizit behandelt. In den Interviews wurden die Schülerinnen und Schüler – analog zu den Untersuchungen von Duit und Crossley – nach ihren spontanen Beschreibungen und Assoziationen zum Begriff Energie gefragt, sollten entscheiden, ob bei einem Symbolbild Energie im Spiel ist, sollten erklären, wie man elektrische Energie verwenden kann und wo diese herkommt, und schließlich beschreiben, wie sie zur aktuellen gesellschaftlichen Debatte über die Problematik der Energieversorgung stehen.

Die transkribierten Aussagen aus den Interviews wurden dann einer deduktiv-induktiven Inhaltsanalyse unterzogen: Zunächst wurden die Aussagen über Energie mittels eines Kodierleitfadens den Rahmenkonzepten von Watts zugewiesen. In einem weiteren Schritt wurden diese Kategorien dann, je nach Bedarf, weiter angepasst und ausgeschärft. Anschließend wurden induktiv neue Kategorien für neue Rahmenkonzepte gebildet.

### **Ergebnisse**

Tatsächlich zeichnet sich bei den interviewten Schülerinnen und Schülern eine Veränderung in den Rahmenkonzepten im Vergleich zu früheren Untersuchungen ab. Auffallend ist, dass beinahe alle Schülerinnen und Schüler kontextabhängig aus verschiedenen Rahmenkonzepten heraus argumentieren. Die am häufigsten bedienten Konzepte waren dabei „Gelagerte Energie“, „Transferierte Energie“ sowie das neu beschriebene Konzept „Partiell transferierte Energie“. Wurde Energie als nicht gleichartig benannt, so verlief die Abgrenzung zwischen den „Energiearten“ oft entlang der Kontexte „belebter Natur“ im Gegensatz zu „unbelebter Natur“. Dies zeigte sich unter anderem darin, dass 65 % aller befragten Interviewten beispielsweise in den Kontexten Sport oder Nahrung auf das Konzept „Anthropozentrische

Energie“ zurückgriffen, auch wenn sie ansonsten mit physikalisch anschlussfähigeren Kategorien argumentierten. Kaum noch abbildbar waren die Konzepte „Energie als Zutat“ und „Energie als Aktivität“.

### **Neue Rahmenkonzepte**

Im Folgenden sollen die aus den Interviews neu entwickelten Rahmenkonzepte kurz skizziert werden.

#### *Energie als Katalysator*

Schülerinnen und Schüler, die mit diesem Konzept arbeiten, beschreiben die Energie als Antrieb oder Katalysator für Vorgänge und Aktivitäten, sie wird jedoch nicht als Inhaltsstoff von Körpern oder Objekten beschrieben (zum Beispiel in Form von Aktivierungsenergie bei chemischen Reaktionen). Die Energie kann in diesem Fall ohne Träger existieren, sie kann jedoch durchaus eine für die Schülerinnen und Schüler beschreibbare Form besitzen, zum Beispiel Feuer, Licht oder Wärme. Das Rahmenkonzept „Energie als Katalysator“ stellt somit den Gegenentwurf zum Konzept „Energie als Zutat“ dar. Im Gegensatz zur „funktionalen Energie“ fehlen die Beschränkung auf den menschlichen Komfort und der Fokus auf den menschengemachten, zweckgebundenen Charakter der Energie.

#### *Partiell transferierte Energie*

Das Konzept der „partiell transferierten Energie“ befindet sich konzeptuell zwischen der „Gelagerten Energie“ und der „Transferierten Energie“. Schülerinnen und Schüler argumentieren innerhalb dieses Rahmenkonzepts mit lokalem Energietransfer. Energie kommt in verschiedenen, explizit benannten Formen vor (analog zu „Gelagerter Energie“), die Formen müssen aber nicht qualitativ gleichwertig sein (beispielsweise kann „Lebensenergie“ gesondert genannt werden). Gewisse Formen von Energie lassen sich außerdem verkettet ineinander umwandeln. Im Gegensatz zur „Transferierten Energie“ wird hier aber kein stringentes Konzept zum Fluss von Energie durch verschiedene Systeme erklärt. Beispielsweise kann der durch verschiedene Energieumwandlungen „hergestellte“ Strom immer noch „verbraucht“ werden oder es kommt zum Bruch in einer Energieumwandlungskette, bei der Energie zuerst „verbraucht“ wird, dann aber an anderer Stelle wieder „auftaucht“.

### **Erkenntnisse und Ausblick**

Schülerinnen und Schüler verfügen in ihren Schülervorstellungen heute über veränderte Rahmenkonzepte im Vergleich zu den „großen Untersuchungen“ der 1980er Jahre. Besonders eindrucksvoll ist, dass selbst jüngere Schülerinnen und Schüler dabei unter anderem auf physikalisch anschlussfähigere Konzepte zurückgreifen – im Vergleich zu den stark anthropozentrisch geprägten Vorstellungen früherer Untersuchungen (Solomon, 1983). Dies mag daran liegen, dass der Begriff Energie heute in vielen Medien vertreten ist und sich die Schülerinnen und Schüler einer breiten Landschaft an Informationsquellen bedienen.

Die neu entwickelten und ausgeschärften Rahmenkonzepte sowie die Aussagen der Schülerinnen und Schülern aus den Interviews sollen im nächsten Schritt zur Entwicklung von Items für ein Testinstrument dienen, das die vorhandenen Energie-Rahmenkonzepte der Probanden bestimmen soll. Mit Hilfe dieses Testinstruments soll dann in einer weiteren Untersuchung im Prä-Post-Design geklärt werden, ob eine außerschulische Lerngelegenheit dazu in der Lage ist, Veränderungen in den Rahmenkonzepten der Teilnehmenden auszulösen.

**Literatur**

- Behle, J., & Wilhelm, T. (2016). Energie für die Insel – Ein Experimentierworkshop mit „Neuen Technologien“. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung(im Druck)*
- Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1990). Pupil's ideas concerning energy sources. *International Journal of Science Education* Vol.12, Iss. 5
- Burger, J. (2001): Schülervorstellungen zu „Energie im biologischen Kontext“ – Ermittlungen, Analysen und Schlussfolgerungen. Dissertation Universität Bielefeld.
- Crossley, A., Hirn, N. & Staraschek, E. (2009): Schülervorstellungen zur Energie – Eine Replikationsstudie. In: Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.), *Didaktik der Physik - Bochum 2009*, Lehmanns Media – LOB.de, Berlin
- Duit, R. (1986): Der Energiebegriff im Physikunterricht. Habilitationsschrift. Universität Kiel.
- Duit, R. (2007). Energie: Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 18(5), S. 4-7
- diSessa, A. (1988) Knowledge in pieces. In: Forman, G.; Pufall, P., *Constructivism in the Computer Age*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 49–70
- Liu, X., McKeough, A. (2005), Developmental growth in students' concept of energy: Analysis of selected items from the TIMSS database. *J. Res. Sci. Teach.*, 42: 493–517
- Rinke, K. (2015): (Elektrische) Energie – Unterrichten zu einem schwierigen Begriff mit großer Bedeutung. In: *Unterricht Physik* 146, Jg 26, S.2-10
- Solomon, J. (1983). Learning about energy: How pupils think in two domains. In: *European Journal of Science Education*, 5, S.49-59.
- Trumper, R. (1993) Children's energy concepts: a cross-age study. *International Journal of Science Education*, 15:2, S. 139-148
- Watts, D. (1983): A study of alternative frameworks in school science. Dissertation, University of Surrey.

## Entwicklung und Förderung des Energieverständnisses

Energie ist ein zentrales Konzept der Physik. Ein Verständnis des Energiekonzepts ermöglicht es, das Verhalten physikalischer Systemen zu beschreiben bzw. vorherzusagen (Watts, 1983; Ornek, 2008). Dabei manifestiert sich die Energie je nach betrachtetem System in unterschiedlichen Erscheinungsformen, welche ineinander umgewandelt werden können, stets unter der Bedingung der Energieerhaltung. Die umfangreiche Anwendbarkeit in verschiedenen Inhaltsbereichen macht die besondere Bedeutung des Energiekonzepts für die Entwicklung physikalischer Kompetenz deutlich, die in der Benennung des Energiekonzepts als Basiskonzept in den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss im Fach Physik zum Ausdruck kommt. Dem gegenüber stehen die Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern mit der fachlich korrekten Anwendung aller Facetten des Energiekonzepts. Diese Diskrepanz zwischen der hohen Relevanz und den beobachteten Lernschwierigkeiten verlangt nach geeigneten Methoden zur Unterstützung der Schülerinnen und Schüler beim Erlernen des Energiekonzepts.

### Theoretischer Hintergrund

Die bisherige didaktische Forschung zu Energie hat sich unter anderem mit der Kompetenzstruktur und –entwicklung des Energiekonzeptes beschäftigt. In Anlehnung an die zugrundeliegenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten lassen sich vier trennbare Aspekte identifizieren (Duit 1984): *Energieformen, Energieumwandlung und -übertragung, Energieentwertung* und *Energieerhaltung*. Diese sind als charakteristische Bestandteile notwendig für die Entwicklung eines tiefergehenden Energieverständnisses (für einen Überblick, siehe Chen et al., 2014). Die Untersuchungen von z.B. Liu und McKeough (2005) oder Neumann et al., (2013) zeigen, dass Aufgaben, die spezifisch auf die höheren Aspekte wie Energieentwertung oder Energieerhaltung zielen, eine höhere Schwierigkeit aufweisen und damit vermutlich erst mit voranschreitender Beschulung gelöst werden können. Die Befunde legen nahe, dass das Verständnis der Aspekte in einer bestimmten Reihenfolge erworben wird. Dabei zeigt sich, dass nur ein geringer Teil der Schülerinnen und Schüler ein Verständnis der Energieerhaltung erwerben (Liu & McKeough, 2005; Neumann et al., 2013; siehe auch Duit, 1981). Dawson-Tunik (2006) identifiziert eine sich erst mit der Zeit entwickelnde Fähigkeit, komplexe Zusammenhänge bzgl. des Energiekonzepts zu erfassen. Da die höheren Aspekte nach der Verknüpfung mehrerer Fakten verlangen, kann dies eine Erklärung für die beobachtete Hierarchie und die Schwierigkeiten insbesondere mit der Energieerhaltung sein.

### Studie 1: Entwicklung des Energieverständnisses im Längsschnitt

Die beobachtete Progression soll erstmals in einer längsschnittlichen Untersuchung validiert werden. Dazu wird exemplarisch auf die Daten der Studie von en von Viering (2012) zurückgegriffen. Die Kohorte von 285 Schülerinnen und Schülern der 6. Klassenstufe aus vier Gymnasien Nordrhein-Westfalens wurde in einem Zeitraum von vier Jahren wiederholt zu ihrem Energieverständnis befragt. Das eingesetzte Testinstrument bestand aus jeweils 20 Multiple-Choice-Aufgaben zu den vier oben beschriebenen Energieaspekten. Die Zusammenstellung erfolgte anhand der von Viering (2012) durch Rasch-Skalierung ermittelten Aufgabenschwierigkeiten. Diese Herangehensweise ermöglichte auf die Jahrgänge abgestimmte Testhefte zu erstellen. Mit dem R-Paket *TAM* konnte so eine

gemeinsame Skala gebildet werden, was eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Testhefte ermöglichte. Mit Hilfe von *Weighted Likelihood Estimates* wurden anschließend Personenkenwerte auf den einzelnen Aspekten geschätzt. Durch Bestimmung der mittleren Zuwächse lässt sich nun der Verlauf des Verständniszuwachses in den einzelnen Aspekten beobachten (siehe Abb. 1).

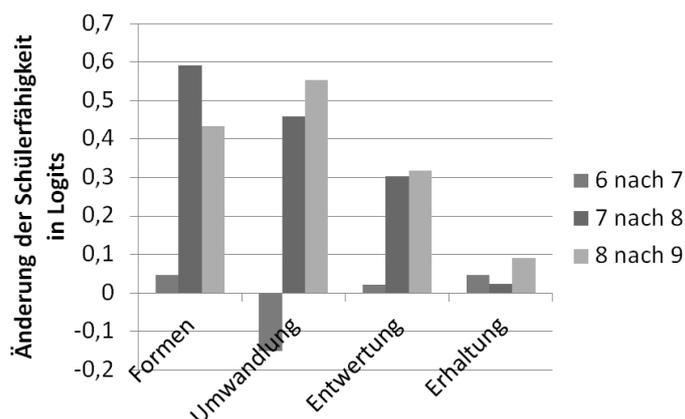


Abb. 1: Mittlere Zuwächse in der Personenfähigkeit in Logits in den Aspekten für die einzelnen Übergänge der Jahrgangsstufen

Es zeigt sich, dass es keinen signifikanten Verständniszuwachs von der 6. auf die 7. Jahrgangsstufe in den vier Aspekten gibt. Im Aspekt der Energieformen ist der Verständniszuwachs im Übergang von der 7. zur 8. Klassenstufe am höchsten, während der Zuwachs in Bezug auf Energieumwandlung für den Übergang von Jahrgangsstufe 8 nach 9 maximal ist. Im Aspekt der Energieentwertung ist der Verständniszuwachs im beobachteten Zeitraum generell geringer. Im Aspekt der Energieerhaltung sind die Schülerinnen und Schüler über den gesamten Beobachtungszeitraum nicht über eine Ratewahrscheinlichkeit hinausgekommen. Diese längsschnittlichen Ergebnisse unterstützen die Beobachtung, dass sich das Verständnis in den einzelnen Aspekten hierarchisch entwickelt. Insbesondere lässt sich ausmachen, dass die unteren Aspekte Energieformen und Energieerhaltung bereits frühzeitig in der Sekundarstufe I verstanden und angewendet werden können, während der Großteil der Lernenden die schwierigen, abstrakteren Aufgaben zur Energieerhaltung im Messzeitraum nicht lösen kann.

#### Förderung des Energieverständnisses

Eine Möglichkeit die beobachteten Lern- und Verständnisschwierigkeiten durch die Abstraktheit gerade in den höheren Aspekten zu reduzieren, ist die Bereitstellung von Hilfsmitteln. So können geeignete physikalische Modelle, die eine Strukturierung des Prozesses vorgeben, die Hürde beim Verstehen und Beschreiben komplexer Situationen senken (z. B. Kelly & Mayer, 2001). Bei der Beschreibung energetischer Prozesse bietet sich hier eine symbolische Repräsentation der Systeme an. In der Literatur sind mehrere solcher Repräsentationsformen beschrieben, die das Verständnis des Energiekonzepts befördern sollen (z.B. Papadouris & Constantinou, 2011; Sherr et.al, 2012; siehe als Überblick auch Brewe, 2011).

Um zu untersuchen, inwieweit sich Lernen im Energiekonzept mit Hilfe bestimmter Repräsentationen unterstützen lässt, wurde eine Laborstudie mit Schülerinnen und Schülern

zu Beginn der Sekundarstufe I durchgeführt. Dazu wurde eine Unterrichtseinheit zum Thema Energie im Kontext der Energiewende entwickelt, welche die vier oben beschriebenen Aspekte jeweils qualitativ abdeckt und im physikalischen Anfangsunterricht angesiedelt ist (siehe dazu auch Hadinek, Weßnigk & Neumann, 2016). In der Durchführung wurde den Gruppen jeweils eine von zwei Repräsentationsformen als Hilfestellung zur Beschreibung energetischer Prozesse vermittelt. Diese sind einmal ein Würfelmodell zur halbquantitativen Bilanzierung der Energiemenge (vgl. Sherr et.al. 2012) und ein Energieflussdiagramm zur Darstellung des gesamten Energieumwandlungsprozesses (z.B. Papadouris & Constantinou, 2011; vgl. auch Hadinek, Neumann & Weßnigk, 2016). Die Unterrichtseinheit wurde mit freiwilligen Schülerinnen und Schülern der 6. bis 8. Klassenstufen durchgeführt und ging über einen Zeitraum von vier Tagen. Teilgenommen haben 73 Lernende (36% weiblich) aus Schleswig-Holstein.

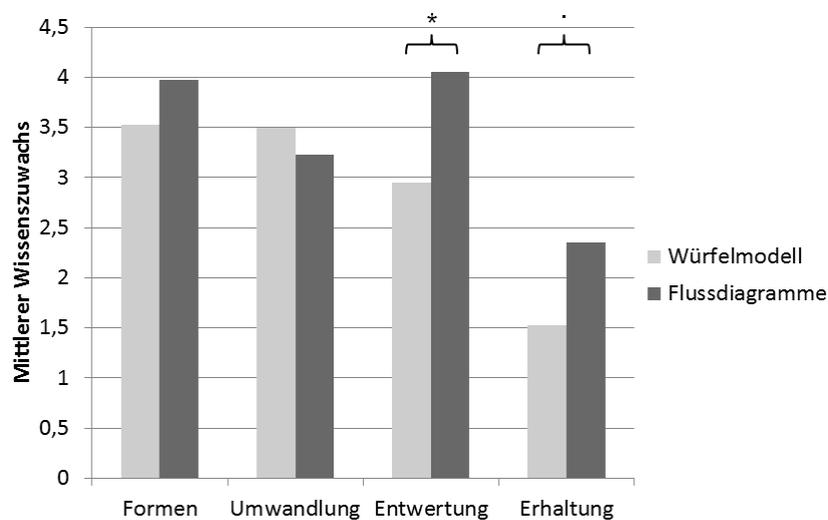


Abb. 2: Verständnisszuwachs in den einzelnen Aspekten in Punkten des eingesetzten Energietests. \*:  $p=0.049$ , ·:  $p=0.054$

Abb. 2 zeigt die mittlere Verbesserung im Verständnis der einzelnen Aspekte vom Vortest zum Nachtest für beide Konditionen. Alle Zuwächse waren dabei mit  $p < 0.005$  durchgängig hoch signifikant. Im Vergleich zwischen den unterschiedlichen Modellierungen zeigen sich nur in den höheren Aspekten Unterschiede zugunsten der Flussdiagramme. Diese Ergebnisse sind kohärent zu den Beobachtungen aus der Pilotierung (Hadinek, Neumann & Weßnigk, 2016). Die Repräsentation energetischer Vorgänge durch Flussdiagramme scheint also die Hürde beim Modellieren komplexer Zusammenhänge im Vergleich zu den Würfelmodellen zu senken. Das Lernen gerade in diesen problematischen und für die Schülerinnen und Schüler schwer zugänglichen Aspekten wird somit unterstützt.

**Literatur**

- 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.
- Duit, R. (1984). Learning the energy concept in school-empirical results from the Philippines and West Germany. *Physics Education*, 19(2), 59-66.
- Hadinek, D., Neumann, K., & Weßnig, S. (2016). Entwicklung eines integrierten Verständnisses des Energiekonzepts. Authentizität und Lernen-das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Berlin 2015.
- Hadinek, D., Weßnig, S., & Neumann, K. (2016). Neue Wege zur Energie: Physikunterricht im Kontext Energiewende. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht: MNU*, 69(5), 292-298.
- 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.
- Ornek, F. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. *International Journal of Environmental and Science Education*, 3(2), 35-45.
- 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*.
- Viering, T. (2012). *Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I: Validierung eines Kompetenzentwicklungsmodells für das Energiekonzept im Bereich Fachwissen (Vol. 138)*. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Warren, J. W. (1983). Energy and Its Carriers: A Critical Analysis. *Physics Education*, 18(5), 209-12.
- Watts, D. M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics education*, 18(5), 213-217.

Maja Brückmann<sup>1</sup>  
 Pitt Hild<sup>1</sup>  
 Christoph Gut<sup>1</sup>  
 Susanne Metzger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Zürich

## ESPri – Studie zur Erhebung von Präkonzepten zum Thema Energie

### Einführung

Die Erhebung von Präkonzepten bei jungen Kindern ist eine große Herausforderung, denn ohne ausreichende Lese- und Schreibkompetenzen kann das klassische Paper-Pencil-Format nicht oder nur erschwert eingesetzt werden. Greenfield (2015) kommentiert diese Herausforderung mit den folgenden Worten: *“One might be tempted to assess science competence with validated achievement tests that include items or subsections on science. Existing achievement measures, however, are inadequate for assessing young children’s science competence.”* Vor dem Hintergrund dieses Dilemmas stellt sich demnach die Frage, wie naive Präkonzepte bei jungen Kindern erhoben werden können. Im Fall der hier vorgestellten Studie ESPri („Energie-Studie in der Primarschule“) geht es konkret um die intuitiven und vorunterrichtlichen Konzepte zum Energiebegriff von Schülerinnen und Schülern der ersten und zweiten Jahrgangsstufe. Mit der Einführung des neuen Schweizer Lehrplans 21 wird das Thema bereits vom Kindergarten bis in die Sekundarstufe im Sinne eines Spiralcurriculums unterrichtet werden.

### Assessment von Präkonzepten bei jungen Kindern

Neben der fehlenden oder nicht ausreichenden Lese- und Schreibkompetenz müssen noch weitere Herausforderungen bei der Entwicklung von Assessment-Tests für die Altersstufe (4 bis 8 Jahre) berücksichtigt werden. Verschiedene Autoren weisen darauf hin, dass ein Rahmenkonzept aber auch die Testitems, die im Rahmen von Studien und Assessments von älteren Schülerinnen und Schülern entwickelt wurden, nicht auf das Assessment von jüngeren Kindern ohne „Literacy“ übertragen werden können (Samarapungavan, 2009, Carstensen et al., 2011; Steffensky et al., 2012, Greenfield, 2015). Eine Hauptherausforderung ist die Berücksichtigung von Progressionen, eine weitere Herausforderung für den Bereich der Naturwissenschaften ist die Beachtung von Alltagssituation und Experimenten. Daher sind in der Vergangenheit die Studienfoki von Assessments bei jüngeren Kindern in Richtung Rahmenkonzept, Itementwicklung und Validitätsaspekten gerückt, die sich dieser Herausforderungen annehmen. Carstensen und Kolleginnen (2011) konnten aus ihren Studienergebnissen Kompetenzstufen bzw. Progressionen herausarbeiten, die sich auf die Aspekte Komplexität der Aufgabenstellung (einfache, direkte Schlussfolgerungen vs. mehrschrittige Schlussfolgerungen), die Vertrautheit der Begriffe und Konzepte (einfache Begriffe vs. schwierige Begriffe) und die Erfahrbarkeit und Vertrautheit der Aufgabenkontexte (in vertraute und mit eigener Erfahrung verknüpfte Kontexte eingebettete Aufgaben vs. Aufgaben ohne oder mit einem unvertrauten Kontext). Für das Assessment selbst müssen weitere Aspekte berücksichtigt werden, die die Testdurchführung beeinflussen können: Testzeit kurzhalten, grafische Elemente / Realsituationen nutzen, „animierte“ Befragung mit Testleitung, Multiple-Choice-Aufgabe, naive Vorstellungen berücksichtigen Samarapungavan, 2009, Siry, 2013, Greenfield, 2015).

### ESPri<sup>1+2</sup>: Design und Stichprobe

Die Energiestudie in der Primarschule („ESPri“) beschäftigt sich unter anderem mit der Frage, welche naiven Vorstellungen junge Schülerinnen und Schüler in der ersten und

zweiten Jahrgangsstufe über das Thema Energie bereits haben und wie diese erhoben werden können. Zudem ist es das Ziel, Möglichkeiten und Herausforderung in der Entwicklung eines angemessenen Assessments dieser jungen Kinder herauszuarbeiten. Für das Thema Energie sind bisher noch keine Assessments entwickelt worden, die die oben genannten Herausforderungen berücksichtigen. Daher liegt der Fokus zunächst auf der Entwicklung passender Itemformate und deren Umsetzung in einem Testsetting mit 6 bis 8-jährigen Kindern.

Im zweiten Halbjahr des Schuljahres 2014/2015 wurden insgesamt 221 Schülerinnen und Schüler (116 Mädchen und 105 Jungen) der ersten und zweiten Jahrgangsstufe (1. Klasse: 142 SuS und 2. Klasse: 79 SuS) mit Hilfe eines animierten und fragebogenbasierten Testformats zu ihren Vorstellungen zum Energiekonzept befragt. Zwei Testleiterinnen bzw. Testleiter sind für die Befragung in die Schulen gefahren und haben Alltags- und auch Experimentiergegenstände mitgenommen, die in den Items eine Rolle gespielt haben. Jedes einzelne Item wurde laut im Plenum vorgelesen und mit den mitgebrachten Gegenständen, die Situation animiert ohne den Ausgang der nachgefragten Prozesse zu zeigen.

Der hierfür entwickelte Fragebogen basiert auf sehr kurzen schriftlichen Instruktionen und besteht hauptsächlich aus Grafiken, die klassische Alltagssituationen (z.B. das Schaukeln oder die Abfahrt von einem Berg) als auch unbekannte experimentelle Situationen (z.B. Schmelzen eines Eiswürfels mit Salzgabe oder ohne) berücksichtigt. In Anlehnung an diverse Studien (Solomon, 1986; Duit, 1986, 2007; Watts, 1993; Starauschek, 2008; Opitz, 2014) wurden mechanische und thermodynamische Items zu Energieträgern, Energieumwandlungen und Energietransport entwickelt, die zwar auf deren Erkenntnissen aufbauen, allerdings stark vereinfacht wurden.

Es wurden 3 verschiedene Itemformate genutzt: (1) Auswahl der richtigen Antwort durch Ankreuzen, (2) Bildung einer richtigen Reihenfolge durch Zuordnung und (3) Ausschluss einer falschen Antwort durch Ankreuzen (Abb.1).



## Resultate

Der Feldtest bestand aus 33 Items und dauerte zwanzig Minuten. Eine Rasch-Analyse (IRT) wurde verwendet, um die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler und die Schwierigkeiten der einzelnen Items zu analysieren. Da jedes einzelne Item als richtig oder falsch bewertet wurde, konnte das dichotome Rasch-Modell verwendet und mit Hilfe von Conquest 2.0 bestimmt werden (Wu, Adams, Wilson & Haldane, 2007).

Alle Items wurden unidimensional modelliert. Zehn Items zeigten keine oder eine sehr geringe Varianz und wurden daher von der Analyse ausgeschlossen. Dies reduzierte gleichzeitig die Testzeit von zwanzig auf etwa zehn Minuten.

In Tabelle 1 sind alle relevanten Testcharakteristika aufgeführt. Insgesamt kann der entwickelte Fragebogen mit den verbleibenden 23 Items als zufriedenstellend beurteilt werden. Allerdings zeigen die Mittelwerte aller Items und auch die Rasch-Analysen, dass viele der Testitems sehr einfach zu beantworten sind und daher noch nicht optimal die

Fähigkeiten in voller Breite beschreiben können. Ebenso war es nicht möglich, die Energiekontexte Mechanik und Thermodynamik analytisch zu unterscheiden.

Testcharakteristik	
n	221
Varianz	.807
Reliabilität (EAP/PV)	.626
MLE person sep. Reliabilität	.397
WLE person sep. Reliabilität	.403
item thresholds	.04 – .54 (Durchschnitt = .32)
infit values	.91 – 1.12 (T n.s.)
mean person ability	2.75
separation reliability	.981

Tab. 1: Testcharakteristik

Differentielle Analysen (DIF) der Daten konnten zeigen, dass die Mädchen etwas besser abgeschnitten haben, allerdings waren die Unterschiede nicht signifikant. Deutlichere Unterschiede zeigen sich bei den beiden Klassenstufen und beim Alter, je älter die Kinder, desto besser schneiden die Schülerinnen und Schüler ab.

item	n°	Miss. data	wrong answer (%)	infit	T	outfit	T	item difficulty	Discrimination
Träger	8	2	1	0.98	0.2	0.90	-1.1	-1.91	0.30
Kaltheiss	14	11	14	1.06	0.5	0.96	-0.4	0.68	0.30
Thermo	5	5	27	0.98	-0.3	0.91	-0.9	1.60	0.46

Tab. 2: Item-Merkmale im Vergleich

Die Analyse der Daten hat einen interessanten Aspekt hinsichtlich der Itemkonstruktion gezeigt. Abbildung 1 und Tabelle 2 zeigen die Itemkonstruktion und -merkmale der Beispielimens „Träger“, „Kaltheiss“ und „Thermo“. Mit jedem einzelnen Item ist eine bestimmte Strategie verbunden, das Item richtig zu beantworten. Die Analysen geben Hinweise darauf, dass die Ausschlussitems, wie das Item „Thermo“ und auch Zuordnungsitems, wie z. B. das Item „Kaltheiss“ schwieriger zu beantworten sind als das klassische Auswahlitem, wie z.B. Item „Träger“.

### Diskussion

Im Rahmen der ESPri-Untersuchung entwickelte Fragebogen zur Erhebung von intuitiven Präkonzepten zum Energiekonzept greift zusammen mit der „animierten“ Testleiterbefragung wichtige Aspekte für ein altersgerechtes Assessment auf. Die Testzeit konnte reduziert werden und die Rasch-Analyse hat wertvolle Hinweise für eine Weiterentwicklung des Fragebogens geliefert. Da der Test für die gewählte Zielstufe zu einfach ist und noch nicht optimal die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler abbildet, sollen in einem nächsten Schritt die Items auf der Basis der Ergebnisse von Carstensen et. al. (2011) weiterentwickelt werden. Die Beschreibung von Kompetenzstufen oder Progressionen, sowie die Betrachtung der Energiekontexte Mechanik und Thermodynamik als wesentliche Zielkonzepte sollen im Rahmen der Weiterentwicklung im Fokus stehen. Weiterhin steht die Frage im Mittelpunkt, welche naiven Energiekonzepte die Schülerinnen und Schüler im Sinne von Alltagskontexten aber auch im Rahmen von experimentellen Settings haben. Die Analysen konnten keine Hinweise liefern, ob und wie Unterschiede beschrieben werden können. Ein weiteres Ziel muss daher die Erweiterung der Items hinsichtlich dieser unterschiedlichen Schwerpunkte sein.

**Literatur**

- Carstensen, C. H., Lankes, E.-M., & Steffensky, M. (2011). Ein Modell zur Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Kindergarten. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 14(4), 651–669. <https://doi.org/10.1007/s11618-011-0240-1>
- Duit, R. (1986). Energievorstellungen. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik, Chemie*, 34(13), 7–9.
- Duit, R. (2007). Energie. Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 18(101), 4–7.
- Greenfield, D. B. (2015). Assessment in Early Childhood Science Education. In K. Cabe Trundle & M. Sackes (Hrsg.), *Research in Early Childhood Science Education* (S. 353–380). Dordrecht: Springer Netherlands. Abgerufen von [http://link.springer.com/10.1007/978-94-017-9505-0\\_16](http://link.springer.com/10.1007/978-94-017-9505-0_16)
- Opitz, S. T., Harms, U., Neumann, K., Kowalzik, K., & Frank, A. (2014). Students' Energy Concepts at the Transition Between Primary and Secondary School. *Research in Science Education*, 1–25. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9444-8>
- Samarapungavan, A., Mantzicopoulos, P., Patrick, H., & French, B. (2009). The development and validation of the science learning assessment (SLA): A measure of kindergarten science learning. *Journal of Advanced Academics*, 20(3), 502–535.
- Siry, C. (2013). Exploring the Complexities of Children's Inquiries in Science: Knowledge Production Through Participatory Practices. *Research in Science Education*, 43(6), 2407–2430. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9364-z>
- Solomon, J. (1983). Learning about energy: how pupils think in two domains. *International Journal of Science Education*, 5(1), 49–59. <https://doi.org/10.1080/0140528830050105>
- Staraschek, E. (2008). Das Thema „Energie“ in der Grundschule. In D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung der GDCP in Essen 2007 (S. 167–169). Berlin: Lit.
- Steffensky, M., Lankes, E.-M., Carstensen, C. H., & Nölke, C. (2012). Alltagssituationen und Experimente: Was sind geeignete naturwissenschaftliche Lerngelegenheiten für Kindergartenkinder? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 37–54. <https://doi.org/10.1007/s11618-012-0262-3>
- Watts, D. M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education*, 19, 213–217.
- Wu, M. L., Adams, R. J., Wilson, M. R., & Haldane, S. A., 2007. ACER ConQuest Version 2.0: Generalized item response modeling software. Camberwell, Australia: ACER Press.

Susanne Heinicke<sup>1</sup>  
 Carlotta Paffhausen<sup>1</sup>  
 Inga Zeisberg<sup>2</sup>  
 Christina Diehl<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universität Münster  
<sup>2</sup>Schülerlabor MExLab Münster  
<sup>3</sup>Gymnasium Paulinum Münster

## **Genderspezifische Unterschiede? Mädchen und Jungen beim Experimentieren im Physikunterricht**

### **Einleitung**

*Hintergrund:* Die Analyse genderstereotypischer Verhaltensweisen im naturwissenschaftlichen Unterricht ist wiederholt diskutiert worden. Nach Herwartz-Emden et al. (2012) lassen sich hier verschiedene Ursachen für die beobachtbaren geschlechtsstereotypen Verhaltensweisen, Interessen und Einstellungen von Schülerinnen ausmachen wie beispielsweise das Fehlen weiblicher Rollenmodelle, die eine positive Identifikation schaffen könnten, die geschlechterstereotype Einstellungen von Lehrpersonen, die Vergeschlechtlichung der Fachkulturen bzw. die disziplinäre Polarisierung als „harte“ (maskulin konnotierte) und „weiche“ (feminin konnotierte) Schulfächer (vgl. auch Willems 2008) oder die negative Selbstkonzeptüberzeugungen und hinderlichen Selbstkonstrukte der Mädchen. Bislang ist dabei wenig bekannt über mögliche Unterschiede im Experimentierverhalten von Mädchen und Jungen und die daraus möglicherweise erwachsenden Konsequenzen.

### **Aufbau der empirischen Studie:**

In der hier beschriebenen Studie haben wir in acht Klassen der Jahrgangsstufen 8 und 9 die Schülerinnen und Schüler bei ihrer Gruppenarbeit während Experimentierphasen beobachtet, in fünf davon die Arbeit der einzelnen Gruppen videographiert. So ergab sich Videodatenmaterial von 35 Gruppen mit meist drei, selten vier Schülerinnen und Schülern.

*Minimalinvasiver Ansatz:* Da wir an den Geschehnissen und Abläufen des regulären naturwissenschaftlichen Unterrichts interessiert waren, wurde die Datenerhebung so minimalinvasiv wie möglich gestaltet. Themenwahl, Gestaltung der Arbeitsmaterialien, Gruppeneinteilung und die experimentell-konstruktiven Aufgaben orientierten sich durchweg in Absprache mit den unterrichtenden Lehrkräften am regulären Unterrichtsgeschehen. Dadurch ergaben sich aufgrund der curricularen Vorgaben zwei Experimentiersituationen: Der Bau eines Aufwindkraftwerkes zum Thema Wärmelehre und die Konstruktion von Stromkreisen zum Thema Elektrizitätslehre.

*Datenerhebung:* Die Videographie fand bei drei Klassen während des Physikunterrichts im Klassenraum statt (Elektrizitätslehre), in den anderen beiden Klassen im Rahmen eines in den Unterrichtsverlauf eingebetteten Besuch im Schülerlabor (Wärmelehre). Die Gruppen wurden nach für die Klassen üblichem Duktus in Dreier- oder Vierergruppen eingeteilt.

*Datenauswertung:* Für die Datenauswertung wurden vier 3er-Gruppen ausgewählt nach (1) ihrer Konstellation von Mädchen und Jungen (MMM, JJJ, MMJ, MJJ), (2) der Verständlichkeit der Aufnahme, (3) der Menge an Datenmaterial und (4) der durchschnittlichen Aktivität der Gruppen. An diesen vier Gruppen entwickelten wir Hypothesen möglicher genderspezifischer Tendenzen und prüften sie anhand des restlichen Materials.

### **Forschungsfragen:**

Die Auswertung der Daten fokussierten wir auf diese drei Forschungsfragen: Welche genderspezifischen Unterschiede sind im Experimentierverhalten der Lernenden zu beobachten

1. in Bezug auf den Umgang mit dem Lernmaterial (schriftliche Arbeitsanleitung)
2. den Umgang mit dem Experimentiermaterial
3. den Umgang mit Erfolg und Misserfolg.

### **Ergebnisse zu Forschungsfrage 1: Umgang mit Lernmaterial**

Zu den beobachtbaren Verhaltensweisen im Umgang mit dem Lernmaterial konnten im Vergleich von Jungen und Mädchen folgende Tendenzen ausgemacht werden:

*Dauer und Zeitpunkt der Auseinandersetzung mit dem Lernmaterial:* Der Erstkontakt mit den Arbeitsanweisungen dauerte bei Mädchen (30-120 s) im Mittel länger an als bei Jungen (10-30 s). In Jungengruppen las zu Beginn meist ein Junge vor, bzw. fasste anschließend für die anderen zusammen. In Mädchengruppen lasen in der Regel alle drei gemeinsam. Jungen lasen nie länger als 15 s gemeinsam, Mädchen teilweise über 2 min. 15 % der Mädchen und 35 % der Jungen lasen das AB gar nicht selbst. Als leichte Tendenz war außerdem im Vergleich der Gruppenkonstellationen festzustellen, dass Jungen in reinen Jungengruppen länger im Arbeitsblatt lasen als Jungen in gemischten Gruppen. In gemischten Gruppen überließen die Jungen fast immer den Mädchen das eröffnende Lesen und nahmen das Arbeitsblatt nur zur Hand, wenn Probleme auftraten.

*Beobachtete Konsequenzen:* Das aufmerksames Lesen erleichterte das Erfassen der Arbeitsanweisung, war aber keineswegs ein Garant zum Verstehen und erfolgreichen Bewältigen der Aufgabenstellung. Vor allem bei der Konstruktionsaufgabe des Aufwindkraftwerkes führte die Fokussierung auf die Aufgabenstellung in vielen (vor allem reinen Mädchen-) Gruppen zu Unfreiheit und Abhängigkeiten vom Wortlaut des Anleitungstextes. Das Überfliegen des Textes korrelierte in den (vor allem reinen Jungen-) Gruppen mit einem freieren Umgang mit der Aufgabenstellung und barg allerdings auch die Gefahr, entscheidende Informationen zu verpassen. Letzteres führte (trotz teilweiser warnender Hinweise auf dem Arbeitsblatt) zu zwischenzeitlichen experimentellen Misserfolgen.

*Didaktische Anregungen:* Es könnten beispielsweise den Arbeitsanweisungen offene Frage zur Diskussion vorstehen, um zunächst Gesamtkontext und Ziel der experimentellen Aufgabe der Gruppe zu verdeutlichen. Eine stärker schrittweise strukturierte Anleitung könnte eine Alternative zu erschlagenden Textmengen auf einem Arbeitsblatt darstellen.

### **Ergebnisse zu Forschungsfrage 2: Umgang mit Experimentiermaterial**

Zu den beobachtbaren Verhaltensweisen im Umgang mit dem Experimentiermaterial konnten im Vergleich von Jungen und Mädchen folgende Tendenzen ausgemacht werden:

*Dauer und Zeitpunkt der Auseinandersetzung mit dem Experimentiermaterial:* Die beobachteten Jungen testeten (teilweise auch zweckalternativ) überwiegend zuerst das Material bevor sie die Aufgabenstellung betrachteten. Sie gingen insgesamt offensiver und explorativer an das Experimentiermaterial heran und wurden andererseits in der Mehrzahl in Passivphasen oft unaufmerksam und widmeten sich dann spielerisch dem Material oder wendeten sich anderen Dingen zu. Mädchen lasen in der Tendenz erst die Aufgabenstellung und gingen eher zögerlich an das Material, v.a. wenn es ihnen unbekannt war (beispielsweise Abisolierzange und Kabel). Anders als die Jungen blieben die Mädchen hingegen in Passivphasen überwiegend aufmerksam und konstruktiv beitragend. Sie verwendeten das (technische) Material fast ausschließlich zweckgebunden.

*Beobachtete Konsequenzen:* Mädchen gaben in gemischten Gruppen (vor allem MJJ) die Materialien oft freiwillig an die Jungen ab oder ließen sie sich abnehmen, seltener nahmen sie den Jungen etwas aus der Hand. Verblieb am Ende noch Zeit, widmeten sich die Mädchen der Sicherung oder der ästhetischen Verschönerung der erstellten Produkte (beobachtet beim Aufwindkraftwerk), die Jungen widmeten sich der technischen Optimierung ihrer Produkte oder seltener auch anderen Dingen.

*Didaktische Anregungen:* Um den Mädchen einen explorativen zu den (auch unbekanntem) Experimentiermaterialien zu erleichtern, könnte explizit Raum für Exploration des Experimentiermaterials gegeben werden. Dieser Raum müsste zeitlich (z.B. zu Beginn) und strukturell (z.B. Beschriftung unbekannter Materialien) eingeplant werden. Ebenso könnte

am Ende der Experimentierzeit entweder Raum zur expliziten Optimierung, Verschönerung oder auch Stabilisierung und Sicherung der Ergebnisse eingeplant werden.

### **Ergebnisse zu Forschungsfrage 3: Umgang mit Erfolg und Misserfolg**

Zu den beobachtbaren Verhaltensweisen im Umgang mit Erfolg und Misserfolg konnten im Vergleich von Jungen und Mädchen folgende Tendenzen ausgemacht werden:

*Erfolgserleben:* Die Ko Aufgaben enthielten klare Momente von Erfolgserleben (die Lampe leuchtete/das Windrad drehte sich). Die beobachteten Jungen zeigten in der Tendenz stärker nach außen verbalisierten Triumph bei Gelingen. In der Tendenz definieren die beobachteten Jungen Erfolgssituationen klarer für sich. Sie trieben den Erfolg weiter, in dem sie nach dem ersten Erfolg weitere Aufgaben lösten, oft mit eigener Agenda. Fast alle Mädchen hören bereits beim ersten Erfolgserlebnis auf und gingen zur schriftlichen Ergebnissicherung über. Teils blieb in der Konsequenz keine Zeit für weitere Aufgaben oder Explorationen.

*Beobachtete Konsequenzen:* Alle reinen Jungengruppen experimentierten beim Aufwindkraftwerk weiter. Jungen lösten sich stärker vom Arbeitsauftrag. Eventuell fällt es dadurch auch leichter, sich einen Erfolg stärker persönlich zuzuschreiben. Durch die Orientierung der Mädchen an der Arbeitsanweisung könnte ein Erfolg stärker als Bestätigung dieses Auftrages empfunden werden und sich in der neutraleren Sicherung der Ergebnisse manifestieren. Genderheterogene Gruppen zeigen außerdem nicht den erhofften positiven Effekt: Mädchen und Jungen wirkten zwar teilweise als Korrektiv füreinander, dies verstärkte den Erfolg der Gesamtgruppe. Auf der anderen Seite führte dies allerdings zur weiteren Ausprägung, bzw. Verstärkung der prototypischen Verhaltensweisen (Mädchen übernahmen die Sicherung, Jungen bekamen noch mehr Freiraum zur Exploration). Da v.a. die Jungen die Handelnden waren, liegt eine Erfolgszuweisung der Mädchen auf die Jungen nahe.

*Didaktische Anregungen:* Durch explizite Hervorhebungen sind für die Mädchen Erfolge sichtbarer zu machen und Misserfolge für den Lernprozess positiv herauszustellen. Sicherungsphasen sollten für alle verbindlich, aber zeitlich begrenzter und auf der anderen Seite Optimierungsphasen explizit eingeplant werden.

### **Zusammenfassung und Ausblick:**

*Stärken der Jungen und ihre Herausforderungen:* Der offene Umgang mit dem Material erwies sich als Stärken der Jungen. Sie zeigten eine größere Souveränität und Sicherheit in der Anwendung des Materials und verwendeten auch unbekannte Gegenstände schnell zweckmäßig oder explorativ. Dem Lesen der Arbeitsanweisungen widmeten sie weniger Zeit und überlasen dabei häufig Details. Jungen feierten Erfolge und waren motivierter über das erste Ziel hinaus weiterzuarbeiten. Sie begnügten sich in der Ergebnissicherung oft mit Stichworten oder verzichteten gänzlich darauf. Ein hinderliches Verhalten der Jungen beim Experimentieren war ihre leichte Ablenkbarkeit in Passiv-Phasen. Dieses Verhalten war insbesondere dann zu beobachten, wenn ein Mädchen die aktive Rolle übernahm.

*Stärken der Mädchen und ihre Herausforderungen:* Die Mädchen lasen fast alle zu Beginn, verschafften sich erst einen Überblick über Aufgabenstellung und Material und waren während des weiteren Experimentierprozesses meist besser informiert. Die Mädchen wichen deutlich weniger von der eigentlichen Aufgabenstellung ab, liefen dabei manchmal Gefahr, die Einzelheiten mehr zu beachten als das Gesamtbild. Dies schafft möglicherweise Unfreiheiten und begrenztes Verstehen und führte teilweise auch nicht zum experimentellen Erfolg. Mädchen setzten sich deutlich weniger explorativ mit dem Material auseinander. Mädchengruppen zelebrierten Erfolge deutlich weniger stark als die Jungen und nahmen Sicherungen vor auch wenn das Experiment noch nicht zum Erfolg geführt hatte.

Die bereits oben genannten didaktischen Anregungen werden im zweiten Schritt des Projektes in die Überarbeitung des Lernmaterials und der Experimentierkonzepte einfließen, die dann in einer weiteren Studie getestet werden.

**Literatur**

- Herwartz-Emden, L., Schurt, V. & Waburg, W. (2012). Mädchen und Jungen in Schule und Unterricht. Reihe: Lehren und Lernen. Stuttgart: Kohlhammer
- Willems, K. (2008). Ist Physik nur was für Jungs? Blicke auf Fachimages und Konstruktionsprozesse im Unterrichtsfach Physik. GENUS-geschlechtergerechter naturwissenschaftlicher Unterricht in der Sekundarstufe I. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 17-28

Peter Wulff<sup>1</sup>  
 Knut Neumann<sup>1</sup>  
 Stefan Petersen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel (Leibniz Institut für die  
 Pädagogik der Naturwissenschaften und  
 Mathematik)

## **Förderung junger Frauen in Physik im Projekt *IDENTIφ***

### **Ausgangslage**

Talentierter und engagierter Nachwuchs in den MINT-Fächern gilt als wesentlich für die Lösung globaler Probleme und die Wahrung der Wettbewerbsfähigkeit von Industrienationen wie die Bundesrepublik Deutschland (European Commission, 2004; OECD, 2006). Man stellt allerdings fest, dass Schülerinnen und Schüler den Naturwissenschaften eher ablehnend gegenüberstehen (Schoon, 2001). Dies gilt insbesondere für die Physik (Potvin & Hasni, 2014). Schülerinnen und Schüler neigen dazu die Physik, wenn immer möglich, abzuwählen. Besonders gilt dies für Mädchen und junge Frauen (Quaiser-Pohl, 2012). Bereits 1975 schrieb Paul Gardner: "Sex is probably the most significant variable related towards pupils' attitudes to science." Ein Zitat, dass heute nichts an seiner Aktualität eingebüßt hat (Archer et al., 2012). Kenway and Gough (1998) beschreiben dieses ungenutzte Potential als "untapped source for furthering scientific knowledge." Ebenso würde durch eine Diversifizierung der Physik die Physikkultur lebendiger und da Physikwissen eine Kernkompetenz zur emanzipatorischen Teilhabe anzunehmend technisierten Kulturen darstellt, ist die Förderung aller Menschen unabhängig von Geschlecht, sozialer Herkunft oder Ethnie ein gemeinsam erklärtes Ziel.

Ein zentraler Faktor dafür, dass junge Frauen sich in Physik weniger engagieren, ist die fehlende Agency. Agency wird hier verstanden als „capacity to engage in social structures“ (Varelas, Settlage, & Mensah, 2015). Dies resultiert aus geringen Erwartungen an die eigene Leistung und Wirksamkeit in Physikumgebungen (Eccles, 1994; Else-Quest, Hyde, & Linn, 2010) und aus eingeschränkten Möglichkeiten der Identifikation mit der Physik (Archer et al., 2012; Skelton, Francis, & Read, 2010). Unklar ist, wie junge Frauen Agency in Physik erfahren und wie Agency gezielt ermöglicht werden kann, um dem Drop-Out junger Frauen aus der Physik entgegenwirken. In der vorliegenden Studie untersuchen wir Wege wie erfolgreiche junge Frauen Agency in Physik ausüben (oder nicht) und skizzieren das Vorgehen zur Gestaltung von Fördermaßnahmen zur Erhöhung der Agency. Unsere Anstrengungen beziehen sich hierbei auf den Auswahlwettbewerb zur Internationalen PhysikOlympiade, wo diese Probleme prototypisch auftreten.

### **Agency und Physikidentität**

Eine Synthese zahlreicher Ansätze zur Erklärung geschlechterdifferentiellen Verhaltens bietet die „Socio Cognitive Theory of Gender Development and Differentiation“ von Bussey and Bandura (1999). Diese konstatieren biologische Anlagen, die als Potentialitäten gedacht werden. Die AutorInnen verwerfen – nach ausführlicher Prüfung der Evidenz – jeglichen Determinismus im Verhalten und erklären individuelles Verhalten als mitbestimmt von sozialen Netzwerken. Hierbei bestimmen Bestrafung und Verstärkung individuelles Verhalten. Zusätzlich modellieren Lernende das Verhalten einflussreicher Personen. Gemäß der „Socio Cultural Theory“ bestimmen Gender-Normen die Praktiken und Strukturen von Institutionen. Im Sinne der „Socio Cognitive Theory“ werden diesen Normen zunehmend internalisiert und handlungsleitend. Maßgeblich für Engagement in einem Bereich ist die Fähigkeit in diesem Bereich Handeln zu können, i.e., Agency. Agency entsteht für das Individuum und die Gruppe als individuelle Agency und kollektive Agency (Bandura, 2001). Besonders durch die persönliche Identifikation mit einer Praxisgemeinschaft entsteht

die Möglichkeit für kollektive Agency. Identität entwickelt sich gemäß des anerkannten Identitätsframeworks in Bezug auf die folgenden Facetten: „Competence“, „Recognition“, „Performance“ und „Interest“ identifiziert (Hazari, Sonnert, Sadler, & Shanahan, 2010).

### **Agency junger Frauen in Physik**

Um zu verstehen, wie junge Frauen in Physik Agency erfahren, wurden Narrative der erfolgreichsten Teilnehmerinnen des Auswahlwettbewerbs zur Internationalen PhysikOlympiade der Jahre 2015 und 2016 herangezogen. Die insgesamt neun Teilnehmerinnen wurden unter anderem nach ihrem Lernverhalten in Physik, nach ihren Motiven zur Teilnahme an der PhysikOlympiade und ihren Erfahrungen in ihrer Auseinandersetzung mit dem Wettbewerb befragt. Dies erfolgte mit einem Interviewprotokoll und die Kodierung im Sinne der „constant comparative method“ (Corbin & Strauss, 1990). Die Konstruktion der Fragen sowie die anschließende Auswertung erfolgte stets eng an der Forschungsfrage „Wie erfahren junge Frauen Agency in Physik und der PhysikOlympiade?“. Die Erfahrungen der jungen Frauen können in zwei (interdependente) Dimensionen unterteilt werden: (1) Wege der individuellen Agency und (2) Wege der kollektiven Agency. Bezüglich der individuellen Agency sprechen die Teilnehmerinnen von ihrer persönlichen Freude an der Physik und an physikalischen Problemstellungen.

„Ja ich mag Physik schon, das ist eines meiner Lieblingsfächer in der Schule, ja.  
[...]  
und so mit der Physik lässt sich mehr die Welt beschreiben und das ist halt - wie Mathe, dass es einfach eine klare Lösung gibt, genau.“ (Schülerin 5, 2016)

„Und ich weiß nicht, die Aufgabe hat mir irgendwie sofort gefallen und ähm dann habe ich eben, ich weiß nicht, ich glaube ich ehm, ich hatte erst einen Ansatz, hatte mir eigentlich einen Tag Zeit genommen, um das ein Mal ganz auszurechnen und äh habe dann irgendwie am zweiten Tag noch einen anderen Ansatz verfolgt und habe einfach so äh mich sehr stark auf diese eine Sache konzentriert und das ist eigentlich etwas, das mir sehr liegt oder gefällt.“ (Schülerin 3, 2016)

Alle Schülerinnen beschreiben sehr positive Assoziationen mit Physik und zeigen Strategien der Selbst-Regulation in Bezug auf die Bearbeitung herausfordernder Probleme. In Bezug auf die Dimension (2) wurden Ausschnitte wie die folgenden klassifiziert:

„Ja das ist das interessante eigentlich, weil - ähm ich schon aus einem anderen Zusammenhang, in dem auch viele Physik-Olympiaden-Teilnehmer involviert sind, schon einige Teilnehmer aus der Bundesrunde kannte, bevor ich bei der Bundesrunde war, - obwohl sie jetzt gar nicht so auf meiner Schule sind.“  
(Schülerin 3, 2016)

„... und, ähm, warum weniger Mädchen mitmachen; ich glaub auch, dass es unter Mädchen in der Schule schon alleine extrem verrufen ist, sowas wie Mathe oder Physik oder Informatik großartig zu wählen, weil das teilweise dann irgendwie auch anders ist und vor allem unter Mädchen dann irgendwie also schlecht ankommt“  
(Schülerin D, 2015)

Diese Ausschnitte machen deutlich, dass kollektive Agency mitunter für junge Frauen nur unter erschwerten Bedingungen möglich ist. Hierzu zählt die Vereinzelung an Schulen und die Stereotype, die Engagement zu einem Balanceakt machen (Archer et al., 2012; Skelton et al., 2010).

### **Gestaltung zukünftiger Fördermaßnahmen**

Die Narrative der erfolgreichen Physik-Schülerinnen legen Fördermaßnahmen nahe, die kollektive Agency stärken. Das umfasst die Außerkraftsetzung von Stereotypen sowie die

Bindung der jungen Frauen an die Physikgemeinschaft. Interventionen, die dies umsetzen, sind sogenannte ‚sozial-psychologische Interventionen‘ (Aguilar, Walton, & Wieman, 2014). Solche Interventionen können auch nach Jahren noch Wirkung zeigen und zeichnen sich durch ihre Einfachheit und Kürze aus. Aguilar et al. (2014) argumentieren, dass diese Interventionen so wirkmächtig sind, weil sie die spezifischen Bedürfnisse der Schülerinnen (oder anderer unterrepräsentierter Gruppen) adressieren. Wie im oben angesprochenen Identitätsframework etabliert, ist das Gefühl der Zugehörigkeit zur Community, auch als soziale Eingebundenheit oder ‚Recognition‘ bezeichnet, ein solches spezifisches Bedürfnis. In Physikumgebungen sind demnach geeignete Role-Models, Gruppenzusammensetzung und auch kleine Übungen, die das Selbstwertgefühl marginalisierter Gruppen in den Fokus nehmen (Aguilar et al., 2014), die Mittel, um Mädchen und jungen Frauen das Gefühl kollektiver Agency in Physik zu ermöglichen. Entgegen landläufiger Meinung ist es hierbei zentral, dass nicht spezifische Gruppen eine gesonderte Behandlung erfahren. Dies kann gerade dazu führen, dass diese Gruppen stigmatisiert werden und die Gruppenidentität in den Fokus der Aufmerksamkeit rückt. Die umfangreiche Forschung zum ‚Stereotype Threat‘ bestätigt diese Befunde.

In der Vergangenheit wurden bereits verschiedene Interventionen zur Förderung junger Frauen in Physik ins Leben gerufen. Das zentrale Problem ist, dass die meisten keine Langzeiteffekte zeigen – weil sie an den falschen Stellen ansetzen. Die Förderung junger Frauen in Physik ist keine Frage um geeignete Kontexte oder Inhalte (Potvin & Hasni, 2014). Die tiefliegenden Ursachen werden durch Arbeiten aus dem Bereich der Identitätsforschung offengelegt. Insgesamt erscheint hier die Beziehung zur Community als zentrale Facette. Die unklaren Effekte von Interventionen verdeutlichen, dass eine genaue (theoriegeleitete) Evaluation solcher Interventionen notwendig ist. Evaluationsdesigns sollten als Längsschnitt angelegt sein und auch weit nach der Intervention eine Follow-Up-Erhebung anstreben. Neben qualitativen Befragungen wurden bereits zahlreiche geeignete Skalen etabliert, die gezielt die Situation junger Frauen in Physik in den Fokus nehmen. Schließlich etablierte Eccles (1994) ein geeignetes Maß, um Wahlentscheidungen junger Frauen zu erfassen.

Als Fördermaßnahme für Teilnehmerinnen der PhysikOlympiade soll in der Folge ein Seminarprogramm mit einer Dauer von etwa einem halben Jahr etabliert werden, in welchem Schülerinnen und Schüler an zwei Wochenenden aus unterschiedlichen Regionen an Forschungsstandorten zusammenkommen und gemeinsam an physikalischen Problemen arbeiten. Flankiert wird diese Maßnahme von einem Online-Training, sodass auch in den Monaten zwischen den Vor-Ort-Seminaren der Kontakt bestehen bleibt. Geeignete Role-Models stärken hierbei das Gefühl der Zugehörigkeit besonders der jungen Frauen. Die Role-Models sind ehemalige erfolgreiche Teilnehmerinnen der PhysikOlympiade und studieren nun alle ein physiknahes Studium. Einzig von diesen zwei Dingen erwarten wir, dass die jungen Frauen nach diesem Programm erhöht eine Zugehörigkeit zur Community entwickeln als junge Frauen in einer vergleichbaren Kontrollgruppe. Die Ergebnisse dieser Intervention werden voraussichtlich auf der GDCP 2017 in Regensburg präsentiert.

**Literatur**

- Aguilar, L., Walton, G., & Wieman, C. (2014). Psychological insights for improved physics teaching. *Physics Today*, 67(5), 43–49. doi:10.1063/PT.3.2383
- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2012). “Balancing Acts”: Elementary School Girls’ Negotiations of Femininity, Achievement, and Science. *Science Education*, 96(6), 967–989.
- Bandura, A. (2001). Social Cognitive Theory: An Agentic Perspective. *Annual Review of Psychology*, 52, 1–26.
- Bussey, K., & Bandura, A. (1999). Social cognitive theory of gender development and differentiation. *Psychological Review*, 106, 676–713.
- Corbin, J., & Strauss, A. (1990). *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*: SAGE Publications.
- Eccles, J. (1994). Understanding women's educational and occupational choices: Applying the Eccles et al. Model of Achievement Related Choices. *Psychology of Women Quarterly*, 18, 585–609.
- Else-Quest, N. M., Hyde, J. S., & Linn, M. C. (2010). Cross-national patterns of gender differences in mathematics: a meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 136(1), 103–127. doi:10.1037/a0018053
- European Commission. (2004). Report by the High Level Group on increasing human resources for science and technology in Europe.
- Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P., & Shanahan, M.-C. (2010). Connecting High School Physics Experiences, Outcome Expectations, Physics Identity, and Physics Career Choice: A Gender Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 978–1003.
- Kenway, J., & Gough, A. (1998). Gender and science education in schools: A review “with attitude.”. *Studies in Science Education*, 31(1), 1–30.
- OECD. (2006). *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies: Policy Report*.
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129. doi:10.1080/03057267.2014.881626
- Quaiser-Pohl, C. (2012). Mädchen und Frauen in MINT: Ein Überblick. In H. Stöger, A. Ziegler, & M. Heilemann (Eds.), *Lehr-Lern-Forschung: Vol. 1. Mädchen und Frauen in MINT. Bedingungen von Geschlechtsunterschieden und Interventionsmöglichkeiten* (pp. 9–40). Berlin: Lit.
- Schoon, I. (2001). Teenage job aspirations and career attainment in adulthood: A 17-year follow-up study of teenagers who aspired to become scientists, health professionals, or engineers. *International Journal of Behavioral Development*, 25(2), 124–132. doi:10.1080/01650250042000186
- Skelton, C., Francis, B., & Read, B. (2010). “Brains before ‘beauty’?” High achieving girls, school and gender identities. *Educational Studies*, 36(2), 185–194. doi:10.1080/03055690903162366
- Varelas, M., Settlage, J., & Mensah, F. M. (2015). Explorations of the Structure-Agency Dialectic as a Tool for Framing Equity in Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(4), 439–447.

## **Gefährdungseinschätzung von Experimenten und Auswirkungen auf die Selbstwirksamkeitserwartung**

### **Ausgangslage**

Die Selbstwirksamkeitserwartung in den Naturwissenschaften und vor allem beim naturwissenschaftlichen Experimentieren ist von Mädchen signifikant geringer als die von Jungen. (Körner, Heim-Dräger, Hinderberger & Maier, 2011; Schroedter & Körner, 2012) Konfrontiert man Schülerinnen und Schüler mit diesen Befunden und fragt sie nach möglichen Gründen für das Ergebnis, so äußern sie u.a., dass Mädchen vorsichtiger und zurückhaltender experimentieren als Jungen. (Körner & Ihringer, 2016) Daraus leitete sich die Überlegung ab, dass Mädchen möglicherweise ein anderes Sicherheitsbedürfnis beim experimentellen Arbeiten aufweisen als Jungen und diese Komponente bei der Beurteilung der Selbstwirksamkeit eine Rolle spielen könnte.

### **Fragestellung**

Zentral soll der Frage nachgegangen werden, ob die Angabe der Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren mit der Besorgnis, die dabei empfunden wird, korreliert. Begleitend dazu wird erhoben, inwieweit die Lernenden das Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht als gefährlich beurteilen und ob ein besonderer Unterstützungsbedarf beim Experimentieren geäußert wird.

### **Hypothesen**

Aufgrund der bisherigen Beobachtungen zum Verhältnis von Jungen und Mädchen zu naturwissenschaftlich technischen Aktivitäten werden folgende Hypothesen aufgestellt:

- Mädchen empfinden Experimente im naturwissenschaftlichen Unterricht gefährlicher als Jungen.
- Mädchen sind im naturwissenschaftlichen Unterricht besorgter als Jungen.
- Mädchen haben ein höheres Bedürfnis nach Unterstützung beim Experimentieren als Jungen.
- Die Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren korreliert mit der Besorgnis.

### **Erhebungsinstrumente**

Die SWE beim Experimentieren wird mit der Skala von Schroedter & Körner (2012) erhoben. Die Antworten erfolgen wie bei allen anderen Fragebogenteilen auch auf einer vierstufigen Ratingskala. Diese Skala weist mit einem Cronbach's  $\alpha$  von 0.87 eine gute Reliabilität auf.

Zur Erfassung der Besorgnis wird ein Teil des Mehrdimensionalen Angst Inventars (MAI) von Hock, Eschenbeck, Heim-Dreger & Kohlmann (2015) adaptiert. Auch hier liegt Cronbach's  $\alpha$  bei 0.89.

Zur Erhebung der wahrgenommenen Gefährdung durch experimentelles Arbeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht wurde eine neue Skala mit sechs Items entwickelt. Als Beispiel dient das Folgende: Komplizierte Experimente erscheinen mir gefährlich. Mit einem  $\alpha$  von 0.75 weist diese Skala eine zufriedenstellende Reliabilität auf.

Auch die Fragen zum Unterstützungsbedürfnis wurden neu generiert. Dabei handelt es sich um acht Items, die einmal in Bezug auf den Unterricht in allen Fächern beantwortet werden und einmal in Bezug auf experimentelles Arbeiten. Beispielfhaft wird gefragt: Für die Bearbeitung von Aufgaben finde ich genaue Anleitungen wichtig. bzw.: Für die

Durchführung von Experimenten finde ich genaue Anleitungen wichtig. Die Reliabilität der Skala zum Experimentieren liegt mit einem  $\alpha$  von 0.77 erwartungsgemäß etwas höher als die zum Unterricht allgemein ( $\alpha = 0.65$ ), da hier die Bewertungssituation klarer ist als die unspezifische Angabe einer Aktivität, die auf viele sich voneinander unterscheidende Situationen übertragen lässt.

### Ergebnisse

Der Gesamtmittelwert von  $M = 1,93$  ( $SD = 0,59$ ) zur Einschätzung der Gefahren im naturwissenschaftlichen Unterricht zeigt, dass das Potenzial, das vom Experimentieren ausgeht, insgesamt als eher gering betrachtet wird. Differenziert man allerdings zwischen Mädchen und Jungen, so fällt die signifikant höhere Einschätzung der Mädchen auf, die auch zu einer bedeutsamen Effektstärke von Cohen's  $d = 0.65$  führt.

Die Erhebung mit dem MAI hat gezeigt, dass auch die Besorgnis beim Experimentieren insgesamt als eher gering eingestuft wird. Der Mittelwert von  $M = 1,70$  ( $SD = 0,62$ ) liegt sogar noch etwas niedriger als die Einstufung des Gefahrenpotenzials. Allerdings lassen sich auch hier signifikante Unterschiede zwischen den Mädchen und Jungen mit einer Effektstärke von  $d = 0,39$  feststellen.

Im Gegensatz zu den ersten beiden Skalen geben die Lernenden im Hinblick auf den Unterstützungsbedarf vergleichsweise hohe Werte an. Für die Unterstützung im Allgemeinen reklamieren sie einen Wert von  $M = 3,02$  ( $SD = 0,52$ ) und beim Experimentieren von  $M = 3,03$  ( $SD = 0,44$ ). In beiden Fällen sind Geschlechterdifferenzen festzustellen, wobei auch hier die Mädchen die höheren Werte verzeichnen. Die Effektstärken liegen bei  $d = 0.45$  im Allgemeinen und bei  $d = 0.61$  für das Experimentieren. Die Ergebnisse der Untersuchung auf Mittelwertunterschiede mittels des t-Tests aller Parameter sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Konstrukt	Mädchen M (SD)	M Jungen M (SD)	t-Wert	d
SWE	2,56 (0,63)	2,96 (0,63)	t (193) 4,40*	0.63
Besorgnis	1,83 (0,62)	1,59 (0,61)	t (193) 2,69*	0.65
Gefahrenereinschätzung	2,11 (0,64)	1,81 (0,52)	t (194) 3,60*	0.51
Unterstützungsbedarf Allgemein	3,14 (0,40)	2,94 (0,46)	t (391) 4,55*	0.45
Unterstützungsbedarf Experimentieren	3,19 (0,50)	2,89 (0,48)	t (391) 6,17*	0.61

Tab. 1: Geschlechterunterschied in der Bewertung verschiedener Konstrukte

\*  $p < 0.05$

Nimmt man einen Vergleich der Mittelwerte zwischen den Angaben zum Unterstützungsbedarf im Allgemeinen und beim Experimentieren innerhalb der Gruppe der Mädchen bzw. der Jungen vor, so ergeben sich interessante Unterschiede zwischen den Gruppen, die in Tabelle 2 zusammengefasst sind. Während sich die Mädchen beim Experimentieren mehr Unterstützung wünschen als im Allgemeinen, ist das bei den Jungen genau umgekehrt. Allerdings werden alle Werte gerade eben nicht signifikant und zeigen damit nur Tendenzen an.

Geschlechtergruppe	U Allgemein M (SD)	U Exp. M (SD)	t-Wert	d
Mädchen	3,14 (0,40)	3,19 (0,50)	t (173) 1,68 n.s.	0.13
Jungen	2,94 (0,46)	2,89 (0,48)	t (218) 1,60 n.s.	0.11

Tab. 2: Unterschied der Bewertung innerhalb verschiedener Geschlechtergruppen  
\*  $p < 0.05$

Abschließend werden korrelative Beziehungen zwischen der Selbstwirksamkeitserwartung und der Einschätzung des Gefahrenpotenzials bzw. der Besorgnis hergestellt (vgl. Tabelle 3). Auch hier wird zwischen den Angaben der Mädchen und Jungen differenziert. Dabei können nennenswerte Korrelationen bei den Mädchen festgestellt werden, während diese bei den Jungen deutlich weniger stark ausgeprägt sind.

	Gefährdungseinschätzung	Besorgnis
SWE Mädchen	- 0,35 ***	- 0,41 ***
SWE Jungen	- 0,12	- 0,26 ***

Tab. 3: Korrelationskoeffizienten  $r$  nach Pearson  
\*\*\*  $p < 0.001$

### Bewertung der Ergebnisse

Insgesamt kann festgehalten werden, dass eine unterschiedliche Bewertung der abgefragten Konstrukte bei den Mädchen und Jungen festzustellen ist. Mädchen ticken in Bezug auf das Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht anders als Jungen. In Bezug auf die Selbstwirksamkeitserwartung können bei den Mädchen darüber hinaus Abhängigkeiten zur geäußerten Gefährdungseinschätzung und Besorgnis konstatiert werden. Allerdings bleibt genauer zu prüfen, ob diese Abhängigkeit beim Experimentieren größeren Einfluss hat als in anderen Tätigkeitsbereichen, da die Beobachtung einer allgemein geringeren SWE und einer höheren Besorgnis bei den Mädchen nicht nur in diesem Aktionsfeld zu beobachten sind.

**Literatur**

- Hock, M.; Eschenbeck, H.; Heim-Dreger, U. & Kohlmann, C.-W. (2015). Aufbau, faktorielle Struktur und psychometrische Kennwerte des Mehrdimensionalen Angstinventars für Kinder und Jugendliche. 13. Arbeitstagung der Fachgruppe Differentielle Psychologie, Persönlichkeitspsychologie und Psychologische Diagnostik. Mainz
- Körner, H.-D., Heim-Dräger, U., Hinderberger, V. & Maier, K. (2011). Interesse und Selbstwirksamkeitserwartungen von Schülerinnen und Schülern im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie* (S. 453-455). Münster: LIT-Verlag.
- Körner, H.-D.; Ihringer, S. (2016): Selbstwirksamkeit beim Experimentieren – Mädchen und Jungen in den Naturwissenschaften. In: Kampshoff, M.; Wiepcke, C. (Hrsg.): *Vielfalt geschlechtergerechten Unterrichts – Ideen und konkrete Umsetzungsbeispiele für Sekundarstufen*. Berlin: epubli, S. 106-140.
- Schroedter, S. & Körner, H.-D. (2012). *Developing a Questionnaire to Measure Student's Self-Efficacy in Conducting Science Experiments*. Pittsburgh: Conference of the International Society of Psychology of Science and Technology.

Tim Reschke<sup>1</sup>  
 Jenna Koenen<sup>2</sup>  
 Elke Sumfleth<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup> Humboldt-Universität zu Berlin

## **Sind Lesegeschichten interessanter für Mädchen als für Jungen?**

### **Theoretischer Hintergrund**

Mehrere Studien konnten zeigen, dass Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie häufig Defizite im Bereich des Fachwissens haben (z. B. Pant et al., 2013). Gleichzeitig zeigen sie ein geringes Interesse am Fach. Insgesamt sind Jungen stärker an Chemie interessiert als Mädchen (z. B. Pant et al. 2013; Sjøberg & Schreiner, 2010). Die vermehrte Anregung des situationalen Interesses könnte einen ersten Schritt in Richtung einer positiven Entwicklung des Fachinteresses darstellen (vgl. Hidi & Berndorff, 1998). Eine Möglichkeit könnten hierbei Lerngelegenheiten in Form von chemiebezogenen Lesegeschichten bieten (Avraamidou & Osborne, 2009), denn Mädchen zeigen im Vergleich zu den Jungen eine höhere Lesemotivation (Schaffner & Schiefele, 2007) und eine höhere Lesekompetenz (z. B. Naumann et al., 2010). Heutzutage werden Lesegeschichten im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt, um beispielsweise das situationale Interesse der Schülerinnen und Schüler anzuregen (vgl. Martensen et al. 2007). Zudem konnten Kaspar & Mikelskis (2008) zeigen, dass sich anhand einer Lesegeschichte konkrete Fachinhalte vermitteln lassen. Darüber hinaus konnte Negrete (2003) in einer Studie zeigen, dass sich Schülerinnen und Schüler langfristig an Inhalte aus einer Lesegeschichte erinnern konnten. Allerdings postulieren Avraamidou & Osborne (2009) in ihrem Reviewartikel, dass es kaum empirische Studien zur Wirkung auf das situationale Interesse und auf die Lernförderlichkeit von Lesegeschichten gibt. Des Weiteren gibt es kaum Vergleichsstudien zu anderen Textarten wie zum Beispiel einem Sachtext (Wellington & Osborne, 2001). Ein Vergleich mit einem Sachtext ist daher sinnvoll, da diese Textart die meist vorkommende in Chemieschulbüchern ist. Sachtexte enthalten aber oft zu viele Informationen in einem kurzen Abschnitt und zu viele unbekannte Fachwörter, sodass die Fachsprache für die Schülerinnen und Schüler häufig als zu schwierig empfunden wird (Beerenwinkel & Gräsel, 2005). Darüber hinaus enthalten diese Texte im Vergleich zu Lesegeschichten andere narrative Merkmale (vgl. Avraamidou & Osborne, 2009). Sachtexte bestehen ausschließlich aus Man- und Passivkonstruktionen sowie Fachsprache, wohingegen in Lesegeschichten oft Alltagssprache und andere Stilmittel verwendet werden (z. B. Norris et al. 2005). So können beispielsweise Analogien und Personifikationen geeignete Mittel sein, um unbekannte Fachinhalte durch Rückgriff auf bereits bekannte Sachverhalte aus dem Alltag zu erklären (Glynn, 2007; Püttchneider & Lück, 2004).

### **Ziele der Studie**

Aus diesem Grund wurde eine Lesegeschichte zum Thema Alkalimetalle entwickelt und untersucht, inwieweit sich das Lernen mit dieser im Vergleich zum Lernen mit einem Sachtext zu den gleichen Inhalten auf den Lernerfolg und das situationale Interesse der Schülerinnen und Schüler auswirkt. Des Weiteren wurden die Geschlechter miteinander verglichen. Daher geht es um die drei zentralen Forschungsfragen:

- Inwieweit können Schülerinnen und Schüler mit einer Lesegeschichte mehr neue Fachinhalte erlernen als mit einem Sachtext?
- Inwieweit haben Schülerinnen und Schüler beim Lernen mit einer Lesegeschichte ein höheres situationales Interesse als beim Lernen mit einem Sachtext?

- Inwiefern zeigen sich Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen in Bezug auf den Lernerfolg und das situationale Interesse beim Lernen mit einer Lesegeschichte bzw. einem Sachtext?

Damit gewährleistet ist, dass in dem Sachtext die identischen Fachinhalte enthalten sind, wurde dieser ebenfalls entwickelt. Beide Texte wurden mithilfe des Hamburger Textverständlichkeitsmodells nach Langer et al. (2002) entwickelt. Die genauen Gestaltungsmerkmale der beiden Textarten wurden bereits bei Reschke, Koenen & Sumfleth (2015) dargestellt. Für beide Texte wurden zufriedenstellende bis gute Lesbarkeitsindices nach Flesch (1951) erreicht. Beide Texte wurden zunächst einigen Schülerinnen und Schülern zum Lernen vorgelegt und anhand der Methode des Lauten Denkens mit anschließenden leitfadengestützten Interviews evaluiert. Auf Basis der Schüleraussagen wurden die Texte optimiert.

### **Interventionsstudie**

Anschließend wurden die Texte im Rahmen einer Interventionsstudie im Prä-post-follow-up-Design in der 8. Jahrgangsstufe an Gymnasien und 9. Jahrgangsstufe an Realschulen im Zeitraum von Ende Oktober 2015 bis Mitte Januar 2016 eingesetzt und miteinander verglichen. Insgesamt gab es zwei Interventionsgruppen; eine Gruppe lernte ausschließlich mit der Lesegeschichte und die andere mit dem Sachtext. Der Ablauf der Erhebung war so gestaltet, dass an einem ersten Tag in einer Schulstunde (45 min) Prä-Tests wie ein selbst entwickelter Fachwissenstest, ein kognitiver Fähigkeitstest (KFT, N2) nach Heller & Perleth (2009) sowie Fragebögen zum Fachinteresse (Fechner, 2009) und zur Lesemotivation (Schaffner, 2009) eingesetzt wurden. Genau eine Woche später in einer weiteren Schulstunde fand die eigentliche Intervention mit begleitenden Testinstrumenten statt. Vor dem Beginn des Lernens wurde die aktuelle Motivation (Rheinberg et al., 2001) der Schülerinnen und Schüler abgefragt. Danach notierten die Schülerinnen und Schüler die Anfangszeit und durften anschließend mit dem Lernen des jeweiligen Textes beginnen. Nach dem Lernen sollten diese die Endzeit des Lernens notieren, damit die tatsächliche Lernzeit ermittelt werden konnte, da die Schülerinnen und Schülern selbstregulativ entscheiden konnten, wann ihr Lernprozess abgeschlossen war. Nach dem Lernen wurden die kognitive Belastung (Kalyuga et al., 1999; Paas, 1992) und das situationale Interesse am Text (angelehnt an Schraw, 1997) erhoben. Nach der Intervention wurde das Fachwissen noch mal erhoben, um Lernzuwächse zu ermitteln. Vier bis sechs Wochen später wurden Follow-up-Tests eingesetzt. An diesem letzten Termin wurde nochmals das Fachwissen erhoben und der LGVT (Schneider et al., 2007) zur Erfassung der Lesekompetenz eingesetzt.

### **Ergebnisse**

Das durchschnittliche Alter der Gesamtstichprobe von  $N = 510$  Schülerinnen und Schülern lag bei 13.6 ( $SD = 1.1$ ) Jahren. Der Anteil der weiblichen Personen betrug 51.2 %. Bezüglich der erhobenen Kontrollvariablen zeigten sich Gruppenunterschiede beim Fachinteresse sowie der Lesemotivation zugunsten der Sachtext-Gruppe; Geschlechterunterschiede zugunsten der Mädchen bei der Deutschnote, Lesemotivation, Lesekompetenz und den kognitiven Fähigkeiten. Hinsichtlich des Gruppen- und Geschlechtervergleichs werden die genannten Variablen für statistische Berechnungen als Kovariaten miteinbezogen. Da bei einigen Testinstrumenten Daten von wenigen Schülerinnen und Schülern fehlten, variieren die Freiheitsgrade leicht. Vergleicht man die Interventionsgruppen hinsichtlich der erreichten Summenscores im Fachwissenstest zu allen drei Messzeitpunkten (Abb. 1), so zeigt sich zunächst, dass sich die Interventionsgruppen vor der Intervention hinsichtlich des Vorwissens nicht unterscheiden. Durch die Intervention zeigen sich zum Post-Messzeitpunkt deutliche Unterschiede. Die Schülerinnen und Schüler, die mit der Lesegeschichte lernten, erreichen einen signifikant höheren Summenscore. Dieser Unterschied geht mit einem

mittleren Effekt einher ( $F(1, 506) = 17.7739, p < .001, \eta_p^2 = .034$ ). Der Effekt nimmt zum Follow-up-Messzeitpunkt leicht ab, bleibt jedoch signifikant vorhanden ( $F(1, 506) = 8.085, p = .005, \eta_p^2 = .016$ ). Betrachtet man die Lernzuwächse, ermittelt aus der Differenz des Post- und Prä-Scores im Fachwissenstest, so zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler mit der Lesegeschichte einen um 1.6 Punkte höheren Lernzuwachs im Vergleich zum Sachtext erreichen. Dieser Unterschied geht hoch signifikant mit einem mittleren Effekt einher ( $F(1, 506) = 23.859, p < .001, \eta_p^2 = .045$ ). Betrachtet man die Geschlechter einzeln, so geht der Unterschied bei den Mädchen mit einem mittel großen Effekt ( $p < .001, \eta_p^2 = .081$ ) und bei den Jungen mit einem kleinen Effekt einher ( $p = .020, \eta_p^2 = .022$ ). Des Weiteren waren die Schülerinnen und Schüler stärker an der Lesegeschichte als am Sachtext interessiert ( $F(1, 506) = 10.923, p = .001, \eta_p^2 = .021$ ). Insgesamt lag ein mittleres bis hohes situationales Interesse an der Lesegeschichte vor. Allerdings kommt dieser Effekt ausschließlich durch die Mädchen zustande ( $F(1, 248) = 16.821, p < .001, \eta_p^2 = .062$ ). Die Jungen waren an beiden Texten gleich viel interessiert. Des Weiteren zeigte sich, dass beide Geschlechter doppelt so lange mit der Lesegeschichte als mit dem Sachtext lernten. Dieser Unterschied geht mit einem großen Effekt einher. Zudem lernten die Mädchen im Vergleich zu den Jungen im Durchschnitt eine Minute länger mit der Lesegeschichte ( $p = .001, \eta_p^2 = .050$ ). Auf Basis dieser Ergebnisse wurden einzelne Regressionen und Mediationen sowie ein multiples Regressionsmodell gerechnet. Das Regressionsmodell ist jedoch nur für die Mädchen gültig (Abb. 2). Hierbei gilt, dass die Gruppe – Sachtext-Gruppe mit 0 und Geschichts-Gruppe mit 1 codiert – über das situationale Interesse und die Lernzeit auf den Lernzuwachs wirkte. Gleichzeitig wirkte jedoch die Gruppe auch über das situationale Interesse auf die Lernzeit. Das hatte zur Folge, dass die Veränderung der Gruppe – im Gesamtmodell durch die Erhöhung des Wertes um 1 – zugunsten der Lesegeschichte ein höheres situationales Interesse und eine höhere Lernzeit bewirkte. Mädchen erreichten dadurch einen höheren Lernzuwachs. Bei den Jungen hingegen führte eine Veränderung der Textart ausschließlich zu einer höheren Lernzeit und somit zu einem höheren Lernzuwachs. Für das multiple Regressionsmodell konnten 20 Prozent an Varianz vom Lernzuwachs aufgeklärt werden. Das Modell wurde mit SPSS Process gerechnet und konnte mit SPSS Amos bestätigt werden, sodass insgesamt gute Fitindices vorhanden waren.

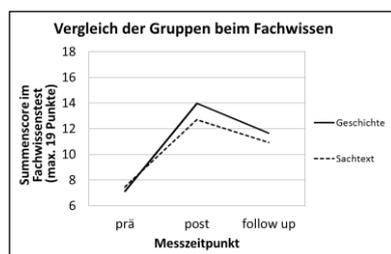


Abb. 1: Summenscores im Fachwissenstest

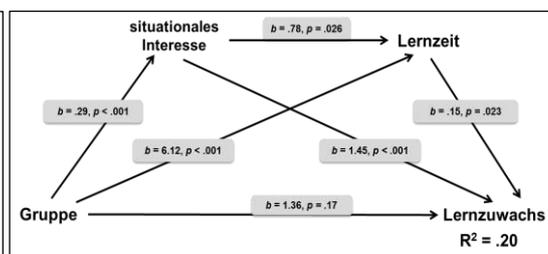


Abb. 2: Multiples Regressionsmodell mit unstandardisierten Werten; nur für Mädchen gültig

## Diskussion

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine Lesegeschichte im Vergleich zu einem Sachtext für das Lernen im Chemieunterricht besser geeignet ist; auch für das längere Erinnern an die Fachinhalte. Darüber hinaus kann durch diese im Vergleich zu dem Sachtext ein höheres situationales Interesse erreicht werden. Zwar ist die Lesegeschichte für Mädchen interessanter als für Jungen, dennoch eignet sich diese für den Einsatz im Chemieunterricht. Anhand der Geschichte ist es nämlich möglich, beide Geschlechter zum Lernen zu bringen; im Vergleich zum Sachtext sogar zu einer höheren Lernzeit.

**Literatur**

- Avraamidou, L., & Osborne, J. (2009). The Role of Narrative in Communicating Science. *International Journal of Science Education*, 31 (12), 1683-1707.
- Beerenwinkel, A., Gräsel, C. (2005) Texte im Chemieunterricht: Ergebnisse einer Befragung von Lehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 21-39.
- Fechner, S. (2009). Effects of Context-oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education. Berlin: Logos.
- Flesch, R. (1951). How to test readability. New York: Harper & Brothers.
- Glynn, S. (2007). The Teaching-With-Analogies Model. *Science and Children*, 44 (8), 52-55.
- Heller, K., & Perleth, C. (2000). KFT 4-12+R, Kognitiver Fähigkeiten-Test für 4. Bis 12. Klassen: Revision-Materialien-Koffer. Göttingen: Beltz.
- 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.
- 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.
- Langer, I., Schulz von Thun, F., & Tausch, R. (2002). *Sich verständlich ausdrücken*. München: Reinhardt.
- Martensen, M., Tietjens, K., & Parchmann, I. (2007). Storytelling eine Methode zur Kontextualisierung am Beispiel „Strom durch Chemie“. *MNU*, 60 (7), 410-415.
- 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, *PISA 2009: Bilanz nach einem Jahrzehnt* (S. 24-65). Münster: Waxmann.
- Negrete, A. (2003). Fact via Fiction – Stories that Communicate Science. Bath [Online], URL: <http://www.pantaneto.co.uk/issue12/negrete.htm> [29.09.2016].
- Norris, S. P., Guilbert, S. M., Smith, M. L., Hakimelahi, S., & Phillips, L. M. (2005). A Theoretical Framework for Narrative Explanation in Science. *Science Education*, 89 (4), 535-563.
- 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.
- Püttschneider, M., & Lück, G. (2004). Die Rolle des Animismus bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte. *CHEMKON*, 11, 167-174.
- Reschke, T., Koenen, J., & Sumfleth, E. (2015). Mit fiktiven Geschichten Chemie lernen. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 642-644). Kiel: IPN.
- 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> [20.09.2016].
- Schaffner, E., & Schiefele, U. (2007). Auswirkungen habitueller Lesemotivation auf die situative Textrepräsentation. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 54 (4), 268-286.
- Schaffner, E. (2009). Effekte kognitiver und motivationaler Faktoren auf das Verstehen und Lernen von Texten. Berlin [Online], URL: [http://edocs.fuberlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS\\_derivate\\_000000006738/Schaffner\\_Effekte\\_habitueller\\_Lesemotivation\\_II.pdf?hosts=\[1.07.2016\]](http://edocs.fuberlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000006738/Schaffner_Effekte_habitueller_Lesemotivation_II.pdf?hosts=[1.07.2016]).
- Schneider, W., Schlagmüller, M., & Ennemoser, M. (2007). Lesegeschwindigkeits- und verständnistest für die Klassen 6-12 (LGVT). Göttingen: Hogrefe.
- Schraw, G. (1997). Situational Interest in Literary Text. *Contemporary Educational Psychology*, 22 (4), 436-456.
- 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> [20.09.2016].
- Wagenschein, M. (1965). *Die pädagogische Dimension der Physik*. Braunschweig: Westermann.
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham, UK: Open University Press.

Katrin Schüßler<sup>1</sup>  
 Jenna Koenen<sup>2</sup>  
 Elke Sumfleth<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Humboldt-Universität zu Berlin

### **Spricht motivierende Gestaltung von Lernmaterial vorrangig Mädchen an?**

Mit dem Ziel Lehrkräfte bei der individuellen Förderung von Schülerinnen und Schülern zu unterstützen, wurden Selbstlernmaterialien für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I entwickelt (Schüßler, Emden, & Sumfleth, 2016). Da Lernende bei Selbstlernmaterialien häufig selbst über die Nutzung oder aber zumindest die Dauer der Nutzung des Lernmaterials entscheiden (Mayer, 2014), lag ein Fokus auf der motivierenden Gestaltung des Materials. Deshalb wurden Lösungsbeispiele (für einen Überblick siehe Renkl, 2005; 2014b) mit lebensweltlichen Coverstories verwendet. Über die lebensweltlichen Coverstories soll eine tiefere Verarbeitung der präsentierten Informationen angeregt werden (für einen Überblick siehe Renkl, 2014a; 2014b); gleichzeitig führen sie dazu, dass das entwickelte Lernmaterial sehr umfangreich ist (die drei Lösungsbeispiele, die in dieser Studie eingesetzt wurden, umfassen zwischen 2583 und 3967 Wörter). Da Mädchen besser und lieber lesen als Jungen (für einen Überblick siehe Ainley, Hillman, & Hidi, 2002; Hannover & Kessels, 2011) ist es möglich, dass Mädchen durch das Lernmaterial stärker angesprochen werden als Jungen. Gleichzeitig weisen Mädchen in Bezug auf Chemie häufig ein schlechteres Selbstkonzept und ein geringeres Interesse als Jungen auf (Pant, Stanat, Pöhlmann, Roppelt, Schroeders, & Siegle, 2013), so dass es auch denkbar ist, dass Mädchen, aufgrund des Inhalts, trotz der Gestaltung des Materials, von diesem nicht angesprochen werden. Es stellt sich daher die Frage: Inwieweit wirkt sich das Arbeiten mit textbasierten Selbstlernmaterialien (Lösungsbeispielen) zu Fachinhalten des Chemieunterrichts unterschiedlich auf a) den Lernerfolg und b) die Motivation mit dem Material zu arbeiten von Jungen und Mädchen aus? Auftretende Unterschiede werden im Anschluss mithilfe der erhobenen Kontrollvariablen genauer analysiert.

Im Rahmen einer Studie mit pre-post-Design wurden drei Lösungsbeispiele zum Thema Säure eingesetzt. An der Studie nahmen insgesamt dreiundzwanzig Klassen von zehn Schulen teil. Für die folgende Auswertung wird eine reduzierte Stichprobe ( $N = 363$ , 50.1 % weiblich,  $M_{Alter} = 14.14$  Jahre,  $SD_{Alter} = 0.60$ ) mit vollständigem Datensatz für alle relevanten Variablen herangezogen. Neben dem Lernerfolg (Fachwissenstest im Multiple-Choice Single-Select-Format) wurde zum pre- beziehungsweise zum post-Zeitpunkt eine Reihe von Kontrollvariablen erhoben (z. B. Leseverständnis (LGVT, Schneider, Schlagmüller, & Ennemoser, 2007), kognitive Fähigkeiten (KFT-N 2A, Heller & Perleth, 2000), aktuelle Motivation (FAM, Rheinberg, Vollmeyer, & Burns, 2001)). Darüber hinaus wurde während der Bearbeitung der Lösungsbeispiele die Motivation der Lernenden, mit dem Lernmaterial zu arbeiten, an sieben unterschiedlichen Stellen erhoben, jeweils mit Blick auf den gerade gelesenen Textabschnitt (Zustimmung zu einem Item: (1) trifft nicht zu bis (7) trifft zu).

Mit Blick auf den Lernerfolg zeigt sich ein deutlicher Lernzuwachs vom pre- zum post-Test ( $t(362) = -16.10$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.933$ ), aber kein Unterschied zwischen Jungen und Mädchen ( $F(1, 361) = 0.04$ ,  $p = .844$ ,  $\eta_p^2 < .001$ ).

Bezüglich der Motivation mit dem Lernmaterial zu arbeiten zeigt sich, dass Mädchen insgesamt motivierter sind als Jungen ( $F(1, 361) = 20.49$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .054$ ). Die sieben Textabschnitte, in die die Lösungsbeispiele für die wiederholte Messung der Motivation unterteilt wurden, unterscheiden sich zum Teil deutlich bezüglich des Anteils an Coverstory-Elementen und Fachinhalten. So enthält der zweite Textabschnitt (MZP2) jedes Lösungsbeispiels überwiegend Elemente der Coverstory, während im fünften

Textabschnitt (MZP5) Fachinhalte überwiegen. Ein Vergleich der Motivation mit dem Material zu arbeiten zeigt für Abschnitte, in denen die Elemente der Coverstories überwiegen (MZP2), deutlich größere Unterschiede ( $F(1, 361) = 31.35, p < .001, \eta_p^2 = .080$ ) zwischen Jungen und Mädchen als für Textabschnitte, in denen Fachinhalte überwiegen (MZP5,  $F(1, 361) = 7.92, p = .005, \eta_p^2 = .021$ ). Die insgesamt größere Motivation der Mädchen mit dem Material zu arbeiten geht demnach besonders auf die Textabschnitte zurück, in denen Elemente der Coverstories überwiegen (siehe Abbildung 1). Für Textabschnitte, in denen Fachinhalte überwiegen, ist der Unterschied zwischen Jungen und Mädchen weniger stark ausgeprägt. Diese Ergebnisse bestätigen, dass Mädchen ein größeres Interesse an Geschichten haben, und deutet darauf hin, dass Geschichten geeignet sein könnten, um Mädchen auch für die Auseinandersetzung mit chemischen Fachinhalten zu motivieren (siehe hierzu auch Reschke, Koenen, & Sumfleth, in diesem Band).

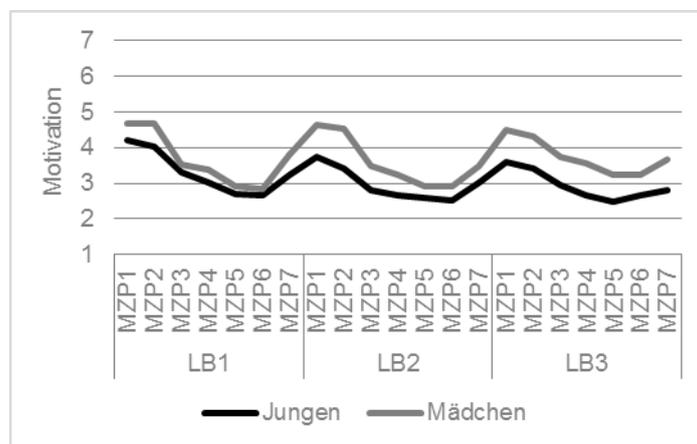


Abb. 1: Entwicklung der Motivation von Jungen und Mädchen mit den Lösungsbeispielen (LB) zu arbeiten

Da Jungen und Mädchen sich in einer Reihe von Kontrollvariablen (letzte Deutschnote, Leseverhalten in der Freizeit, kognitive Fähigkeiten, Leseverständnis, Misserfolgsbefürchtung, Erfolgswahrscheinlichkeit, Interesse und Herausforderung sowie erzielte Punkte im Transfertest zum pre-Zeitpunkt) unterscheiden, bleibt offen, ob die gefundenen Unterschiede in der Motivation mit dem Material zu arbeiten, auf die Unterschiede in den Kontrollvariablen zurückgehen oder ob das Geschlecht die entscheidende Variable darstellt.

Um dieser Frage nachzugehen, wurde zunächst geprüft, inwiefern Kontrollvariablen, in deren Ausprägung sich Jungen und Mädchen unterscheiden ( $p < .100$ ), für die beiden Messzeitpunkte (Mittelwert über die drei Lösungsbeispiele), signifikant mit der Motivation mit dem Material zuarbeiten korrelieren. Hier zeigten sich für alle genannten Kontrollvariablen, mit Ausnahme der Misserfolgsbefürchtung, mindestens an einem der beiden Messzeitpunkte, signifikante Korrelationen (MZP2:  $r = (\pm).118 - .531, p < .050$ , MZP5:  $r = (\pm).182 - .645, p < .001$ ). Im Anschluss wurde daher im Rahmen linearer Regressionsanalysen (Methode: *Einschluss*) geprüft, inwiefern die Kontrollvariablen, in deren Ausprägung sich Jungen und Mädchen voneinander unterscheiden, geeignet sind, für die beiden Messzeitpunkte, die Motivation mit dem Material zu arbeiten, aufzuklären.

Für den zweiten Messzeitpunkt zeigt sich, dass mithilfe der Kontrollvariablen 32.8 % der Motivation mit dem Material zu arbeiten aufgeklärt werden können ( $F(8, 354) = 21.60, p < .001$ ), wobei 1) Interesse und Herausforderung ( $\beta = .528, p < .001$ ),

2) Erfolgswahrscheinlichkeit ( $\beta = -.110, p = .033$ ) und 3) die letzte Deutschnote ( $\beta = -.092, p = .050$ ) signifikante Prädiktoren darstellen, während alle anderen Variablen (Leseverhalten in der Freizeit, Misserfolgsbefürchtung, Leseverständnis, erzielte Punktzahl im Transfertest zum pre-Zeitpunkt, kognitive Fähigkeiten) sich nicht als signifikante Prädiktoren erweisen.

Für den fünften Messzeitpunkt zeigt sich, dass mithilfe der gewählten Variablen 49.4 % der Motivation mit dem Material zu arbeiten aufgeklärt werden können ( $F(8, 354) = 43.20, p < .001$ ). Dabei erweisen sich erneut 1) Interesse und Herausforderung ( $\beta = .524, p < .001$ ), 2) Erfolgswahrscheinlichkeit ( $\beta = .171, p < .001$ ) und 3) die letzte Deutschnote ( $\beta = -.104, p = .011$ ) als signifikante Prädiktoren.

Wird das Geschlecht als zusätzliche Variable in die Regressionsanalyse aufgenommen, zeigt sich für den zweiten Messzeitpunkt, dass mithilfe des Geschlechts die Motivation mit dem Material zu arbeiten besser aufgeklärt werden kann ( $R^2 = .348, \Delta R^2 = .020, F(9, 353) = 20.96, p < .001$ , signifikante Prädiktoren: 1) Interesse und Herausforderung ( $\beta = .511, p < .001$ ) und 2) Geschlecht ( $\beta = .156, p = .001$ )).

Für den fünften Messzeitpunkt trägt das Geschlecht dagegen nicht zu einer besseren Aufklärung der Motivation mit dem Material zu arbeiten bei ( $R^2 = .495, \Delta R^2 = .001, F(9, 353) = 38.42, p < .001$ , Geschlecht:  $\beta = .032, p = .447$ , signifikante Prädiktoren: 1) Interesse und Herausforderung ( $\beta = .521, p < .001$ ), 2) Erfolgswahrscheinlichkeit ( $\beta = .177, p < .001$ ) und 3) die letzte Deutschnote ( $\beta = -.101, p = .014$ )).

Die Ergebnisse der Regressionsanalysen zeigen, dass die Variable Geschlecht für die Textabschnitte, in denen Elemente der Coverstories überwiegen, signifikant dazu beiträgt die Motivation der Lernenden mit dem Lernmaterial zu arbeiten aufzuklären. Für die Textabschnitte, in denen Fachinhalte überwiegen, ist dies nicht der Fall. Unterschiede in der Motivation mit dem Lernmaterial zu arbeiten zwischen Jungen und Mädchen lassen sich für den zweiten Messzeitpunkt demnach nicht (allein) über die Unterschiede in den Kontrollvariablen erklären. Ausgehend von den präsentierten Ergebnissen ist daher anzunehmen, dass Coverstories eine geeignete Maßnahme sind, um (gezielt) die Motivation der Mädchen zu steigern. Auf Basis der vorliegenden Daten kann allerdings nicht abschließend geklärt werden, ob für den zweiten Messzeitpunkt wirklich das (biologische) Geschlecht den entscheidenden Faktor darstellt. Wahrscheinlicher erscheint es, dass es sich hierbei um einen Effekt des sozialen Geschlechts handelt (siehe beispielsweise Kessels, 2005) oder dass sich hinter dem Geschlecht eine nicht erfasste weitere Kontrollvariable verbirgt. Dies sollte zukünftig detaillierter betrachtet werden.

Ebenfalls offen bleibt die Frage, wie sich die höhere Motivation der Mädchen zum zweiten Messzeitpunkt auf ihre Motivation zum fünften Messzeitpunkt und ihren Lernerfolg auswirkt. Möglicherweise führen die Coverstories dazu, dass Mädchen (langfristig) für die Auseinandersetzung mit chemischen Fachinhalten eine höhere Motivation aufbringen. Wie sich dies (langfristig) auf den Lernerfolg auswirkt, bedarf weiterer Untersuchungen.

**Literatur**

- Ainley, M., Hillman, K., & Hidi, S. (2002). Gender and interest processes in response to literary texts: Situational and individual interest. *Learning & Instruction*, 12(4), S. 411–428.
- Hannover, B. & Kessels, U. (2011). Sind Jungen die neuen Bildungsverlierer? Empirische Evidenz für Geschlechterdisparitäten zuungunsten von Jungen und Erklärungsansätze. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 25(2), S. 89-103.
- Heller, K.A. & Perleth, Ch. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen. Revision (KFT 4-12+ R). Göttingen: Beltz.
- 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), S. 309-323.
- Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge Handbook of multimedia learning*. Second Edition (S. 43-71). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Pant, H. A., Stanat, P., Pöhlmann, C., Roppelt, A., Schroeders, U., & Siegle, T. (2013). Der IQB-Ländervergleich 2012: Zusammenfassung und Einordnung der Befunde. In H. A. Pant, P. Stanat, U. Schroeders, A. Roppelt, T. Siegle & C. Pöhlmann (Hrsg.), *IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I* (S. 403–414). Münster: Waxmann.
- Renkl, A. (2005). The Worked-Out Example Principle in Multimedia Learning. In: Mayer, R. E. (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 229-245), Cambridge University Press, New York.
- Renkl, A. (2014a). Towards an Instructionally Orientated Theory of Example-Based Learning. *Cognitive Science*, 38(1), S. 1-37.
- Renkl, A. (2014b). The Worked Example Principle in Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge Handbook of multimedia learning*. Second Edition (S. 391-412). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Reschke, T., Koenen, J., & Sumfleth, E. (in diesem Band). Sind Lese geschichten interessanter für Mädchen als für Jungen?
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Burns, B.D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostika* 2, S. 57-66.
- Schneider, W., Schlagmüller, M., & Ennemoser, M. (2007). Lese geschwindigkeits- und verständnistest für die Klassen 6-12 (LGVT 6-12). Göttingen: Hogrefe.
- Schübler, K., Emden, M., & Sumfleth, E. (2016). Selbstlernmaterialien für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I. ([https://www.uni-due.de/chemiedidaktik/09\\_sonstiges\\_downloads\\_loesungsbeispiele\\_pc.php](https://www.uni-due.de/chemiedidaktik/09_sonstiges_downloads_loesungsbeispiele_pc.php))

## Kontexte und ihre Wirkung auf das Interesse von Jungen und Mädchen

### Ausgangslage

Im schulischen Rahmen hat die Verknüpfung von naturwissenschaftlichen Unterrichtsinhalten mit lebensweltbezogenen Themenbereichen in den letzten Jahren vermehrt zugenommen. Unter dem Stichwort des kontextorientierten Lernens wird versucht, dem abnehmenden Interesse (Potvin & Hasni, 2014) von Schülerinnen und Schülern am naturwissenschaftlichen Unterricht entgegenzuwirken. Darüber hinaus sollen die Lernenden die persönliche und gesellschaftliche Relevanz von Fachinhalten der Chemie, Physik oder Biologie erkennen, indem sie mit alltagsbezogenen Problemstellungen konfrontiert werden, zu deren Lösung das Kennen und Anwenden naturwissenschaftlicher Inhalte nötig ist. Dabei wirken Kontexte nicht universal. So gibt es große Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen. Während Jungen eher Kontextbereiche präferieren, die Gefahrenaspekte beinhalten, finden Mädchen Kontextbereiche interessant, die einen stärkeren medizinisch-biologischen Bezug haben (Holstermann & Bögeholz, 2007; Sjøberg & Schreiner, 2010).

### Theoretischer Hintergrund

Die Beschäftigung mit Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht kann auf verschiedenen Ebenen stattfinden. Neben der außerschulischen und klassenraumbezogenen Ebene nennt Finkelstein (2005) die Aufgaben- bzw. Problemebene. Letztere ist für die Gestaltung von kontextbasiertem Lernmaterial von großer Bedeutung, da hier gezielt Kontextelemente variiert werden können. Hier bildet ein Kontext, gemäß der Definition von Gilbert (2006), einen situativen Zusammenhang, der es nötig macht, naturwissenschaftliche Unterrichtsinhalte zu dessen Klärung heranzuziehen.

Durch eben diese Verknüpfung von lebensweltbezogener Problemstellung und fachwissenschaftlichen Inhalten können positive Effekte hinsichtlich affektiver Variablen von Schülerinnen und Schülern beim Lernen erzielt werden. Werden jedoch kognitive Faktoren wie zum Beispiel die Lernleistung in den Blick genommen, zeigt sich kein einheitliches Bild (Bennett, Lubben, & Hogarth, 2007; Ültay & Çalık, 2012). Aufgrund dieser ambivalenten Forschungslage fordern Taasobshirazi & Carr (2008) systematischere Forschungsarbeiten in diesem Bereich.

Ein Ansatz zur stärkeren Fokussierung auf unterschiedliche Kontexte bietet die Differenzierung von Kontexten nach Kontextmerkmalen. Van Vorst und Kollegen (2014) schlagen in diesem Zusammenhang ein Modell zur Operationalisierung von Kontextmerkmalen vor, womit es möglich ist, systematisch variierte Kontextaufgaben zu gestalten und diese hinsichtlich ihrer Wirkungen auf affektive und kognitive Schülerfaktoren zu untersuchen. Es konnte gezeigt werden, dass *besondere* Kontexte höheres situationales Interesse erzeugen als *alltägliche Kontexte* (van Vorst, 2013).

Neben dem Kontext scheinen auch der zugrundeliegende Fachinhalt und das Aufgabenformat die Wirkung von kontextbasiertem Lernmaterial zu beeinflussen. So konnte Kölbach (2011) nachweisen, dass positive Kontexteffekte dann auftreten, wenn Fachinhalte erlernt werden sollen, die von Schülerinnen und Schülern per se als eher uninteressant wahrgenommen werden. Zusätzlich zeigt sich, dass Schülerinnen und Schüler nicht problemorientierte Kontextaufgaben als motivierender wahrnehmen als problemorientierte Kontextaufgaben und dass letztere die kognitiven Anforderungen, die an die Lernenden gestellt werden, zusätzlich erhöhen (Harbach, 2013).

### Forschungsziel

Auf Grundlage des theoretischen Hintergrunds wird im Rahmen dieser Studie untersucht, welche Effekte systematisch variierte kontextbasierte Lernaufgaben auf das situationale Interesse, die Lernleistung und die kognitive Belastung von Schülerinnen und Schülern haben. Bei den unabhängigen Variablen handelt es sich dabei um das Kontextmerkmal (*alltäglich/besonders*), den Fachinhalt (*hohe Interessantheit/geringe Interessantheit*) und das Aufgabenformat (*problemorientiert/nicht problemorientiert*).

Dieser Beitrag fokussiert auf Kontexteffekte bezogen auf die emotionale und wertbezogene Valenz des situationalen Interesses (Krapp, Hidi, & Renninger, 1992; Schiefele, 1999) sowie auf den Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler. Auch mögliche Geschlechtereffekte sollen Berücksichtigung finden.

### Studiendesign

Die systematische Kombination aller Ausprägungen der unabhängigen Variablen ergibt ein 2x2x2 Untersuchungsdesign (Abb. 1). Basierend auf den Ergebnissen zweier Vorstudien sind für jede Zelle des Designs je drei 40-minütige experimentbasierte Lernaufgaben entwickelt worden. Während Lernzuwächse mittels eines prä-post Fachwissenstests erhoben wurden, wurde das situationale Interesse immer im Anschluss an die Bearbeitung einer Lernaufgabe gemessen.

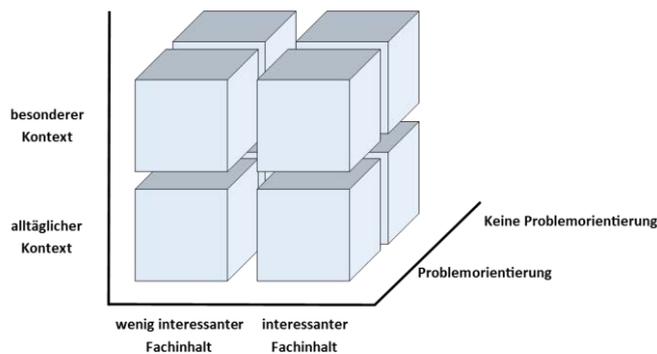


Abb. 1: Untersuchungsdesign

### Ergebnisse

#### Situationales Interesse

Sowohl hinsichtlich der emotionalen als auch der wertbezogenen Valenz des situationalen Interesses zeigt sich eine Abnahme über die drei eingesetzten Aufgaben hinweg. Während die Schülerinnen und Schüler der ersten Lernaufgabe ein hohes Maß an Bedeutsamkeit zumessen und auch große Freude am Umgang mit dem Lernmaterial haben, sinken beide Werte über den zweiten Messzeitpunkt zum dritten Messzeitpunkt deutlich ab. Wird der Faktor Kontext berücksichtigt, zeigt sich jedoch ein differenzierteres Bild (Abb. 2). Die Abnahme der emotionalen Valenz ist für Lernende, die innerhalb des alltäglichen Kontexts lernten, geringer als für diejenigen, die innerhalb des besonderen Kontexts lernten ( $F(1, 200) = 4.88, p = .028, \eta^2 = .24$ ). Dieser Kontexteffekt ist jedoch ausschließlich auf die Jungen zurückzuführen. Für die wertbezogene Valenz lässt sich der in Abb. 3 dargestellte Kontexteffekt jedoch voll auf die Mädchen zurückführen. Sie messen dem alltäglichen Kontext über alle Aufgaben höhere Bedeutsamkeit zu als dem besonderen Kontext. Ein Haupteffekt des Kontexts verdeutlicht dies ( $F(1, 267) = 6.64, p = .024, \eta^2 = .24$ ).

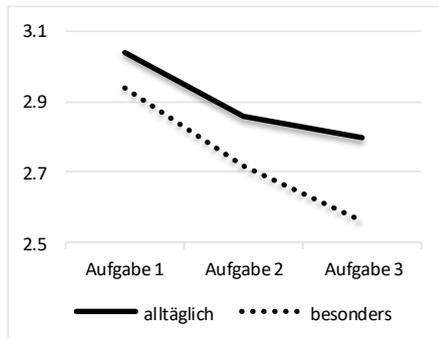


Abb. 2: Ergebnisse zur emotionalen Valenz

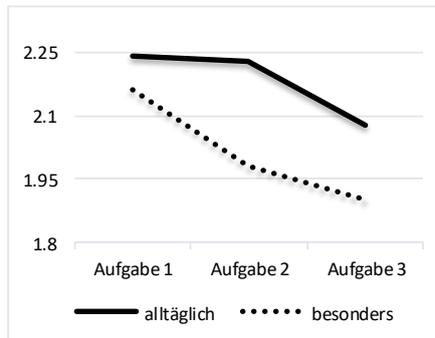


Abb. 3: Ergebnisse zur wertbezogenen Valenz

### Lernzuwächse

Insgesamt lernen die Schülerinnen und Schüler aller Interventionsgruppen vom prä- zum post-Messzeitpunkt dazu ( $t(430) = -11.80, p < .001, d = 0.49$ ). Jedoch zeigt sich auch hier ein differentieller Geschlechtereffekt. Die Mädchen der Stichprobe lernen im Laufe der Intervention deutlich mehr als die Jungen ( $\text{♀ } d = 0.62; \text{♂ } d = 0.35$ ).

Regressionsanalysen (Tab. 1 & 2) zeigen darüber hinaus, dass sowohl für Jungen als auch für Mädchen das Vorwissen sowie die kognitiven Fähigkeiten signifikante Prädiktoren für das Abschneiden im post-Test sind. Während für Mädchen jedoch zusätzlich die wertbezogene Valenz des situationalen Interesses prädiktiv ist, hat diese für die Jungen keine Vorhersagekraft, dafür jedoch das individuelle Interesse.

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$	<i>t</i>	<i>p</i>
Vorwissen	.575	.067	.433	5.53	< .001
Kognitive Fähigkeiten	.142	.022	.326	-2.29	< .001
Wertbezogene Valenz	1.22	.363	.163	2.12	.001

Tab. 1: Prädiktoren für Abschneiden im post-Test (Mädchen)

	<i>B</i>	<i>SE B</i>	$\beta$	<i>t</i>	<i>p</i>
Vorwissen	.720	.059	.657	12.26	< .001
Individuelles Interesse	.969	.345	.144	2.81	.005
Kognitive Fähigkeiten	.049	.024	.105	2.06	.041

Tab. 2: Prädiktoren für Abschneiden im post-Test (Jungen)

### Diskussion und Ausblick

Die dargestellten Ergebnisse legen nahe, dass die im Rahmen dieser Studie verwendeten Kontexte je nach Geschlecht unterschiedlich wirken. Die Jungen haben mehr Freude an alltäglichen Kontexten, was jedoch keinen direkten Einfluss auf deren Lernzuwachs hat. Die Mädchen hingegen messen alltäglichen Kontexten höhere persönliche Bedeutsamkeit zu, was wiederum zu einem besseren Abschneiden im Fachwissenstest führt.

Da davon ausgegangen werden kann, dass nicht das Geschlecht, sondern im Hintergrund liegende Variablen wie das individuelle Fachinteresse diese Unterschiede hervorrufen, bieten sich hier Anknüpfungspunkte für weitere Forschung und tiefergehende Analysen.

**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.
- Finkelstein, N. (2005). Learning Physics in Context: A study of student learning about electricity and magnetism. *International Journal of Science Education*, 27(10), 1187–1209.
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of “Context” in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957–976.
- Harbach, A. (2013). Problemorientierung und Vernetzung in kontextbasierten Lernaufgaben. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 159*. Berlin: Logos Berlin.
- Holstermann, N., & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 71–86.
- Kölbach, E. (2011). Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 123*. Berlin: Logos.
- Krapp, A., Hidi, S., & Renninger, K. A. (1992). Interest, Learning and Development. The role of interest in learning and development. Hillsdale: NJ: Erlbaum.
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Analysis of the Decline in Interest Towards School Science and Technology from Grades 5 Through 11. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 784–802.
- Schiefele, U. (1999). Interest and learning from text. *Scientific studies of reading*, 3(3), 257–279.
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2010). The ROSE project. An overview and key findings.
- Taasobshirazi, G., & Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review*, 3(2), 155–167.
- Ültay, N., & Çalık, M. (2012). A Thematic Review of Studies into the Effectiveness of Context-Based Chemistry Curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 686–701.
- van Vorst, H. (2013). Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 145*. Berlin: Logos.
- van Vorst, H., Dorsch, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H., & Sumfleth, E. (2014). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.

Florian Gigl<sup>1</sup>  
 Patrick Löffler<sup>1</sup>  
 Marcela Pozas<sup>2</sup>  
 Alexander Kauertz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Koblenz-Landau  
<sup>2</sup>Universität Trier

## Genderspezifische Auswirkungen von Kontext in Physik-Problemlösetests

### Hintergrund

Kontextualisierte Problemaufgaben eignen sich, um im Rahmen von Übungs- und Testsituationen die Fähigkeit von Schülerinnen und Schülern zu fördern, erlerntes Fachwissen auf lebensnahe Anwendungssituationen zu übertragen (Klieme, Funke, Leutner, Reimann & Wirth, 2001; Müller, 2006). Kontext wird in der vorliegenden Arbeit verstanden als „Verflechtung von fachlichen Inhalten und Zugängen, die üblicherweise aus nichtfachlicher Sicht betrachtet werden“ (van Vorst et al., 2015, S. 30). Die Lösung von kontextualisierten Problemaufgaben erfordert „zielorientiertes Denken und Handeln“ unter Rückgriff auf Fachwissen (in Abgrenzung zu Alltagsvorstellungen; Mikelskis-Seifert, 2006) und Heuristiken „[...] in Situationen, für deren Bewältigung keine routinierten Vorgehensweisen verfügbar sind“ (Klieme et al., 2001, S. 185; Reinhold, Lind & Friege, 1999). Durch die Möglichkeit der Verknüpfung von Fach- (konzeptuell) und Kontextebene können kontextualisierte Problemaufgaben zudem die Relevanz des anzuwendenden Wissens aufzeigen, was über den Zeitraum der Bearbeitung einer solchen Aufgabe in einer Erhöhung und dem Erhalt des situationalen Interesses resultieren kann (Dorschu, 2013; Pozas, in Vorbereitung). Dessen Einfluss auf die Problemlöseleistung bei kontextualisierten physikalischen Problemen ist nicht erforscht.

In einer früheren Analyse eines Instruments zum kontextualisierten Problemlösen im Themenfeld Thermodynamik konnte gezeigt werden, dass Mädchen im Fachwissenstest (erwartungskonform) signifikant schlechter ( $d = -.64$ ,  $p < .001$ ) abschneiden, als Jungen (Gigl, Löffler & Kauertz, 2016b; Riese, 2009). Beide Gruppen unterscheiden sich jedoch nicht in der Leistung im Problemlösetest, ein auf kognitiven Merkmalen basierendes Erklärungsmodell hat sich empirisch nicht bewährt (Gigl et al., 2016b).

Mögliche Erklärungsansätze für diesen Befund bieten Einflüsse der Motivation: Der Kontext der Problemlöseaufgaben könnte im Gegensatz zum fachnahen Wissenstest besonders für Mädchen zusätzlich motivierend gewirkt haben (Dorschu, 2013). Im Sinne der Potentialaus-schöpfungshypothese könnte dies zu einer besseren Ausnutzung verfügbarer kognitiver Kapazitäten führen (Leutner, Fleischer, Wirth, Greiff & Funke, 2012).

Möglicherweise fallen kontextualisierte Aufgaben nicht in geschlechterspezifische Stereotypen (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998), so dass dadurch die Anspannung bei der Aufgabenbearbeitung reduziert wird und im Rahmen des *aptitude/anxiety-Modells* (Hyde, Fennema, Ryan, Frost & Hopp, 1990) weniger leistungshemmend wirkt. Auch könnte der verwendete Kontext im Rahmen der *Expectancy-Value-Theorie* (Wigfield & Eccles, 2000) im Vergleich zu gewohnten Aufgaben ein höheres situationales Interesse (Hoffmann et al., 1998) und so eine höhere Leistungsbereitschaft der weiblichen Probanden erzeugen.

### Forschungsfragen & Design

Aufgrund der Befundlage werden zur weiteren Untersuchung folgende Forschungsfragen abgeleitet:

- Wie wirken kontextualisierte Problemlöseaufgaben auf Facetten der Motivation bei Jungen und Mädchen?
- Welchen Einfluss haben Facetten der Motivation auf den Erfolg des Problemlöseprozesses bei Jungen und Mädchen?

Zur Untersuchung wurde ein Testinstrument zur kontextualisierten analytischen Problemlöseleistung von Schülerinnen und Schüler der zehnten Klasse Gymnasium herangezogen (Gigl, Löffler & Kauertz, 2016a). Unmittelbar vor und nach der Bearbeitung des Problemlösetests wurden die vier Facetten *Interesse*, *Misserfolgsbefürchtung*, *Herausforderung* und *Erfolgswahrscheinlichkeit* des Questionnaire Current Motivation (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001) längsschnittlich erhoben. Durch die enge zeitliche Bindung zwischen Problemlösetest und Fragebögen zu motivationalen Skalen wird davon ausgegangen, dass gemessene Unterschiede direkt auf Effekte zurückführbar sind, die durch die Bearbeitung des Problemlösetests erzeugt wurden.

Zur Analyse wurde ein Subsample von N = 96 Schülerinnen und Schülern (51 Weiblich, 45 Männlich) der zehnten Klasse Gymnasium in Rheinland-Pfalz herangezogen, die hoch kontextualisierte Aufgaben bearbeitet haben (vgl. hierzu Löffler & Kauertz, 2016). Das Instrument zur Problemlöseleistung wurde raschskaliert und zeigte eine zufriedenstellende EAP / PV-Reliabilität von .82. Gruppendifferenzen wurden durch t-Tests, sowie Cohen's d berechnet, zur Varianzaufklärung durch Prädiktoren wurden lineare Regressionen betrachtet.

### Ergebnisse

Die längsschnittliche Untersuchung zu Stand und Entwicklung der motivationalen Skalen nach Geschlecht (vgl. Tab. 1) zeigt für die Facette *Interesse* einen signifikanten, tendenziell zunehmenden Unterschied mittlerer Stärke zum Vorteil der Jungen zu Prä- und Posttest.

Die Facette *Misserfolgsbefürchtung* zeigt zum Prättest einen Unterschied mittlerer Stärke zum Vorteil der Jungen (d.h. Mädchen sind angespannter), der zum Posttest jedoch nicht mehr signifikant ausfällt. Die Entwicklung beider Gruppen zeigt keine Veränderung bei Jungen, während die Misserfolgsbefürchtung bei Mädchen tendenziell rückläufig ist. Diese Entwicklung wird jedoch nicht signifikant ( $p = .13$ ).

Die Entwicklung in der Facette *Herausforderung* zeigt zwischen den Geschlechtern, sowie bei Jungen keine statistisch signifikante Entwicklung. Bei Mädchen zeigt sich längsschnittlich eine rückläufige Entwicklung der empfundenen Herausforderung.

Entwicklung und Verlauf der *Erfolgswahrscheinlichkeit* von Jungen und Mädchen zeigt zum Prättest einen Unterschied mittlerer Effektstärke zwischen Jungen und Mädchen, der zum Posttest nicht mehr signifikant ausfällt. Die längsschnittliche Entwicklung bei Jungen zeigt eine leichte, nicht signifikante Zunahme, während bei Mädchen eine Abnahme ähnlicher Größenordnung zu beobachten ist.

Geschlechterunterschied	d	t (df)	p	d	t (df)	p
	Prättest			Posttest		
Interesse	-0.41	2.00 (94.0)	.05	-0.67	3.22 (81.4)	.002
Misserfolgsbefürchtung	0.55	-2.77 (92.5)	.007	0.19	-0.91 (91.6)	.36
Herausforderung	0.22	-1.10 (93.3)	.27	-0.01	0.04 (81.8)	.97
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.50	-2.41 (80)	.02	-0.11	0.54 (81)	.59
Prä-Post-Änderung	Jungen			Mädchen		
Interesse	0.22	-1.07 (80.1)	.29	-0.09	0.46 (99.6)	.64
Misserfolgsbefürchtung	0.04	-0.18 (83.9)	.85	-0.30	1.54 (99.9)	.13
Herausforderung	-0.18	0.87 (80.7)	.39	-0.43	2.18 (100)	.03
Erfolgswahrscheinlichkeit	0.28	-1.32 (82.6)	.19	-0.29	1.45 (93.4)	.15

Tab. 1: Längsschnittlicher Vergleich motivationaler Skalen zwischen und innerhalb Gruppen

Bei Mädchen zeigt die Betrachtung der Varianzaufklärung der Problemlöseleistung durch Facetten der Motivation keinen beobachtbaren Einfluss.

Bei Jungen klärt das *Interesse* zum Prätest marginal signifikant 8% der Testleistung auf ( $R^2 = .08$ ,  $F(1,43) = 3.71$ ,  $p = .06$ ). Weder die Entwicklung des Interesses über den Verlauf der Aufgabenbearbeitung, noch dessen Stand zum Posttest klären Varianz auf. Weiterhin klärt bei Jungen die Facette *Herausforderung* zum Prätest 29% Varianz auf ( $R^2 = .29$ ,  $F(1,43) = 17.4$ ,  $p < .001$ ). Die Facetten *Misserfolgsbefürchtung* und *Erfolgswahrscheinlichkeit* zeigen auch bei Jungen keinen Einfluss auf die Problemlöseleistung.

### Diskussion

Die dargestellten Ergebnisse verdeutlichen, dass sich die Facetten *Interesse*, *Misserfolgsbefürchtung*, *Herausforderung* und *Erfolgswahrscheinlichkeit* über den Verlauf der Bearbeitung einer kontextualisierten Problemlöseaufgabe bei Jungen und Mädchen unterschiedlich entwickeln und auswirken: Jungen zeigen mehr Interesse, das über den Verlauf der Problemlöseaufgabe tendenziell zunimmt und die Problemlöseleistung beeinflusst. Mädchen äußern vor der Bearbeitung der Problemlöseaufgabe vergleichsweise höhere *Misserfolgsbefürchtung* und *Erfolgswahrscheinlichkeit*, sind in beiden Facetten nach Bearbeitung der Problemstellung nicht mehr von Jungen unterscheidbar. Beide Facetten zeigen keine Auswirkung auf die Leistung im Problemlösetest selbst. Die Facette *Herausforderung* zeigt keine signifikanten Gruppenunterschiede und bei Mädchen eine leicht rückläufige Entwicklung, jedoch klärt sie 29% der Problemlöseleistung der Jungen auf. Ein vergleichbarer Einfluss ist bei Mädchen nicht zu finden.

Für Jungen zeigt sich ein positiver Effekt von kontextualisierten Problemlöseaufgaben: Interesse kann über den Verlauf der Aufgabenbearbeitung gehalten werden. Anfängliches Interesse und empfundene Herausforderung klären Varianz in der Problemlöseleistung auf.

Für Mädchen kann zwar ein erwartungskonformer Rückgang der *Misserfolgsbefürchtung* beobachtet werden, jedoch zeigt sich kein kurzfristiger Einfluss der gemessenen motivationalen Skalen auf die Problemlöseleistung; das Erklärungsdefizit kann mit der vorliegenden Untersuchung nicht behoben werden. Dieses Ergebnis steht entgegen der Erwartungen und Befunde anderer Studien (z.B. Habig, van Vorst & Sumfleth, 2016). Mögliche Erklärungen hierfür wären kontextabhängig unterschiedliche Arbeitshaltungen bei der Bearbeitung von Aufgaben (von Ow & Husfeldt, 2011; Wood, 2003). Alternativ könnte ein möglicherweise vorhandener, positiver Effekt von Kontext durch geschlechterspezifische Stereotypen überwogen werden, die durch die einmalige Beschäftigung mit einer kontextualisierten Problemstellung nicht eliminiert werden. Dadurch könnte bei Mädchen eine Coping-Strategie zum Einsatz kommen, die anstelle von intrinsisch motiviertem Bearbeiten der Problemstellung generische, motivationsunabhängige Strategien der Aufgabenbearbeitung aktiviert.

Die diskutierten Ergebnisse zeigen insbesondere im Vergleich mit zielgruppen- und strategieähnlichen Studien (z.B. Habig et al., 2016) kohärente Ergebnisse bezüglich eines möglichen Effekts von Kontext: Kontext kann das Interesse - und dadurch die Leistungsbereitschaft - von Schülern positiv beeinflussen. Im Vergleich zeigt sich auch, dass die Wirkung von Kontext nicht stabil ist und spezifisch Gruppen anspricht. Bei nicht angesprochenen Gruppen können statt (durch Kontext geförderten) intrinsisch motiviertem Arbeiten möglicherweise andere Strategien zum Einsatz kommen, deren Wirkung auf die Testleistung nicht durch Motivation erklärbar ist. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass sich das Geschlecht als Prädiktor für solche Gruppen eignet.

Als Forschungsdesiderate aus dieser Studie folgen einerseits die Replikation, der Einsatz weiterer Kontexte, sowie die Untersuchung an einer größeren Stichprobe, um Analysen durchzuführen, die aufgrund der mangelnden statistischen Power nicht möglich waren. Weiterhin wäre die Erfassung weiterer Facetten der Motivation (z.B. Hilflosigkeit; Ditton, 2007), domänenspezifischem Selbstkonzept (z.B. Helmke, 1989), sowie eine längerfristige Intervention mit dem Ziel der Integration von lebens- und alltagsnahen Kontexten denkbar.

**Literaturverzeichnis**

- Ditton, H. (2007). Schulwahlentscheidungen unter sozial-emotionalen Bedingungen. In O. Böhm-Kasper, C. Schuchart & U. Schulzeck (Hrsg.), *Kontexte von Bildung. Erweiterte Perspektiven in der Bildungsforschung* (S. 21-38). Münster: Waxmann.
- Dorsch, A. V. (2013). *Die Wirkung von Kontexten in Physikkompetenztestaufgaben*. Berlin: Logos.
- Gigl, F., Löffler, P. & Kauertz, A. (2016a, März). *Kompetenzanforderungen kontextualisierter Problemlöseaufgaben*. 4. Jahrestagung der Gesellschaft für empirische Bildungsforschung, Berlin.
- Gigl, F., Löffler, P. & Kauertz, A. (2016b, Juni). *Geschlechterspezifische Effekte beim Problemlösen: Ein Effekt des Kontexts? 2*. Dortmunder Symposium der Bildungsforschung, Dortmund.
- Habig, S., van Vorst, H. & Sumfleth, E. (2016, September). *Kontexte und ihre Wirkung auf das Interesse von Jungen und Mädchen*. 37. GDGP-Jahrestagung, Zürich.
- Helmke, A. (1989). Incentive value of success and failure in school: Developmental trends and impact on academic achievement. In F. Halisch & J. H. L. van den Bercken (Eds.), *International perspectives on achievement and task motivation* (pp. 225-237). Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik (IPN, Bd. 158)*. Kiel: IPN.
- Hyde, J. S., Fennema, E., Ryan, M., Frost, L. A. & Hopp, C. (1990). Gender Comparisons of Mathematics Attitudes and Affect. *A Meta-Analysis. Psychology of Women Quarterly*, 14 (3), 299-324.
- Klieme, E., Funke, J., Leutner, D., Reimann, P. & Wirth, J. (2001). *Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz. Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungsstudie. Zeitschrift für Pädagogik*, 47 (2), 179-200.
- Leutner, D., Fleischer, J., Wirth, J., Greiff, S. & Funke, J. (2012). *Analytische und dynamische Problemlösekompetenz im Lichte internationaler Schulleistungsvergleichsstudien. Psychologische Rundschau*, 63 (1), 34-42.
- Löffler, P. & Kauertz, A. (2016). *Modellanwendung in Problemlöseaufgaben: Wie wirkt Kontext? In C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Jahrestagung in Berlin 2015 (Bd. 36, S. 41-43)*. Regensburg: Universität Regensburg.
- Mikelskis-Seifert, S. (2006). *Modellmethode als epistemologisches und didaktisches Konzept. In H. F. Mikelskis (Hrsg.), Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II (1. Aufl., S. 120-148)*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Müller, R. (2006). *Kontextorientierung und Alltagsbezug. In H. F. Mikelskis (Hrsg.), Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II (1. Aufl., S. 102-119)*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Pozas, M. (in Vorbereitung). *Examining Context-Based Task Characteristics – The Effects of Task Characteristics on Students' Motivation and Metacognitive Experiences*.
- Reinhold, P., Lind, G. & Friege, G. (1999). *Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5 (1), 41-62.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001). *FAM. Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. Diagnostica*, 47 (2), 57-66.
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Berlin: Logos Verlag.
- Van Vorst, H., Dorsch, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H. & Sumfleth, E. (2015). *Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21 (1), 29-39.
- Von Ow, a. & Husfeldt, V. (2011). *Geschlechterdifferenzen und schulische Leistungen. Eine Übersicht zum Forschungsstand, Zentrum Bildungsorganisation und Schulqualität. Zugriff am 01.09.2016. Verfügbar unter <http://www.fhnw.ch/ph/hochschule/gleichstellung/geschlechterdifferenzen-und-schulische-leistungen>*
- Wigfield & Eccles. (2000). *Expectancy-Value Theory of Achievement Motivation. Contemporary educational psychology*, 25 (1), 68-81.
- Wood, E. (2003). *The power of pupil perspectives in evidence-based practice. The case of gender and underachievement. Research Papers in Education*, 18 (4), 365-383.

## Über das Verständnis von Energie in anthropogenen Ökosystemen

Die energetische Betrachtung naturwissenschaftlicher und technischer Sachverhalte gehört zu den zentralen Ansätzen wissenschaftlichen Wirkens, energetische Analysen ermöglichen Vorhersagen und Erklärungen für naturwissenschaftliche Phänomene und Vorgänge in Systemen. In der Biologie hat sich die Untersuchung von Energiebilanzen in Nahrungsketten als bedeutsamer Forschungszweig etabliert (Odum, 1999). Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sind auch bei der globalen Analyse der menschlichen Ernährungsweise relevant (Pelletier et al., 2011). Energetische Analysen von Lebensmittelketten decken zwei grundlegende Probleme der menschlichen Nahrungsversorgung auf: Die Herstellungsprozesse von Lebensmitteln in Industrienationen beruhen einerseits auf dem Einsatz begrenzter fossiler Ressourcen (Pimentel & Pimentel, 2003) und sind somit nicht nachhaltig ausgerichtet. Vor allem aber sind Tierzucht und Fleischproduktion energetisch ineffizient (Odum, 1999; Cassidy et al., 2013). Vor dem Hintergrund persistierender weltweiter Unterernährung lässt sich aufzeigen, dass eine weniger fleischierte Ernährung bei entsprechender Umverteilung von Ressourcen die Nahrungsversorgung der Menschen verbessern könnte (Cassidy et al., 2013). Damit ist das Thema gesellschaftlich relevant und auch für den Biologieunterricht bedeutsam. Das Lehren und Lernen von Energie gilt jedoch fächerübergreifend als schwierig (u.a. Chen et al., 2014). Im Kontext von Lebensmittelketten offenbaren sich bei der Lernpotenzialdiagnose drei typische Verständnisprobleme (Trauschke, im Druck): Energie wird (I) als Substanz verstanden, welche beispielsweise in Nahrung, Biomasse oder ATP enthalten ist. Diese Energie wird (II) als Antriebsstoff oder Ressource für Lebensvorgänge begriffen. Ein solches Energieverständnis ist *vitalistisch* strukturiert, Lernende verstehen Energie als ursächliche Entität für Prozesse im Organismus (Lebensvorgänge werden durch Energie angetrieben). Außerdem stellen sich Lernende (III) vor, dass die Ressource Energie durch Lebensvorgänge aufgebraucht und damit im Bestand reduziert wird.

Demgegenüber steht die wissenschaftliche Idee von Energie, nach der Energie eine wichtige Größe für das Verständnis naturwissenschaftlicher Sachverhalte ist. Und dies ist wörtlich zu nehmen: Es handelt sich um eine physikalische Größe, nicht um eine substanzielle Entität. Energie wird als mengenartige Bilanzierungsgröße genutzt, wodurch Effizienzanalysen in Systemen (z.B. Lebensmittelketten) möglich sind (Duit, 2014; Needham, 2014). Mit Energie können Vorgänge jedoch nicht kausal erklärt werden, denn eine Verrechnungsgröße lässt sich nicht als Ursache für das Abfließen von Prozessen anführen (Millar, 2014).

### Energiemengen fließen lassen

Einen Ansatz zur externen Repräsentation dieser abstrakten Verrechnungsgröße bieten *Sankey*-Diagramme (Millar, 2005). Die auf diese Weise grafisch dargestellten Energiebilanz in der Lebensmittelkette der USA (Abb. 1) soll den fachlichen Sachverhalt unter Berücksichtigung der Lernpotenzialdiagnose angemessen darstellen. Die Fluss-Metaphorik ist geeignet, um die Bilanzierung von Energiemengen in Systemen anschaulich zu bezeichnen. Der quantitative Aspekt von Energie wird veranschaulicht, indem Flussbreiten klar erkennbar Energiebeträge repräsentieren. Die Darstellungsform unterstützt ferner das Durchführen von Effizienzanalysen, die Ineffizienz von Tierzucht und Fleischproduktion kann durch einfache Vergleiche der Flussbreiten erfasst werden. Die Flussdiagramme wirken zudem der Vorstellung vom Energieverbrauch entgegen, da keine Energiemengen verschwinden. Somit wird das Prinzip der Energieerhaltung auf quantitativer Ebene deklariert – die Energiebeträge bleiben vor und nach der Herstellung von Nahrungsmitteln konstant.

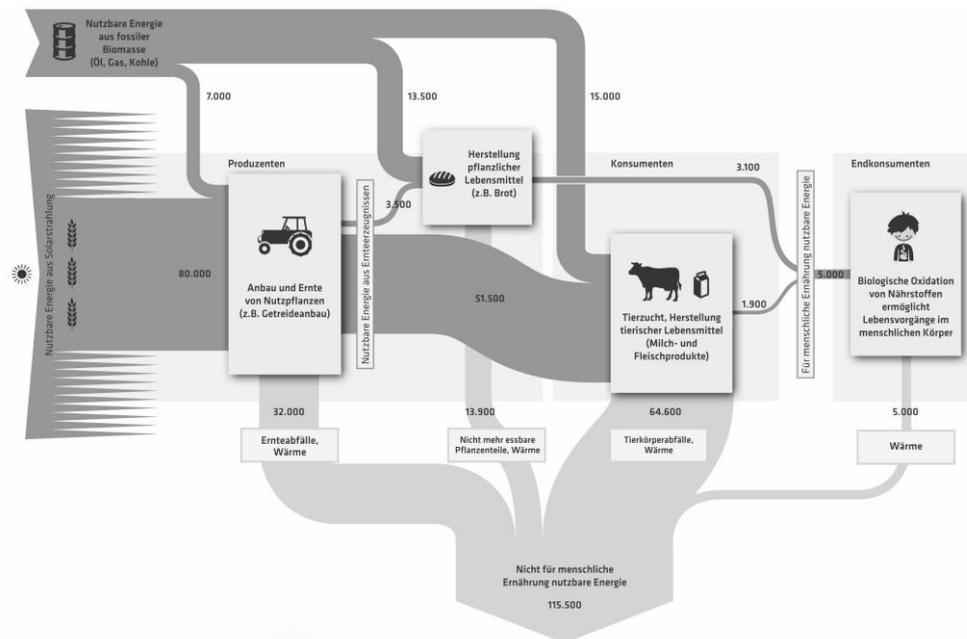


Abb. 1: Energiebilanz in der Lebensmittelkette der USA (Einheit: MJ/Jahr).  
Modifizierte Abbildung von Torres, Valero & Valero (2013), n. Barney (1980).

### Untersuchungsdesign im Überblick

Mit dem Flussdiagramm wurde ein Lernangebot geschaffen, welches beabsichtigt, Lernenden ein fachlich angemessenes Energieverständnis durch Betrachtung von Energiemengen in Lebensmittelketten zu ermöglichen, auf Basis dessen Fragen einer ausreichenden und nachhaltigen Ernährung der Menschheit verstanden werden können. Dabei galt es vornehmlich die Frage zu klären, welche Vorstellungen Lernende in der Interaktion mit Sankey-Flussdiagrammen zu Energiebilanzen in Lebensmittelketten konstruieren. Die Interpretation rekonstruierter Vorstellungen erfolgte vor dem Hintergrund einer kognitionslinguistischen Verstehenstheorie (Gropengießer, 2003; Lakoff, 2014).

Um zu untersuchen, ob und wie sich Vorstellungen über Energie im Kontext von Lebensmittelketten auf Basis der Lernangebote (Flussdiagramme) verändern würden, wurde ein qualitativer Forschungsansatz gewählt: In Vermittlungsexperimenten (Riemeier, 2005; Niebert, 2010) setzten sich Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe (N = 14, 16-18 Jahre) einzeln mit dem Lernangebot auseinander. Dabei wurden sie zu lautem Denken (Sandmann, 2014) aufgefordert. Die videografierten Aussagen wurden mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse (Gropengießer, 2008) und der systematischen Metaphernanalyse (Schmitt, 2010) ausgewertet.

### Progression im Energieverständnis

Die Ergebnisse zeigen eine Progression im Energieverständnis der Probanden, welche nach einem Muster verläuft (Tauschke, im Druck). Typisch ist, dass zu den Flussdiagrammen zunächst grundlegende arithmetische Aussagen gemacht werden. Sie können die Entwicklung eines quantitativ strukturierten Energiebegriffs initiieren. Energie kann als universelle Verrechnungsgröße verstanden werden, um darauf basierend den globalen Nutzen einer vegetarisch ausgerichteten Ernährungsweise zu entwickeln.

Anhand eines Fallbeispiels soll im Folgenden das Muster der Progression im Energieverständnis dargestellt werden (Abb. 2).

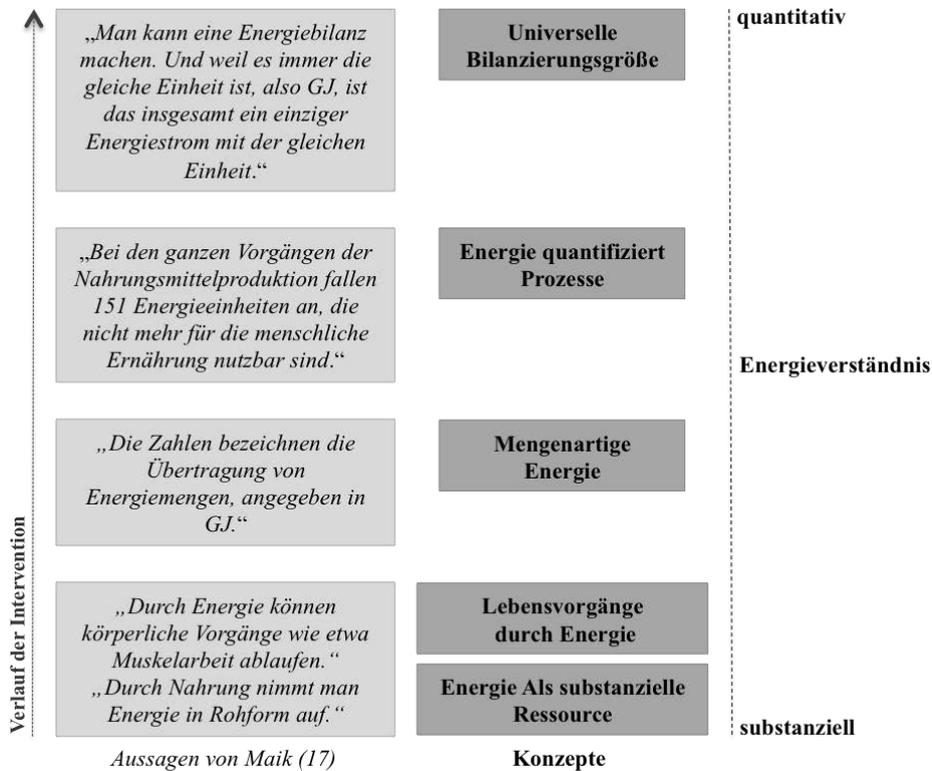


Abb. 2: Progression des Energieverständnisses: Im Laufe des Vermittlungsexperimentes entwickelt sich beim Schüler ein quantitatives Verständnis über Energie (Hinweis: Die exemplarischen Aussagen des ausgewählten Schülers (Ankerbeispiele) sind kursiv gedruckt, die daraus abgeleiteten Konzepte fett abgesetzt)

### Gerechte und nachhaltige Welternährung energetisch verstehen

Wie das folgende Ankerbeispiel zeigt, befähigt die eingehende Bearbeitung der Intervention (Flussdiagramm) den Probanden schließlich zu einer kompetenten energetischen Analyse der Frage nach einer möglichen globalen Ernährung: „Es wäre mehr Energie vorhanden, wenn man weniger Fleisch essen würde. Wenn man den Endkonsumenten eine Stelle nach hinten verschieben und die Tierzucht rauslassen würde, könnte man 51,5 Energieeinheiten mehr [für die weltweite Produktion von Nahrungsmitteln] rauskriegen“ (Maik, 17).

### Fazit

Wissenschaftlich wird Energie als abstrakte, mathematische Bilanzierungsgröße verstanden. Flussdiagramme vom Sankey-Typ repräsentieren diesen quantitativen Energiebegriff so anschaulich, dass sich bei Oberstufenschülern in der Interaktion mit ihnen eine Progression in der Qualität des Energieverständnisses zeigt. Dadurch können sie den Nutzen einer weniger fleischbasierten Ernährung für eine gerechte und nachhaltige Welternährung verstehen und erläutern.

**Literatur**

- Barney, G. (1980). *The Global 2000 Report to the President*. Harmondsworth: Penguin.
- 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.
- Chen, R., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J., & Scheff, A. (2014). *Teaching and Learning of Energy in K-12 Education*. Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.
- Duit, R. (2014). Teaching and Learning the Physics Energy Concept. In J. Krajcik, R. F. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, K. Neumann, J. C. Nordine, & A. Scheff (Eds.), *Teaching and Learning of Energy in K-12 Education*. Dordrecht: Springer.
- Gropengießer, H. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In P. Mayring & M. Gläser-Zikuda (Eds.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse* (pp. 172–189). Weinheim: Beltz.
- Gropengießer, H. (2003). *Lebenswelten, Denkwelten, Sprechwelten. Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann*. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Lakoff, G. (2014). Mapping the brain's metaphor circuitry: metaphorical thought in everyday reason. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(December), 958.
- Millar, R. (2005). Teaching about energy (No. 2005/11). York.
- Millar, R. (2014). Towards a Research-Informed Teaching Sequence for Energy. In J. Krajcik, R. F. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, K. Neumann, J. C. Nordine, & A. Scheff (Eds.), *Teaching and Learning of Energy in K-12 Education*. Dordrecht: Springer.
- Needham, R. (2014). Using “energy ideas” in the teaching of biology. *School Science Review*, 96(354), 74–77.
- Niebert, K. (2010). *Den Klimawandel verstehen. Eine didaktische Rekonstruktion der globalen Erwärmung*. (1. Auflage). Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Odum, E. P. (1999). *Ökologie*. Stuttgart, New York: Thieme Verlag.
- Pelletier, N., Audsley, E., Brodt, S., Garnett, T., Henriksson, P., Kendall, A., ... Troell, T. (2011). Energy Intensity of Agriculture and Food Systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 36, 223–246.
- Pimentel, D., & Pimentel, M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78, 660–663.
- Riemeier, T. (2005). *Biologie verstehen: Die Zelltheorie*. Oldenburg: Didaktisches Zentrum Carl v. Ossietzky Universität Oldenburg.
- Sandmann, A. (2014). Lautes Denken - die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Schmitt, R. (2010). Metaphernanalyse. In G. Mey & K. Mruck (Eds.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (pp. 676–691). Wiesbaden: Springer.
- Torres, C., Valero, A., & Valero, A. (2013). Exergoecology as a tool for ecological modelling. The case of the US food production chain. *Ecological Modelling*, 255, 21–28.
- Trauschke, M. (im Druck). *Biologie verstehen: Energie in anthropogenen Ökosystemen*. Berlin: Logos.

## Energietransferdiagramme als kognitive Unterstützung in der Mittelstufe

Energie ist ein für die Naturwissenschaften und insbesondere für die Physik extrem wichtiges und nützliches Konzept um Phänomene zu erklären und Vorhersagen zu treffen. Die Entdeckung des Neutrinos ist zum Beispiel auf die Anwendung des Energiekonzepts zurückzuführen. Mit einer scheinbaren Verletzung der Energieerhaltung beim Beta-Zerfall konfrontierte, postulierte Wolfgang Pauli 1930 das Neutrino als ein System, das die scheinbar fehlende Energie aufnimmt. Die Suche nach diesem Partikel war dann schließlich 1956 erfolgreich. In der Schule wird die Bedeutung der Energie u.a. dadurch wiedergespiegelt, dass Energie ein Basiskonzept in den Bildungsstandards (Bildungsstandards Physik-Mittlerer Schulabschluss, 2004) und Fachanforderungen (Fachanforderungen Naturwissenschaften, 2014) ist. Basiskonzepte dienen dazu, Schülerinnen und Schülern (SuS) verschiedene Perspektiven zu bieten um sich Phänomene zu erschließen und zu erklären (Götzmann, 2015; Bildungsstandards Physik-Mittlerer Schulabschluss, 2004). Allerdings zeigt die Forschung, dass SuS das Energiekonzept nur selten anwenden (Driver & Warrington, 1985) und es generell für die SuS ein schwieriges Konzept ist (Duit, 2014). Folglich ergibt sich die Frage, wie man SuS dabei helfen kann, das Energiekonzept erfolgreich anzuwenden. Im Folgenden zeigen wir eine Möglichkeit auf wie ein *cognitive tool* (Salomon et al., 1991) in der Form von Energietransferdiagrammen (ETD) dazu beitragen kann.

### Energietransferdiagramme

Energietransferdiagramme wurden im Rahmen der Erarbeitung eines System-Transfer-Curriculums entwickelt<sup>1</sup>. In einem solchen Curriculum lernen SuS:

- Interagierende Systeme zu bestimmen,
- die dabei in den Systemen ablaufenden beobachtbaren Prozesse zu bestimmen
- und Energietransfers zwischen interagierenden Systemen zu identifizieren.

Diese drei Schritte sind im System-Transfer-Curriculum (STC) das zentrale Schema, um mit Hilfe von Energie Phänomene zu erklären und Vorhersagen zu treffen. Dieses Schema findet sich im ETD wieder. Dies zeigt folgendes Beispiel – der Stoß einer Billiardkugel mit einer zweiten, ruhenden Billiardkugel (Abb. 1): Kugel 1 stößt mit der zuerst ruhenden Kugel 2. Kugel 1 und Kugel 2 sind die beiden interagierenden Systeme, dargestellt durch Rechtecke.

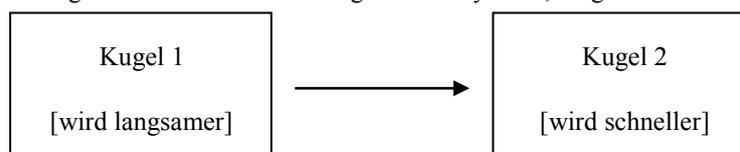


Abb. 1: ETD für zwei stoßende Billiardkugeln

Kugel 1 wird in Folge der Kollision langsamer werden, während Kugel 2 beschleunigen wird. Die in den Systemen ablaufenden beobachtbaren Prozesse sind also „langsamer werden“ für Kugel 1 und „schneller werden“ für Kugel 2, jeweils dargestellt in eckigen Klammern. Es resultiert ein Energietransfer von Kugel 1 zu Kugel 2, der durch einen Pfeil vom System Kugel 1 zum System Kugel 2 dargestellt wird. Andere häufig verwendete Repräsentationen wie z.B. Balkendiagramme, Sankeydiagramme oder auch *Energy Cubes* (Scherr et

<sup>1</sup> Die Erprobung und Implementation des Curriculums findet im Rahmen eines internationalen Kooperationsprojekts in den USA statt. Deshalb finden sich im folgenden englische Begriffe.

al., 2012) sind für ein STC nicht geeignet, da sie entweder nicht Prozessorientiert sind, die beobachtbaren Prozesse nicht darstellen, oder Energieformen darstellen.

### Forschungsdesign

Im Rahmen einer Interviewstudie mit N=30 SuS, die allen den gleichen Unterricht bei derselben Lehrerin erfahren haben, sollte nun untersucht werden in wie weit SuS die System-Transfer Perspektive nutzen können um Phänomene zu erklären und wie ihnen das konstruieren von ETDs als *cognitive tool* dabei hilft. Dazu wurden allen SuS zwei Szenarien in Form von kurzen Videos gezeigt. In Szenario I rollt ein Golfball über Asphalt, trifft auf einen kleinen Sandhaufen und stoppt. In Szenario II wird ein Basketball fallen gelassen.

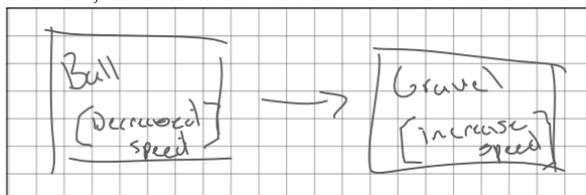
	Group	
	ETD, N=15	EXPLANATION, N=15
Prompt	How could you draw an energy transfer diagram to explain how the ... moved?	How could you use energy transfers to explain how the ... moved?

Tab. 1: Gruppen und Prompts

Jeweils nach Präsentation des Szenarios wurden die SuS aufgefordert die Bewegung des Golfballs bzw. Basketballs mit Hilfe von Energietransfers zu erklären. Die Hälfte der SuS wurde dabei explizit aufgefordert ETDs zu nutzen (Tab. 1). Zum Zeitpunkt der Interviewstudie hatten die SuS einfache Stöße zwischen festen Körpern (z.B. Billiardkugeln) bereits behandelt. In Szenario I ist allerdings der Prozess, der im System Sandhaufen abläuft, nicht sichtbar. Zur vollständigen Erklärung von Szenario I müssen die SuS also diesen Prozess vorhersagen, was sie vor eine neue Herausforderung stellt. In Szenario II gibt es für die SuS auch eine neue Herausforderung. Die SuS haben zum Zeitpunkt der Studie zwar bereits Magnetismus und magnetische Felder behandelt, Gravitation jedoch noch nicht. Auch hier müssen die SuS also einen kognitiven Transfer vornehmen und das System Gravitation vorhersagen. Die SuS wurden dazu aufgefordert die Bewegung der Objekte zu erklären, da im System-Transfer Ansatz eine Vollständige Erklärung wie o.g. beinhaltet die Systeme, die in ihnen ablaufenden Prozesse sowie die Richtung des Energietransfers zwischen den Systemen zu bestimmen. Genau diese Elemente finden sich auch in einem vollständigen ETD wieder. Dadurch sind ETD und Erklärung vergleichbar.

### Auswertung und Ergebnisse

Basierend auf Mayring (2014) wurde eine deduktive qualitative Inhaltsanalyse durchgeführt und Credits vergeben um die Vollständigkeit der Erklärungen zu bewerten. Anschließend wurde eine induktive qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2014) durchgeführt um herauszufinden, wie das konstruieren der ETD wirkt. In Abb. 2 ist ein Beispiel für eine Full Credit



Interviewer: What does the arrow represent?

Student: The arrow is actually the energy transfer [...] and the boxes are the systems.

Abb. 2: Full Credit Lösung von Szenario I

Lösung einer Schülerin für Szenario I gezeigt. Die Systeme und in ihnen ablaufenden Prozesse sind korrekt identifiziert und die Richtung des Energietransfers wird korrekt dargestellt. Abb. 3 und 4 zeigen die Ergebnisse der deduktiven Analysen für Szenario I und II. Insgesamt zeigt sich, dass beide Gruppen in beiden Szenarien relativ erfolgreich sind, gerade wenn man die Komponente des kognitiven Transfers in den Szenarien bedenkt. Auffällig ist allerdings, dass die ETD Gruppe mit Ausnahme des Process: Gravity Scores immer erfolgreicher ist als die EXPL Gruppe. Als Ergebnis der induktiven Analyse konnte u.a. das The-

ma des „produktiven Nutzens“ der System-Transfer Perspektive identifiziert werden. In Szenario I zeigt sich dies darin, dass ein Viertel aller SuS über den Prozess oder das System „Gravel“ nachdenken (*Student: I don't really know what to put for the process, for the gravel, because it's not moving or anything.*) Allerdings sind hiervon 58% in der ETD Gruppe und 42% in der EXPL Gruppe. Derselbe Trend ist in Szenario II erkennbar, wo die SuS über den Prozess oder das System „Gravity“ nachdenken. (*Student: Let me think. So, this might be the ball. Interviewer: Okay. Student: I wanna say this is gravity, but it can't be 'cause it's gotta be a physical thing.*) Dort ließ sich das produktive Nutzen der System-Transfer Perspektive auch bei einem Viertel der SuS finden. Hier fällt der Gruppenunterschied allerdings extremer aus: 77% der SuS bei denen der produktive Nutzen identifiziert wurde sind in der ETD Gruppe und 23% in der EXPL Gruppe.

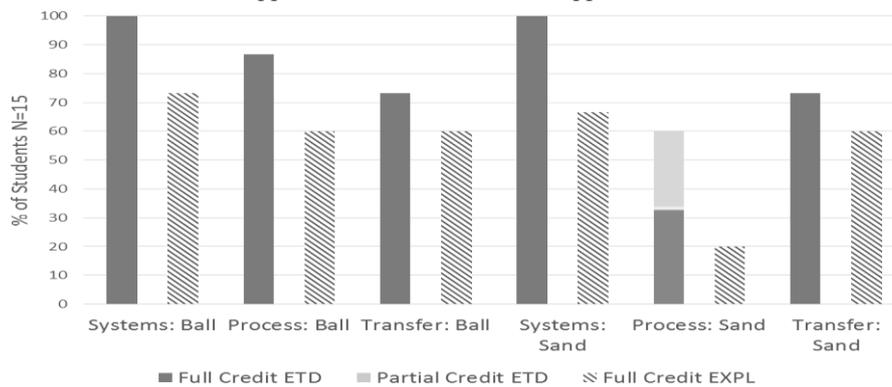


Abb. 3: Ergebnisse für Szenario I

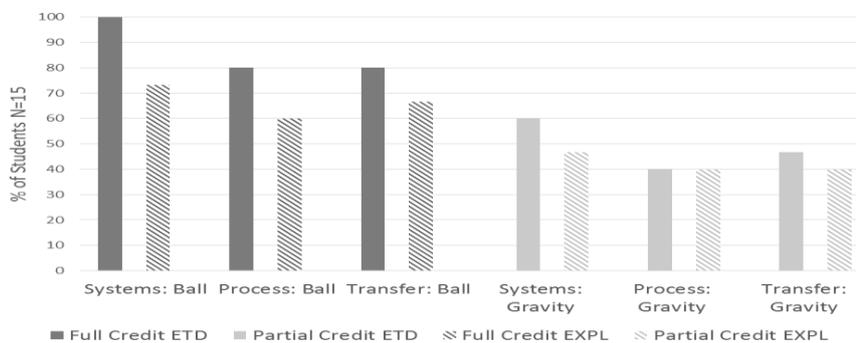


Abb. 4: Ergebnisse für Szenario II

### Zusammenfassung

Insgesamt lässt sich sagen, dass die SuS in der Lage waren die System-Transfer Perspektive erfolgreich anzuwenden, um neue Phänomene mit Hilfe von Energie zu erklären. Die SuS, die ein ETD konstruiert haben, waren erfolgreicher darin die System-Transfer Perspektive anzuwenden um Systeme, Prozesse und Energietransfers zu identifizieren und waren auch eher in der Lage die System-Transfer Perspektive produktiv einzusetzen um z.B. Prozesse vorherzusagen. Blickt man zurück auf die eingangs gestellte Frage, wie man SuS dabei unterstützen kann das Basiskonzept Energie produktiv, also zum Erklären und Vorhersagen, anzuwenden, lautet die Antwort folglich das das Verwenden eines *cognitive tool* wie z.B. dem ETD eine Möglichkeit ist.

**Literatur**

- Driver, R., & Warrington, L. (1985). Students' Use of the Principle of Energy Conservation in Problem Situations. *Physics Education*, 20(4), 171–176.
- Duit, R. (2014). *Teaching and Learning the Physics Energy Concept*: Springer International Publishing.
- Götzmann, A. (2015). Bildungsstandards und Kompetenzmodelle. In A. Götzmann (Ed.), *Entwicklung politischen Wissens in der Grundschule* (pp. 91–128). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Bildungsstandards Physik-Mittlerer Schulabschluss, KMK 2004.
- Mayring, P. (2014). *Qualitative Content Analysis: Theoretical Foundation, Basic Procedures and Software Solution*: Beltz.
- Fachanforderungen Naturwissenschaften, Ministerium für Schule und Berufsbildung des Landes Schleswig-Holstein 2014.
- Salomon, G., Perkins, D. N., & Globerson, T. (1991). Partners in Cognition: Extending Human Intelligence with Intelligent Technologies. *Educational Researcher*, 20(3), 2–9
- Scherr, R. E., Close, H. G., Close, E. W., & Vokos, S. (2012). Representing energy. II. Energy tracking representations. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, 8(2)

Bernadette Schorn<sup>1</sup>  
 Katharina Plückers<sup>1</sup>  
 Christian Salinga<sup>1</sup>  
 Nico Schreiber<sup>2</sup>  
 Heike Theyßen<sup>2</sup>  
 Heidrun Heinke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen  
<sup>2</sup>Universität Duisburg-Essen

### **Programm MLeNa zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung**

Vor dem Hintergrund des in allen Bundesländern bereits bestehenden Mangels an Lehrkräften im MINT-Bereich, der sich laut Prognosen zukünftig noch verschärfen wird (Klemm, 2015), wurde mit Unterstützung der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung im Herbst 2013 vom nationalen Excellence-Schulnetzwerk MINT-EC in Kooperation mit der RWTH Aachen und weiteren lehrerausbildenden Hochschulen das Programm MLeNa zur **MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung** gestartet. Dieses Programm richtet sich an SchülerInnen ab der 10. Jahrgangsstufe, die am MINT-Lehramt interessiert sind und zwei Jahre lang durch schulische und universitäre Maßnahmen einen facettenreichen Einblick in den Lehrerberuf und in Teilaspekte des MINT-Lehramtsstudiums erhalten. In dem Beitrag wird eine erste Bewertung des Programms vorgestellt, wobei Vorteile der einzelnen Programmbestandteile aus den Perspektiven verschiedener Beteiligter besonders beleuchtet werden.

#### **Konzeption des Programms**

Während der zweijährigen Laufzeit des MLeNa-Programms werden den teilnehmenden SchülerInnen umfassende Angebote unterbreitet, in denen sie sich an ihren eigenen Schulen oder in deren Umfeld als Lehrende im MINT-Bereich erproben können. Diese Lehrgelegenheiten und die Betreuung der Lehraktivitäten durch MINT-Lehrkräfte stellen einen zentralen Bestandteil des Nachwuchsförderprogramms dar. Sie werden von weiteren Programmbausteinen flankiert, zu denen sechs ganztägige fachdidaktische Hochschulveranstaltungen an einer lehrerausbildenden Partnerhochschule, ein mehrtägiger Schüleraustausch mit einer Partnerschule aus dem Förderprogramm und eine zweitägige Exkursion zu außerschulischen Lernorten wie z. B. Wissenschaftsmuseen und Schülerlaboren gehören. Durch die genannten Maßnahmen erhalten die Teilnehmenden einen facettenreichen Einblick in den Lehrerberuf und in Teilaspekte des MINT-Lehramtsstudiums. Sie werden darüber hinaus in ein Netzwerk von SchülerInnen mit Interesse am MINT-Lehrerberuf, von MINT-Lehrkräften sowie DozentInnen und MINT-Lehramtsstudierenden an Hochschulen eingebunden. Eine ausführliche Beschreibung der Konzeption des Programms findet sich in Schorn et al. (2016).

#### **Erste Bewertung des Programms**

Nach dreijähriger Laufzeit des Nachwuchsförderprogramms MLeNa lässt sich aus den Perspektiven der SchülerInnen, der Lehrkräfte sowie der HochschulmitarbeiterInnen eine erste, qualitative Bewertung des Programms vornehmen. Die Mehrzahl der Daten stammt aus Berichten der Schulen zu den ersten Projektjahren sowie aus Videos, in denen die SchülerInnen abschließend das Projekt bewerten, und Audioaufzeichnungen von Gesprächen mit Lehrkräften und HochschulmitarbeiterInnen. Dabei sind Kooperationsschulen berücksichtigt, die bereits in der Pilotphase des Projekts eingebunden waren und an denen zwei Teilnehmerjahrgänge das Programm inzwischen (fast) vollständig durchlaufen haben.

#### *Perspektive der SchülerInnen*

Von den SchülerInnen des 1. und 2. Jahrgangs, die das zweijährige Programm bereits beendet haben, wurde das Programm hinsichtlich seiner Bestandteile positiv bewertet. Dies bele-

gen exemplarisch die folgenden Zitate aus umfangreichen schriftlichen SchülerInnen-äußerungen: „Das MINT-Lehrernachwuchs-Projekt ist eine hervorragende Idee gewesen, die erfolgreich umgesetzt wurde und hoffentlich weiterhin die folgenden Jahre umgesetzt wird.“ oder auch „Das MiLena-Projekt war ein sehr besonderes und vielfältiges Projekt. Kein anderes Schulprojekt ließ so viel Freiraum für Spaß, Lernen (und natürlich Lehren) und Inspiration“. Im Allgemeinen finden sich in den umfangreich vorliegenden schriftlichen SchülerInnen-äußerungen auffallend wenige negative Aussagen, die dann jedoch Faktoren der praktischen Umsetzung betreffen, z.B. dass einzelne Veranstaltungen zu theoretisch waren. Aspekte der einzelnen Programmbestandteile, die in schriftlichen und mündlichen Rückmeldungen der teilnehmenden SchülerInnen als besonders positiv bzw. interessant hervorgehoben wurden, sind in Tab. 1 aufgeführt.

Bestandteil	Positive Aspekte
Lehrgelegenheiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eigene Unterrichtserfahrung</li> <li>- Arbeiten mit jüngeren SchülerInnen</li> <li>- Spaß beim Unterrichten</li> <li>- Erfahrungen bei Unterrichtsvor- und -nachbereitung</li> <li>- Zusammenarbeit mit den Lehrkräften</li> </ul>
Hochschulveranstaltungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennenlernen (fach-)didaktischer Grundlagen</li> <li>- Praxisbezug in den Veranstaltungen</li> <li>- Kontakt zu am Lehramt interessierten SchülerInnen anderer Schulen</li> <li>- Kennenlernen einer ortsnahen Universität mit Lehramtsausbildung</li> <li>- Austausch mit Studierenden über Lehramtsstudium</li> </ul>
Schüleraustausch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einblick in Schulalltag einer anderen Schule</li> <li>- Lehrgelegenheiten in zunächst fremder Umgebung</li> <li>- Unterrichtshospitation in anderer Schule</li> <li>- Kontakt zu Lehrkräften einer anderen Schule</li> <li>- Kontakt zu am Lehramt interessierten SchülerInnen einer anderen Schule</li> <li>- Außerschulische Aktivitäten</li> </ul>
Exkursion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auseinandersetzung mit außerschulischen Lernorten</li> <li>- Kontakt zu SchülerInnen aller Schulen des MiLeNa-Programms</li> </ul>

Tab. 1: Positive Aspekte der einzelnen Programmbestandteile – SchülerInnenperspektive

In der Gesamtbewertung des Programms wurde vielfach der umfassende Einblick in den Lehrerberuf/-alltag als sehr positiv herausgestellt und das Programm als hilfreich für die Berufsentscheidung beurteilt. Eine Schülerin äußerte sich beispielsweise wie folgt: „Ich muss schon sagen, dass das Projekt schon ein bisschen meine Sicht auf diesen Beruf geändert hat, also ich habe schon viel dazu gelernt und habe einen echt guten Einblick bekommen.“ Eine andere Schülerin äußerte: „Man kann schon vor einem Studium und Referendariat feststellen, ob man für den Beruf des Lehrers geeignet ist und ob man auf diesen Beruf Lust hat. Falls beides oder eines nicht zutrifft, hat man sich wertvolle Zeit gespart und falls beides zutrifft, kann man mit vollkommener Sicherheit auf Lehramt studieren.“ In Übereinstimmung mit diesen Aussagen lassen die Rückmeldungen der SchülerInnen am Ende der Programmlaufzeit auf reflektierte Pro- und Contra-Entscheidungen zum Lehramtsstudium sowie teilweise auf Interesse an einem MINT-Studium jenseits des Lehramts schließen.

#### *Perspektive der Lehrkräfte und HochschulmitarbeiterInnen*

Auch die Lehrkräfte und HochschulmitarbeiterInnen haben in den vorliegenden schriftlichen und mündlichen Rückmeldungen das Nachwuchsförderprogramm hinsichtlich seiner Bestandteile im Allgemeinen positiv bewertet. Als besonders wertvoll zum einen für die Schü-

lerInnen und zum anderen für die jeweiligen Institutionen wurden die in Tab. 2 zusammengefassten Aspekte erachtet.

Perspektive der	Positive Aspekte	Wertvoll für
Lehrkräfte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lehrgelegenheiten</li> <li>- Möglichkeit der Persönlichkeitsentwicklung</li> <li>- Umfangreicher Einblick in Lehrerberuf und Studium</li> <li>- Veranstaltungen an den Hochschulen</li> </ul>	SchülerInnen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schulisches Miteinander</li> <li>- Kooperation mit anderen Schulen und Hochschulen</li> <li>- Imagegewinn für MINT-Lehramt an Schulen</li> </ul>	Schule
HochschulmitarbeiterInnen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lehrgelegenheiten</li> <li>- Breitgefächerter Einblick in (fach-)didaktische Grundlagen</li> <li>- Einblick in verschiedene Facetten des Lehramtsstudiums und des Lehrerberufs</li> <li>- Austausch mit Hochschulmitarbeitenden und Studierenden</li> </ul>	SchülerInnen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kooperation mit Schulen und anderen Hochschulen</li> </ul>	Hochschule

Tab. 2: Positive Aspekte – Lehrkräfte-/ HochschulmitarbeiterInnenperspektive

Zudem äußerte eine Lehrkraft im Hinblick auf die Durchführbarkeit an den Schulen, dass „... das jede Schule hervorragend komplett oder in Teilen umsetzen [kann], gar kein Problem, und andocken an Dinge, die eh schon an den Schulen laufen. Deswegen ist es ja so gut.“

#### Fazit und Ausblick

Nach den derzeit vorliegenden qualitativen Daten sehen die verschiedenen Gruppen der Beteiligten vielfältige positive Aspekte in den einzelnen Programmbestandteilen. Den Rückmeldungen zufolge stellt das zugrundeliegende Konzept einen erfolgreichen Ansatz dar, SchülerInnen, die an einem MINT-Lehramt interessiert sind, einerseits einen facettenreichen Einblick in den Lehrerberuf und in Teilaspekte des MINT-Lehramtsstudiums zu geben und sie andererseits in ein Netzwerk von SchülerInnen, MINT-Lehrkräften sowie DozentInnen und MINT-Lehramtsstudierenden an Hochschulen einzubinden. Dem stehen nur wenige negative Äußerungen zur praktischen Umsetzung gegenüber.

Mit dem Programm in seinem derzeitigen Format werden in vier Jahrgängen 250 TeilnehmerInnen erreicht. Damit wird dieses Programm in seinem Umfang nicht dem Ausmaß der Herausforderungen des drohenden Lehrermangels gerecht. Aber das Programm liefert wertvolle Erfahrungen, um darauf aufbauend ein weiterentwickeltes MINT-Lehrer-Nachwuchsförderprogramm zu konzipieren, das deutlich mehr TeilnehmerInnen adressieren kann. In diesem Zusammenhang wurde bereits das neue Format einer Blockveranstaltung in Form einer einwöchigen Schüleruniversität zum MINT-Lehramt im Sommer 2016 an der RWTH Aachen erprobt. Außerdem wird die Verbreitung der im Programm gesammelten Erfahrungen zu schulischen Aktivitäten zur Förderung von am MINT-Lehramt interessierten SchülerInnen einen Schwerpunkt der weiteren Arbeit bilden.

#### Danksagung

Besonderer Dank gilt dem Programmpartner Verein MINT-EC, der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die finanzielle Unterstützung sowie den Lehrkräften an den Schulen und den DozentInnen der anderen Hochschulstandorte für ihre Mitwirkung. Die Evaluation und Weiterentwicklung des MILENa-Programms wird im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt.

**Literatur**

- Klemm, K. (2015). Lehrerinnen und Lehrer der MINT-Fächer: Zur Bedarfs- und Angebotsentwicklung in den allgemein bildenden Schulen der Sekundarstufen I und II am Beispiel Nordrhein-Westfalens, Url: <https://www.telekom-stiftung.de/klemm-studie> (Stand: 12.10.2016)
- Schorf, B., Plückers, K., Salinga, C., Schreiber, N., Theyßen, H. & Heinke, H. (2016). Programm MILENa zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung – Status und Perspektiven. In PhyDid-B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Hannover

## „Was treibt dich an?“ - Förderung von Interesse von Medizinstudierenden im Physikpraktikum

### Einleitung und Forschungsziele

„Was treibt dich an?“ Diese Frage wird am Anfang eines Einleitungsvideos für einen Versuch zur Strömungslehre aufgeworfen, das im Zuge der Weiterentwicklung eines Physikpraktikums für Medizinstudierende konzipiert und realisiert wurde. Aus biologischer Sicht treibt den menschlichen Körper das Herz an. Aus psychologischer Sicht hingegen bezeichnet man das Streben nach einem Ziel als Motivation. Ein einflussreicher Bedingungsfaktor der Motivation ist das Interesse (Krapp, 1998).

Gerade dieses Interesse der Studierenden an den Praktikumsversuchen sollte mit einleitenden Videos in die Versuche gesteigert werden. Dabei flossen in die Konzeption der Videos Erkenntnisse über die Einbettung von Lerninhalten in für die Lerner bedeutsame, lebensnahe Kontexte ein. Auf denselben Grundlagen beruht auch die durchgehende Berücksichtigung medizinischer Kontexte bei der Entwicklung eines adressatenspezifischen Physikpraktikums für Studierende der Medizin durch Theyßen und Schumacher (Theyßen, 2000; Schumacher & Theyßen 2002). Aufbauend auf dem Modell der didaktischen Rekonstruktion wurde das Praktikum komplett umstrukturiert, wobei in dem Praktikum immer wieder Bezug auf die medizinisch relevanten Inhalte genommen wird. Seit dem WS 2004/2005 wird dieses Praktikum in einer leicht modifizierten Form auch an der RWTH Aachen eingesetzt. Jüngere Erhebungen gaben Anlass, das Interesse der Studierenden an den Versuchsinhalten und ihr Verständnis des medizinischen Bezugs der Versuche in diesem Physikpraktikum in den Mittelpunkt einer Feldstudie zu stellen (Plückers & Heinke, 2015).

In der Studie im WS 2015/2016 wurden zwei Forschungsziele verfolgt. Einerseits sollte den Studierenden der medizinische Bezug der physikalischen Versuchsinhalte stärker verdeutlicht werden, um damit auch ihr Interesse an den durchzuführenden Versuchen zu erhöhen. Hierzu wurden im Rahmen einer Vergleichsstudie bestehende, überarbeitete Einleitungstexte, in denen die grundlegenden Ziele und der medizinische Bezug der physikalischen Inhalte des entsprechenden Versuchs erklärt werden, durch Einleitungsvideos ersetzt. Dabei kann erwartet werden, dass die Inhalte im Video ansprechender und interessanter erscheinen, was zu einer Motivationssteigerung führen kann (Kim et al., 2007). Daraus wurde folgende Fragestellung entwickelt:

1. Können die Einleitungsvideos die Motivation und das Interesse der Studierenden für die Durchführung der Versuche steigern?

Die zweite Fragestellung der Studie betrifft die Wirksamkeit des adressatenspezifischen Physikpraktikums für Medizinstudierende generell. Durch den permanenten Bezug der physikalischen Inhalte auf den medizinischen Hintergrund der Praktikums Teilnehmer sollte im Laufe eines Versuchs eine Vernetzung von medizinischem und physikalischem Wissen bei den Studierenden erzielt werden, was in der Studie durch folgende Frage überprüft wurde:

2. Wie entwickelt sich die Vernetzung zwischen der physikalischen und medizinischen Wissensdomäne im Verlauf eines Praktikumsversuchs?

### Studiendesign und Erhebungsinstrumente

Etwa 300 Studierende der Medizin nehmen in ihrem ersten Fachsemester am physikalischen Praktikum teil. Im Laufe des Semesters führen die Studierenden dabei nach einem Einführungsversuch fünf weitere physikalische Versuche in Kleingruppen von 10 Personen unter

Aufsicht eines Betreuers durch. In zwei der fünf Versuche wurde die Studie durchgeführt. Dabei wurden die Studierenden in zwei Gruppen aufgeteilt, welche entweder den Einleitungstext oder das entsprechende Video zu Beginn der Versuche erhielten (siehe Abb. 1). Zusätzlich wurde allen Studierenden zum Einführungsversuch ebenfalls ein Einleitungsvideo gezeigt, um Neuheitseffekte des Videoeinsatzes in der Studie zu verringern. Die Studierenden haben jeweils 2,5 h Zeit für eine Versuchsdurchführung, die durch kleinschrittige Anleitungen unterstützt wird. Die Nachbereitung der weiterführenden physikalischen Inhalte mit den ermittelten Messwerten erfolgt zu Hause. Die Lösungen der darin eingebetteten Aufgaben werden abgegeben, korrigiert und nachbesprochen.

Zur Erhebung der aktuellen Motivation und des situationalen Interesses wurden Fragebögen eingesetzt (Rheinberg, 2001; Lewalter & Geyer, 2009). Dieser Teil der Studie kann aus Platzgründen hier nicht näher erläutert werden. Als Erhebungsinstrument für die Vernetzung der verschiedenen Wissensdomänen dienten Concept Maps (Plomer, 2011). Dabei wurden Begriffe vorgegeben und deren Zusammenhänge sollten von den Studierenden selbst erstellt werden. Die Concepts Maps wurden in einem Pre-Post-Design verwendet, wobei die Pre-Map vor der Versuchsdurchführung und die Post-Map unmittelbar vor der Nachbesprechung der Lösungen der Anwendungsaufgaben und damit in der Regel zwei Wochen nach der Versuchsdurchführung erstellt wurden (siehe Abb. 1). Die Begriffe wurden so gewählt, dass sie im Kontext der entsprechenden

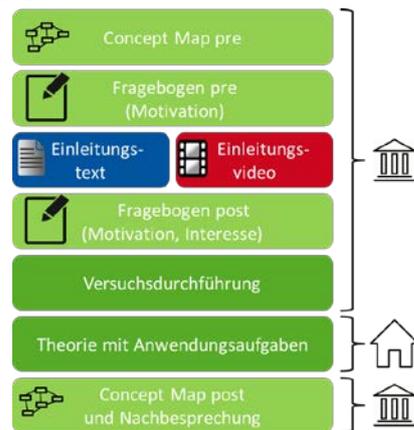


Abb. 1: Einbettung des Studiendesigns der Studie im

WS 2015/2016 in den Versuchsablauf

Versuche meist eindeutig der physikalischen bzw. medizinischen Wissensdomäne, in Einzelfällen auch beiden zugeordnet werden können. Damit wurde durch den Pre-Post-Vergleich der Concept Maps nicht nur der Zuwachs des versuchsrelevanten Wissens allgemein, sondern auch die Entwicklung der Vernetzung zwischen beiden Wissensdomänen zugänglich.

Bei der Erstellung der Concept Maps kam ein selbst entwickeltes Online-Tool zum Einsatz. Die Eigenentwicklung des Tools wurde umgesetzt, um einerseits ein einfach bedienbares Tool zu erstellen und an die Anforderungen der Studie anzupassen und andererseits den vollständigen Zugriff auf die relevanten Prozessdaten aus der Erstellung der Concept Maps durch die Studierenden zu gewährleisten. Das Tool und damit auch die Methode der Concept Maps allgemein haben alle Studierenden erstmals bei den Anwendungsaufgaben zum Einführungsversuch kennengelernt. In der Studie wurden den Studierenden 16 Begriffe zum jeweiligen Versuch vorgegeben, wobei sie jeweils 10 Minuten Zeit hatten um selbstständig Verbindungen zu erstellen und zu beschriften.

### Vorgehensweisen bei der Auswertung der Concept Maps

Im Folgenden wird ein kurzer Einblick über die Möglichkeiten gegeben, die das entwickelte Tool insbesondere für die Auswertung von Concept Maps eröffnet. Es ermöglicht zum einen eine Auswertung der Anzahl der verwendeten Begriffe (Knoten) und der beschrifteten Verbindungen (Kanten) in den finalen Concept Maps. Zum anderen kann auch die zeitliche Reihenfolge, in der die Vernetzungen erfolgt sind, aufgezeichnet und ausgewertet werden. Dies ermöglicht die quantitative Betrachtung der Daten in Hinblick auf eine Veränderung der Begriffe und Vernetzungen (ggfs. unter Einbeziehung erfolgter Kategorisierungen) wie auch die Untersuchung der genauen Vorgehensweise der Studierenden (siehe Abb. 2).

Zur weiteren Untersuchung der Vernetzungen der physikalischen Inhalte mit den medizini-

schen Kontexten werden die Begriffe nach ihren Bezügen zur Physik und Medizin kategorisiert (siehe Abb. 2). Für einen Versuch zur elektrischen Leitung ergibt sich folgende Aufteilung: Medizin (6), Physik (8), Medizin & Physik (2). In Abb. 2 ist an einer Pre-Map eines Studierenden die Kategorisierung farblich kodiert. Der Studierende hat vor allem physikalische Begriffe vernetzt und kaum die verschiedenen Wissensdomänen. Betrachtet man die Reihenfolge, in der die Verbindungen erstellt wurden (Nummerierung der Verbindungen), kann die Vorgehensweise aufgrund der verschiedenen Kategorisierungen typisiert werden. Dieser Studierende vernetzt danach zuerst Begriffe aus der Medizin und anschließend und überwiegend physikalische Begriffe. Durch das Aufbereiten von 225 erstellten Concept Maps zu diesem Versuch konnten fünf verschiedene Vorgehensweisen differenziert werden:

- Medizin↔Medizin: Die Vernetzungen finden fast ausschließlich im medizinischen Bereich statt.
- Physik↔Physik: Die Vernetzungen finden fast ausschließlich im physikalischen Bereich statt.
- Medizin→Physik: Es wird mit Verbindungen zwischen medizinischen Begriffen begonnen, es folgen Verbindungen zwischen physikalischen Begriffen.
- Physik→Medizin: Es wird mit Verbindungen zwischen physikalischen Begriffen begonnen, es folgen Verbindungen zwischen medizinischen Begriffen.
- Medizin↔Physik: Häufige Wechsel zwischen den verschiedenen Wissensdomänen finden ohne eine genaue Reihenfolge statt.

Im Pre-Post-Vergleich können somit nicht nur Merkmale der finalen Concept Maps, sondern auch Veränderungen bei der Vorgehensweise ihrer Erstellung erfasst werden. So konnte zum Beispiel festgestellt werden, dass 7 Studierende von der Prozessfolge Medizin↔Medizin zur Medizin↔Physik gewechselt sind.

### Ausblick

Bisher wurden bei der Betrachtung der Vorgehensweise nur Concept Maps zum Versuch der elektrischen Leitung von Studierenden, die einen Einleitungstext erhielten, untersucht. Die (vergleichende) Analyse der restlichen Daten steht noch aus.

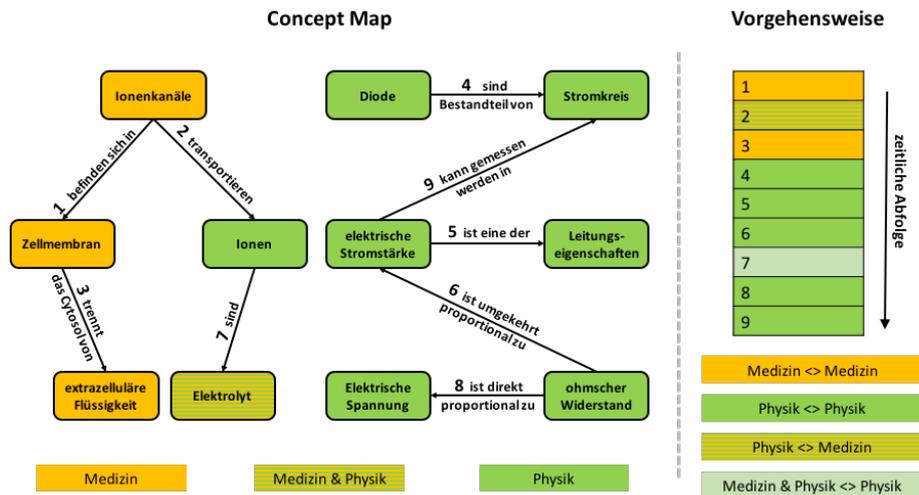


Abb. 2: Concept Map eines Studierenden vor dem Versuch (links) und grafische Darstellung der zugehörigen Vorgehensweise (rechts). Darunter befinden sich die farblichen Zuordnungen der Begriffe (links) und der Verbindungen (rechts). Die Zahlen geben die Reihenfolge an, in der der Studierende die Verbindungen erstellt hat.

**Literatur**

- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN Interessensstudie Physik. Kiel: IPN.
- Kim, S., Yoon, M., Whang, S. M., Tversky, B. & Morrison, J. B. (2007). The effect of animation on comprehension and interest. *Journal of Computer Assisted Learning* 23(3), 260–270
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 44, 185-201
- Lewalter, D., & Geyer, C. (2009). Motivationale Aspekte von schulischen Besuchen in naturwissenschaftlich-technischen Museen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 12, 28–44
- Lewalter, D., & Geyer, C. (in Vorb.). Die Skala zum situationalen Interesse
- Plomer, M. (2011). Physik physiologisch passend praktiziert: Eine Studie zur Lernwirksamkeit von traditionellen und adressatenspezifischen Physikpraktika für die Physiologie. Berlin: Logos-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
- Plückers, K. & Heinke, H. (2015). Mit Mausclicks zu mehr Motivation und Selbstvertrauen im Praktikum?. In: S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 426-428). Kiel: IPN
- Schumacher, Dieter; Theyßen, Heike (2002). Physikpraktikum für Medizinstudierende: Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums. *Jahrbuch der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf* 2001, 202-211
- Theyßen, H. (2000). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin: Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Berlin: Logos Verlag

Bianca Watzka<sup>1</sup>  
 Christian Fauser<sup>2</sup>  
 Peter Mayer<sup>1</sup>  
 Raimund Girwidz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ludwig-Maximilians-Universität München  
<sup>2</sup>Gymnasium Grünwald

## Stärkung des Praxisbezugs durch Online Mentoring

### Zusammenfassung

Das Online-Mentoren-Programm ist ein neuer praxisorientierter Lehransatz, bei dem Studierende ihr fachdidaktisches Wissen bei der Betreuung von Lernenden anwenden. Die Ergebnisse der Evaluation zeigen, dass Studierende das Online-Mentoren-Programm insgesamt für geeignet halten, um physikdidaktische Theorien mit ihrer praktischen Anwendung zu verknüpfen. Aus den Ergebnissen geht außerdem hervor, dass Studierende ihre Kompetenz zum Lehren naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen durch das Online-Mentoren-Programm ausbauen können. Nach dem Online-Mentoren-Programm geben Studierende mehrheitlich an, Lernende besser auf das Formulieren naturwissenschaftlicher Fragen oder das Planen und Auswerten von Versuchen vorbereiten zu können.

Der Beitrag beschreibt das Potenzial des Ansatzes in der universitären Lehrerbildung. Außerdem vorgestellt werden, die Einordnung des Online-Mentoren-Programms in Theorien situierten Lernens, seine Umsetzung, die Evaluation des Programms und einige Ergebnisse.

### Einleitung: Integrative Ansätze in der Lehrerbildung

Die universitäre Lehrerbildung fordert von Lehramtsstudierenden hohe Integrationsleistungen zwischen Inhalten verschiedener Fachdisziplinen und zwischen Theorie und Praxis (Herzig, 2007). Eine ausschließlich isolierte Betrachtung von physikdidaktischen Grundlagen und der Unterrichtspraxis ist nicht sinnvoll, weil das Professionswissen von Physiklehrkräften miteinander vernetzte Wissensfacetten aus der Fachdidaktik, dem Fachwissen, dem pädagogischen Wissen und aus weiteren Bereichen umfasst (Modelle zur professionellen Kompetenz von Physiklehrkräften z. B. Riese & Reinhold, 2010). Eine stärkere Verankerung von Lerngelegenheiten mit Bezug zur Schulpraxis in physikdidaktischen Vorlesungen und Seminaren kann unterstützend auf die Entwicklung von Teilaspekten des Professionswissens angehender Lehrkräfte wirken (Modell der Determinanten und Konsequenzen professioneller Kompetenz bspw. Korneck et al., 2013 und Kunter et al., 2011). Zur Umsetzung ist ein integrativer Ansatz naheliegend, bei dem Erfahrungen, Professionswissen und Kompetenzen in einem realistischen Handlungsrahmen erworben und entwickelt werden. Deshalb wird an der LMU München in einem physikdidaktischen Seminar ein neuer Lehransatz verfolgt, bei dem Studierende ihr fachdidaktisches Wissen unmittelbar nach dem Erwerb in praxisbezogenen Lerngelegenheiten anwenden und reflektieren müssen.

### Theorie: Coaching im Rahmen situierten Lernens

Beim Online-Mentoring wenden die Studierenden Schritte des Cognitive-Apprenticeship-Ansatzes an, um die Lernenden in die Durchführung naturwissenschaftlicher Projekte einzuführen. Die notwendigen theoretischen Grundlagen lernen die Studierenden im Seminar kennen. Nachfolgend wird zunächst Coaching als eine Methode situierten Lernens und anschließend der Cognitive-Apprenticeship-Ansatz kurz beschrieben, soweit sie für das Projekt unmittelbar relevant sind. Der Stellenwert von *Coaching* im Rahmen situierten Lernens beruht vor allem auf zwei Annahmen, die sich auf den Wissenserwerb und die Kompetenzentwicklung durch den sozialen Austausch beim Lernen beziehen.

Eine Annahme beschreibt besonders einprägsame Situationen oder Kontexte, die episodenhaft im Gedächtnis bleiben und künftiges Handeln beeinflussen (Gruber, Mandl & Renkl,

2000; Gräsel & Parchmann, 2004). Eine zweite Annahme beschreibt Lernen als soziale Kognition. Der soziale Kontext, in dem das Lernen stattfindet, ist immer durch den sozialen Austausch zwischen allen Beteiligten geprägt. Dabei sind die Lernenden Teil einer Gemeinschaft, auch *community of practice* genannt (Lave & Wenger, 2008). Der einzelne Lernende entwickelt sich individuell in dieser Gemeinschaft weiter und trägt gleichzeitig dazu bei, dass sich die *community of practice* als Ganzes verändert und entwickelt. Ein geläufiger Ansatz des situierten Lernens mit ausgewiesenen Coaching-Elementen ist der Cognitive-Apprenticeship-Ansatz (Collins, Brown & Newman, 1989). Dieser Ansatz basiert u. a. auf den genannten Annahmen zur sozialen Kognition und zur Kontextgebundenheit. Die Anleitung der Lernenden erfolgt praxisnah in Anlehnung an das Vorgehen in der traditionellen Handwerkslehre. Dort findet die Ausbildung eines Lehrlings durch den Meister ganz entscheidend durch soziale Interaktionsprozesse und in spezifischen Kontexten statt. Das vom Lehrling erworbene Wissen, Können und seine gesammelten Erfahrungen weisen kontextuelle Bezüge auf, was zu einer engen Bindung zwischen Wissen, Können und Erfahrungen auf der einen Seite und den Lernsituationen auf der anderen Seite führen kann (Mandl, Kopp & Dvorak, 2004). Im Sinne des Cognitive-Apprenticeship-Ansatzes findet Lernen in sechs aufeinanderfolgenden Schritten statt (Collins et al., 1989): modelling, coaching and scaffolding, fading, articulation, reflection, exploration.

### **Methodik**

Im Seminar zur Einführung in die Physikdidaktik erwerben die Studierenden u. a. theoretisches Wissen über das Lehren naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen und Kommunikationstechniken. Anschließend betreuen sie als Online-Mentoren über die Webplattform *mebis* Schülerinnen und Schüler bei der Durchführung eines naturwissenschaftlichen Projekts und bei der Vorbereitung auf eine Science Fair (schulinterner Wettbewerb). Im Seminar werden exemplarisch Kommunikationsverläufe zwischen Studierenden und Schülern reflektiert. Die Studierenden erhalten ein konstruktives Feedback zu ihren angewandten Vermittlungsstrategien, z. B. bezüglich des Stellens von Fragen zur Anleitung der Lernenden zum Experimentieren (Planung, Durchführung und Auswertung). Das zentrale Anliegen des Online-Mentoren-Programms im Seminar zur Einführung in die Physikdidaktik betrifft die Förderung von Lehramtsstudierenden in zwei Bereichen: Lehren naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen und Kommunikationskompetenz. Die Hauptforschungsfrage betrifft Zusammenhänge zwischen dem Online-Mentoren-Programm und der Veränderung der subjektiven Wahrnehmung der Studierenden in Bezug auf eigene Kompetenzen zum Lehren naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen und zur adressatengerechten Kommunikation. Die Fragen lauten:

- Nehmen Studierende das Online-Mentoren-Programm als geeigneten Ansatz zur Verknüpfung von Theorie und Praxis wahr?
- Bewerten Studierende die Integration theoretischen und praktischen Wissens im Seminar mit Online Mentoring als förderlich für ihre eigene Kompetenzentwicklung in Bezug auf das Lehren naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen?
- Wird die im Seminar immanente Reflexion eigener Kommunikationsverläufe von den Studierenden als förderlich für die Entwicklung eigener Kommunikationskompetenz wahrgenommen?

An dem Online-Mentoren-Programm nahmen 25 Studierende der LMU München teil. Sie waren alle im 4. Fachsemester, studierten das Fach Physik für das Lehramt an Gymnasien und belegten im Sommersemester 2016 ein 2-stündiges Seminar zur Einführung in die Physikdidaktik. Die Studierenden betreuten die vier 7. Klassen des Gymnasiums Grünwald – insgesamt 105 Lernende, aufgeteilt auf 39 Gruppen. Aufgrund der hohen Anzahl an Schülergruppen mussten 14 Studierende jeweils zwei Schülergruppen mit ähnlichen Themen coachen. Die übrigen 11 Studierenden waren jeweils einer Schülergruppe zugeordnet. Die Studierenden wurden mehrfach zu verschiedenen Messzeitpunkten per Fragebogen mit 4-

stufigen Rating-Skalen nach ihrer Einschätzung befragt. Die Skalen reichten von "stimmt nicht", über "stimmt kaum" und "stimmt eher" bis "stimmt genau". Die Fragen waren erstens zur *Eignung des Online-Mentoren-Programms* für die Verknüpfung zwischen Theorie und Praxis (5 Items, Beispielitem: "Ich halte das Online-Mentoren-Programm für geeignet, um Erfahrungen über die Anwendung theoretischer Grundlagen in der Praxis zu sammeln.", *Cronbachs  $\alpha$*  = 0.73). Zweitens wurden Fragen zur Wahrnehmung der eigenen Kompetenz gestellt, die mit der Einführung von Lernenden in naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu tun hat. Diese Fragen gehörten sechs Subskalen mit jeweils 4-7 Items an. Die Subskalen waren: (1) Fähigkeit zur Lehre naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen im Allgemeinen, (2) ... Fragen stellen, (3) ... Hypothesen formulieren, (4) ... Versuche planen, (5) ... Versuche durchführen und (6) ... Versuche auswerten. (Beispielitem: "Ich traue mir zu, Schülerinnen und Schüler beim Formulieren von Hypothesen zu unterstützen.", *Cronbachs  $\alpha$*  zwischen 0.79 und 0.86).

### **Ergebnisse**

Die Datenanalyse erfolgte deskriptiv und mit t-Tests für abhängige Stichproben. Zuerst wurde geprüft, ob die Studierenden das Online-Mentoren-Programm geeignet für die Verknüpfung von Theorie und Praxis hielten. Das Online-Mentoren-Programm hielten keine Teilnehmer für nicht geeignet, ca. 13 % der Teilnehmer für kaum geeignet, ein Großteil der Studierenden (ca. 53 %) für eher geeignet und ca. 33 % der Studierenden uneingeschränkt für geeignet. In einem zweiten Schritt wurde untersucht, ob sich das Online-Mentoren-Programm auf die Wahrnehmung der Studierenden in Bezug auf ihre Kompetenz zur Lehre naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen auswirkte. Die Nullhypothese lautete: Die Unterschiede in der wahrgenommenen Kompetenz zu verschiedenen Messzeitpunkten sind zufällig entstanden, d. h. das Online-Mentoren-Programm wirkte sich nicht auf die wahrgenommene Kompetenz aus. Die t-Tests für abhängige Stichproben ergaben kein einheitliches Ergebnis für alle Subskalen. Keine signifikanten Unterschiede konnten zwischen den Mittelwerten der Subskalen 3 und 5 (Hypothesen, Versuche durchführen) zu verschiedenen Messzeitpunkten ermittelt werden. Bei den Subskalen 1, 2, 4 und 6 veränderten sich die Mittelwerte signifikant mit der Zeit. Exemplarisch ist das Ergebnis für die Subskala 2 (Fragen) beschrieben. Hier betrug der Mittelwert von der Differenz der wahrgenommenen Kompetenzen vor dem ersten und nach dem ersten Live-Chat  $x_d = -0,65$  ( $s_d = 0,12$ , Standardabweichung der Verteilung der betrachteten Differenz). Der t-Wert von  $-25,87$  fiel statistisch signifikant aus ( $p < 0.001$ ). Zum zweiten Messzeitpunkt schätzten sich die Studierenden also etwas kompetenter im Anleiten der Lernenden bezüglich dem Stellen von Fragen ein als zum ersten Messzeitpunkt. Ähnliches konnte für die Subskalen 1, 4 und 6 ermittelt werden.

### **Zusammenfassung**

Abhängig von den jeweiligen Anforderungen, bewirkte das Online-Mentoren-Programm eine Änderung in der Wahrnehmung eigener Kompetenz bei den Studierenden. Wenn es um das Betreuen der Lernenden bei der Formulierung von untersuchbaren Fragen oder beim Planen und Auswerten von Versuchen ging, dann wirkte sich das Online-Mentoring positiv auf die Einschätzung eigener Kompetenz aus. Wenn es aber um das Betreuen der Lernenden bei der Durchführung von Versuchen ging, dann konnte keine Auswirkung des Online-Mentorings auf die Kompetenzwahrnehmung der Studierenden festgestellt werden. Da die Studierenden über ihre eigene Kompetenzentwicklung sehr differenziert urteilten, kann insgesamt festgehalten werden, dass sie das Online-Mentoren-Programm für die Anwendung physikdidaktischer Theorien zum naturwissenschaftlichen Arbeiten in der Unterrichtspraxis sensiblen, und dass die wichtige Vernetzung zwischen Theorie und Praxis gelang.

**Literatur**

- Collins, A.; Brown, J.S. & Newman, S.E. (1989). Cognitive Apprenticeship: Teaching the Craft of Reading, Writing and Mathematics. In L.B. Resnik (Ed.), *Knowing, Learning and Instruction. Essays in the Honor of Robert Glaser*. Hillsdale, 452-494
- Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Die Entwicklung und Implementation von Konzepten situierter selbstgesteuerter Lernens. *ZfE: PISA und die Konsequenzen für die erziehungswissenschaftliche Forschung*, 7, Beiheft 3(4), 171-184
- Gruber, H.; Mandl, H. & Renkl, A. (2000). Was lernen wir in Schule und Hochschule: Träges Wissen?. In H. Mandl & J. Gerstenmaier (Hrsg.), *Die Kluft zwischen Wissen und Handeln. Empirische und theoretische Lösungsansätze*. Göttingen: Hogrefe, 139-156
- Herzig, B. (2007). Medienpädagogik als Element professioneller Lehrerbildung. In W. Sesin, M. Kerres & H. Moser (Hrsg.), *Jahrbuch Medienpädagogik 6, Medienpädagogik – Standortbestimmung einer erziehungswissenschaftlichen Disziplin*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 283-297
- Korneck, F.; Kohlenberger, M.; Oettinghaus, L.; Kunter, M. & Lamprecht, J. (2013). *Lehrerüberzeugungen und Unterrichtshandeln im Fach Physik. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Jena 2013*
- Kunter, M.; Baumert, J.; Blum, W. Klusmann, U.; Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.) (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.
- Lave, J.L. & Wenger, E. (2008). *Situated Learning. Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press
- Mandl, H.; Kopp, B. & Dvorak, S. (2004). *Aktuelle theoretische Ansätze und empirische Befunde im Bereich der Lehr-Lern-Forschung – Schwerpunkt Erwachsenenbildung*.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2010). *Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften ZfdN 16*

### Mögliche Prädiktoren zu Hochschulerfolg im Fach und Lehramt Physik

**Ziel:** Die Abbruchquoten im Fach und Lehramt Physik sind seit Jahren alarmierend hoch. Die Bologna-Reform sollte zur Verringerung der Abbruchzahlen beitragen, allerdings konnte seit dem nur eine Verschärfung des Problems beobachtet werden (u. a. Heublein, 2008; KMK<sup>1</sup>, 2003). Um Studieninteressierte bereits vor Antritt des Studiums in ihrer Studienwahl zu unterstützen oder vor einer Fehlentscheidung zu bewahren und damit die Studienerfolgsquote zu verbessern, soll an der Freien Universität Berlin ein fachbezogenes Online-Self-Assessment (OSA) forschungsbasiert entwickelt und implementiert werden. Um dies zu ermöglichen, wurden Prädiktoren gesucht, die eine Erfolgsvorhersage zum Physik (-Lehramts) Studium erlauben.

**Theoretischer Hintergrund:** Trotz der vielfältigen Bemühungen, die Studienerfolgszahlen im Fach und Lehramt Physik zu steigern, zeigt sich, dass zwar die Studierendenzahlen in den letzten Jahren insgesamt stark angestiegen sind, die Absolvent\*innenzahlen sich aber weit unterproportional dazu entwickelt haben (Nienhaus, 2006-2010, Matzdorf et al., 2011-2013; Düchs et al., 2014-2015).

Für die hohen Abbruchzahlen im Fach und im Lehramt Physik konnten bereits verschiedene Ursachen gefunden werden. Die gängigsten Abbruchgründe sind hier: inhaltliche Anforderungen bzw. Leistungsschwierigkeiten, mangelnde Studienmotivation, berufliche Neuorientierung, berufliche/finanzielle Gründe und falsche Erwartungen an das Studium (Albrecht, 2011). Um einem Abbruch möglichst frühzeitig vorbeugen zu können, erscheint es sinnvoll, die Unterschiede zwischen Abbrecher\*innen und erfolgreich weiter Studierenden zu betrachten. Diese Unterschiede, durch die ein möglicher Abbruch vorhergesagt werden könnte, lassen sich dann als Prädiktoren identifizieren.

Da Studierenerfolg nicht nur in der Physik eine wichtige Rolle spielt, wurde er bereits in verschiedenen Studien sowohl fachübergreifend als auch fachspezifisch untersucht. Dabei konnten allgemeine oder auch fachbezogene Prädiktoren für einen Studienabbruch identifiziert werden. Als wichtige werden u. a. genannt:

- *Schulnoten* (z. B. Albrecht, 2011, Gold & Souvignier, 2005; Heublein et al., 2003),
- *Kurswahl* (Freyer, 2013, S.148),
- *Hochschulzugangsberechtigungsnote (HZB-Note)* (Albrecht, 2011; Blömeke, 2009; Gawlitza, 2015; Freyer, 2013),
- *Fachkompetenz vor Studienbeginn* (Albrecht, 2011; Kurz, Linser & Oliveira-Vitt, 2008)
- *Informiertheit* (Albrecht, 2011),
- *Motivation/Fachinteresse* (z. B. Gold, 1988; Heublein et al., 2003; Lewin, Heublein, Sommer & Cordier, 1995; Albrecht, 2011),
- *Selbsteinschätzung der Studienleistung* (z. B. Blömeke, 2009; Gold, 1988; Heublein et al., 2003; Freyer, 2012),
- *wahrgenommene Betreuung und Unterstützung während des Studiums* (Albrecht 2011),
- *Studienleistungen* (Brandstätter und Farthofer, 2003),
- *Studienwunsch und soziodemografische bzw. soziokulturelle Faktoren* (z. B. Heublein et al., 2003, S. 47 f.; Albrecht, 2011).

<sup>1</sup> Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2003

Die genannten Prädiktoren lassen sich in Fachkompetenz(en) und affektiv-motivational orientierte und soziodemografische Aspekte unterteilen. Bisher wurde die Fachkompetenz vor Studienbeginn oft nur durch Schulnoten oder die HZB-Note erfasst. Da nach Kurz et. al (2003) fachspezifische Kompetenztests präzisere Interpretationen zur Einschätzung der Fachkompetenz als lediglich die Schulnoten ermöglichen, erscheint es sinnvoll, die Fachkompetenz zusätzlich durch einen fachspezifischen Kompetenztest zu ermitteln.

Unter den oben genannten Prädiktoren finden sich mehrere, die sich nicht vor Beginn des Studiums erfassen lassen (bspw. *Studienleistungen, wahrgenommene Betreuung und Unterstützung während des Studiums*). Hier wird deutlich, dass bei einer Studie, die auf eine Vorhersage eines Studienerfolgs bereits vor Antritt des Studiums abzielt, solche Prädiktoren nicht gemessen werden können. Daher müssen an dieser Stelle neue, fachspezifische Prädiktoren gefunden werden, die sich schon zu diesem frühen Zeitpunkt erfassen lassen.

**Methoden:** Für die Weiterentwicklung eines Instruments bzw. Tests zur Vorhersage von Studienerfolg im Fach und Lehramt Physik vor Antritt des Studiums soll im Rahmen einer Längsschnittstudie die Vorhersagekraft der oben genannten und zusätzlichen Prädiktoren zum Studienerfolg überprüft werden. Um dies zu ermöglichen, muss vorerst ein Testinstrument vorliegen, das stichprobenadäquate Aussagen über die jeweiligen erfragten Konstrukte ermöglicht. Dieser Test kann im Anschluss auf die Stichprobe in einem Längsschnittdesign angewandt werden. Die Ergebnisse dessen erlauben dann Aussagen zur Vorhersagekraft der gemessenen Konstrukte.

In den vergangenen zwei Jahren wurde dazu ein Fachkompetenztest in den Bereichen Mathematik und Physik entwickelt und hinsichtlich seiner Zielgruppenpassung und Aufgabenschwierigkeiten untersucht (Ergebnisse dazu finden sich in Schild, Krüger, Rehfeldt & Nordmeier, 2015). In diesem Beitrag soll nur auf die affektiv-motivationalen Prädiktoren eingegangen werden.

**Konzeption und Auswertung des affektiv-motivationalen Testteils:** In einer Vorgängerstudie (Albrecht & Nordmeier, 2010) wurden studiengangsbezogene Einzelitems entwickelt und dahingehend untersucht, inwieweit sie Aufschluss über den Studienerfolg im Fach und im Lehramt Physik geben können. Aufgrund substanzieller Reformen des Studiengangs mussten nun die Einzelindikatoren auf Aktualität überprüft werden. Hierzu wurde eine zweistufige Expertenbefragung durchgeführt, die die Indikatoren nach ihrem geschätzten Einfluss zum Studienerfolg einteilen sollten ( $N_1 = 6$ ;  $N_2 = 145$ ). Innerhalb des Verfahrens wurden auch neue Indikatoren (z. B. zur Nutzung sozialer Medien) ermittelt und in den Itempool inkludiert. Indikatoren, deren Relevanz als gering eingeschätzt wurde, wurden aus dem Itempool entfernt. Die verbliebenen Items wurden anschließend durch kognitive Interviews (Prüfer, 2005) mit Studierenden des Lehramts Physik auf sprachliche Eindeutigkeit und Verständlichkeit geprüft und überarbeitet ( $N = 5$ ). Die Ergebnisse wurden dann in ein Testheft mit 82 Items (plus soziodemografische Daten) überführt.

Gemäß der Fülle an vermeintlichen Einzelindikatoren als Items sollte nun geprüft werden, ob manche Items zu latenten Konstrukten clustern. Diese sogenannten Faktoren könnten dann in Folgestudien als Supervariablen implementiert werden, was die Teststärke der statistischen Verfahren erhöht bzw. auch Analysen mit kleineren Stichproben erlaubt. Dazu sind zwei Schritte notwendig: Im ersten Schritt muss aus den einzelnen Indikatoren ein Modell generiert werden. Dies wurde durch eine explorative Faktorenanalyse (EFA) umgesetzt. Im zweiten Schritt muss das entstandene Modell auf seine Gültigkeit überprüft werden. Dazu wurde eine konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) durchgeführt. Als Datengrundlage wurden die Ergebnisse einer bundesweiten Befragung (14 Standorte) von Studierenden des Lehramts und des Fachs Physik im Bachelorstudiengang randomisiert halbiert und ausgewertet ( $N = 498$ ).

**Ergebnisse der Untersuchung:** Im Rahmen der EFA<sup>2</sup> (N = 251) konnte für 39 der Items 9 Faktoren identifiziert werden. In der Analyse zeigte sich, dass es sich bei den 19 Items um Einzelindikatoren zum Studienerfolg handelt, da keine substanziellen Korrelationen mit anderen Items auftraten. Aufgrund von starken Boden- und Deckeneffekten wurden vier weitere Items aus der Analyse ausgeschlossen. Es wurden nur Faktorladungen von  $> .30$  (Hair, 1998) interpretiert. Dabei lädt kein Item bedeutsam auf mehr als einem Faktor. Die interpretierbaren Faktorladungen liegen fast immer im gut interpretierbaren Bereich ( $> .50$ ; ebd.).

In der anschließenden CFA<sup>3</sup> (N = 247) wurde das durch die EFA entwickelte Modell bezüglich seiner Übertragbarkeit auf eine weitere Stichprobe überprüft. Alle Faktoren konnten, wenn auch unter Ausschluss zweier weiterer Items, in dieser Analyse bestätigt werden und weisen mittlere bis gute Reliabilitäten auf: Raykows  $\rho \in [.69, .87]$  und Chronbachs  $\alpha \in [.73, .77]$  (Brown, 2006).

Auch die gängigen Fitmaße konnten für die Faktoren mit mehr als drei Items berechnet werden und befinden sich bei einer Skala im akzeptablen, bei allen anderen im guten Bereich: CFI  $\in [.98, 1.0]$ ; TLI  $\in [.92, 1.0]$ ; RMSEA  $\in [.020, .090]$ ; SRMR  $\in [.016, .033]$  (Brown, 2006; Eid, 2010; Byrne, 2010).

Auch das Gesamtmodell wies akzeptable bis gute Fitwerte auf (ebd.). Ebenso sprachen im Modellvergleichstest zu einem eindimensionalen Modell alle Kriterien eindeutig für das aus den neun Faktoren bestehende, also neundimensionale Modell (s. Tabelle 1).

Modell	$\chi^2/df$	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	AIC	BIC
9 Dim.	1,47	0,91	0,90	0,043	0,061	27391	27763
1 Dim.	4,16	0,33	0,29	0,113	0,129	28803	29041

Tabelle 1: Fitwerte des Modellvergleichs

Die Faktoren heißen: *Studieninformiertheit, kontinuierliche Lernplanung, eigenständige Lernplanung, Lerngruppenaffinität und Studierendekontakt, Dozierendekontakt, Affinität für soziale Netzwerke, Studienzufriedenheit, unbekümmerte Passivität und Ablenkbarkeit durch Handy in Lernzeit.*

**Ausblick:** Es konnten neun affektiv-motivationale Faktoren identifiziert werden, die Aufschluss über den Studienerfolg im Fach und im Lehramt Physik geben könnten, und die durch eine CFA bestätigt werden konnten. Die dazu gehörigen Skalen wurden bereits im Wintersemester 2015/16 erhoben. Zum Ende des Wintersemesters 2016/17 soll dann in einer weiteren Befragung überprüft werden, inwieweit sich diese Faktoren auch als Prädiktoren zum Hochschulerfolg eignen.

Diese Prädiktoren zum Hochschulerfolg im Fach und Lehramt Physik können dann in einem OSA umgesetzt und zur frühzeitigen Beratung von Studieninteressierten eingesetzt werden. Eine fundierte und evaluierte Onlineberatung soll die Studieninteressierten von einer etwaigen Fehlentscheidung bewahren oder durch gezielte Rückmeldungen den Studieneinstieg erleichtern und damit zu einer Verbesserung der Erfolgsquote führen.

#### Literatur

- Albrecht, A. & Nordmeier, V. (2010). Online zur Physik- erste Schritte in der Implementation eines Online-Self-Assessments. Unveröffentlichtes Manuskript
- Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Dissertation, Freie Universität Berlin

<sup>2</sup> Hauptkomponentenanalyse in R 3.2.5 (Package: psych, lavann); oblimin. Fehlende Werte wurden multipel imputiert (Package: mice) Lütke, O., Robitzsch, A., Trautwein, U. & Köller, O. (2007)

<sup>3</sup> Faktoranalyse in R 3.2.5 (Package: lavann); Fehlende Werte wurden multipel imputiert (Package: mice) Lütke, O., Robitzsch, A., Trautwein, U. & Köller, O. (2007)

- Blömeke, S. (2009). Ausbildungs- und Berufserfolg im Lehramtsstudium im Vergleich zum Diplom-Studium –Zur prognostischen Validität kognitiver und psycho-motivationaler Auswahlkriterien. *ZfE* (2009),12, 82-110
- Brandstätter, H. & Farthofer, A. (2003 b). Erste Prüfungen – weiterer Studienerfolg. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 50, 58–70
- Brown, T. (2006) *Confirmatory Factor Analysis for Applied Research*. The Guilford Press. New York London
- Byrne, B. (2010) *Structural Equation Modeling with AMOS. Basic Concepts, Applications, and Programming*. Routledge, Ottawa
- Düchs, G., Matzdorf, R. (2014). Stabilisierung auf hohem Niveau. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2014, *Physik Journal*, 13 (8/9), 23-28
- Düchs, G. & Ingold, G. (2015). Weiter auf hohem Niveau. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2015. *Physik Journal* 14 (8/9), 28-33
- Eid, M., Gollwitzer, M. & Schmitt, M. (2010). *Statistik und Forschungsmethoden*. Weinheim, Basel: Beltz
- Freyer, K. (2013). Zum Einfluss von Studiengangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie (Bd. 156). Berlin: Logos; Logos Berlin
- Gawlitza, G. (2015). Analyse der Eingangsvoraussetzungen und des Studienerfolges von natur-, sprach-, geistes- und sportwissenschaftlichen Referendaren in Anlehnung an die SioS-L Studie. 2015, 24 S. - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-105513
- Gold, A. & Souvignier, E. (2005). Prognose der Studierfähigkeit. Ergebnisse aus Längsschnittanalysen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 37, 214-222
- Hair, J.; Anderson, R.; Tatham, R.; Black, W (1998). *Multivariate Data Analysis*, 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall
- Heublein, U., Spangenberg, H., & Sommer, D. (2003). Ursachen des Studienabbruchs. Analyse 2002 (Hochschulplanung 163). Hannover: HIS
- Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D. & Besuch, G. (2009). Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08. HIS: Projektbericht
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2012). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010
- Kurz, G., Linsler, M. & Oliveira-Vitt, L. de. (2008). Studienverlaufsuntersuchungen an der Hochschule Esslingen. Teil 1: Zulassungsverfahren und Eignungstests. In M. Rentschler (Hrsg.), *Studieneignung und Studierendenauswahl. Untersuchungen und Erfahrungsberichte* (Report - Beiträge zur Hochschuldidaktik, Bd. 42, S. 95–124). Aachen: Shaker
- Lüdtke, O., Robitzsch, A., Trautwein, U. & Köller, O. (2007). Umgang mit fehlenden Werten in der psychologischen Forschung. *Psychologische Rundschau*, 58(2), 103–117
- Matzdorf, R. (2011). Physik im Aufwind. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2011–erstmalig mehr als 10 000 Studienanfängerinnen und -anfänger in Physik. *Physik Journal*, 10(8/9),23-27
- Matzdorf, R. (2012). Mehr Physikstudierende als je zuvor. Die Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2012 zeigen ein differenziertes Bild von echten Anfängern und „Parkstudierenden“. *Physik Journal*, 11 (8/9), 29-33
- Matzdorf, R. & Düchs, G. (2013). Immer mehr Parkstudierende. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2013. *Physik Journal*, 12 (8/9), 29–33
- Nienhaus, G. (2007). Physikstudium im Wandel. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2007. *Physik Journal*. 6 (8/9), 29- 31
- Nienhaus, G. (2008). Stark ansteigende Absolventenzahlen. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2008. *Physik Journal*. 7 (8/9), 1- 4
- Nienhaus, G. (2009). Studierendenzahlen weiter angestiegen. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2009. . *Physik Journal*. 8 (8/9), 30- 33
- Nienhaus, G. (2010). Fast 10000 Neueinschreibungen. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2010. *Physik*
- Prüfer, P., & Rexroth, M. (2005). *Kognitive Interviews* (No. 15). Mannheim: Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen
- Schild, N., Krüger, L., Rehfeldt, D., Nordmeier, V. (2015). Vorhersagemodell zum Studienerfolg im Fach und Lehramt Physik. *PhyDid B*, 2015
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2003). *10 Thesen zur Bachelor- und Masterstruktur in Deutschland. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 12.06.2003*. Zugriff am 7.6.2016

## **Kreativität in der Chemie: Vorstellungen von Lehramtsstudierenden**

### **Relevanz, Ziele und Forschungsfragen**

Schülerinnen und Schüler charakterisieren die Chemie häufig als rein logische und analytische Wissenschaft. Kreativität wird dagegen eher mit künstlerischen Disziplinen oder Sprachen assoziiert (Becker, Kühlmann & Parchmann, 2014). Solche Vorstellungen spiegeln dabei nicht nur ein verkürztes bzw. falsches Bild über die Natur der Naturwissenschaften wider (McComas, 1998), sondern können außerdem dazu führen, dass gerade Schülerinnen und Schüler, die sich gerne kreativ betätigen, eher davon abgehalten werden, die Chemie in ihre beruflichen Zukunftsplanungen einzubeziehen. Die chemische Forschung und Industrie ist jedoch nicht nur auf fachwissenschaftlich gut ausgebildete, sondern auch auf kreative Nachwuchswissenschaftler angewiesen (Kind & Kind, 2007). Denn die Naturwissenschaften, darin ist sich die Forschung einig, sind in einem vergleichbaren Maße durch Kreativität geprägt wie viele andere Wissenschaften und Künste (Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl, 2003; Lederman, 2007; Allchin, 2013). Ein stärker an Kreativität orientierter Chemieunterricht würde also nicht nur ein adäquateres Bild der Chemie vermitteln, sondern könnte gleichzeitig auch mehr junge Menschen dazu motivieren, eine Ausbildung oder ein Studium im Chemiesektor anzustreben. Trotz der verschiedenen Chancen, die mit einer verstärkten Implementierung verbunden sind, ist Kreativität, zumindest im deutschsprachigen Raum – bis auf wenige Ausnahmen (Gärtner, 1997; Haim & Weber, 2014; Semmler & Pietzner, 2016) – weder ein wichtiges Thema innerhalb der Chemiedidaktik, noch ein bedeutender Bestandteil der realen Unterrichtspraxis. In einem Forschungsprojekt an der Universität zu Köln, das bereits auf der GDGP-Jahrestagung 2014 in Bremen vorgestellt wurde (Bliersbach & Reiners, 2015), wird versucht, diesem Defizit zu begegnen. Eine notwendige Voraussetzung für eine angemessene Implementierung kreativer Elemente in den Chemieunterricht sind zunächst entsprechende Kompetenzen und Vorstellungen der Lehrpersonen (Lederman, 1992). Nur wenn sich diese der Bedeutung von Kreativität für die Chemie bewusst sind, sind sie in der Lage, dies an ihre Schülerinnen und Schüler weitergeben zu können. Daraus resultiert das langfristige Ziel des Projektes, angehende Chemielehrerinnen und -lehrer dabei zu unterstützen, adäquate Vorstellungen über die Rolle von Kreativität in der Chemie zu entwickeln. Aus diesem Ziel ergeben sich die zwei zentralen Forschungsfragen:

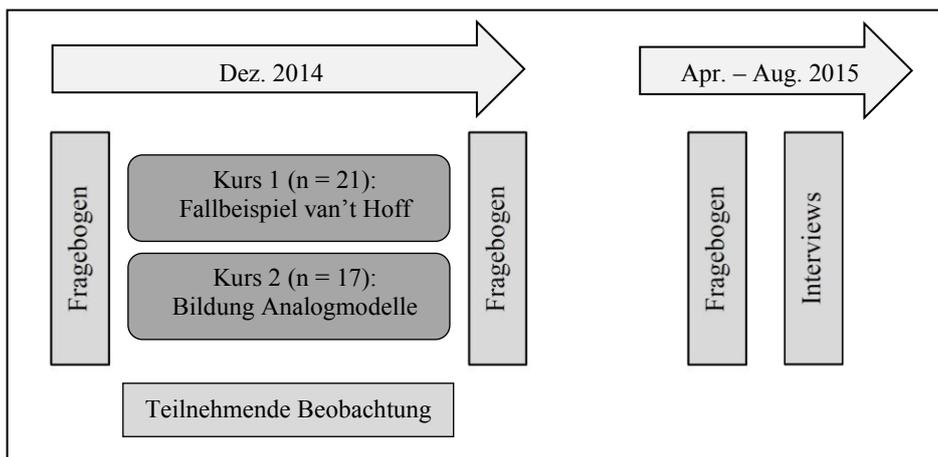
- Welche Vorstellungen über die Rolle von Kreativität in der Chemie haben angehende Chemielehrende? (Forschungsfrage 1)
- Wie können angehende Chemielehrende dabei unterstützt werden, adäquate Vorstellungen über die Rolle von Kreativität in der Chemie zu entwickeln? (Forschungsfrage 2)

Nachdem im vorletzten Tagungsband einige theoretische Vorüberlegungen sowie eine erste Pilotstudie vorgestellt wurden (Bliersbach & Reiners, 2015), soll im Folgenden ein Überblick über die darauf aufbauenden Studien und deren Ergebnisse gegeben werden.

### **Forschungsdesign**

Wie die Pilotstudie erfolgten auch die weiteren Studien im Rahmen von chemiedidaktischen Seminaren. In jeder Studie wurden zunächst die Präkonzepte der teilnehmenden Studierenden erhoben. Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage konnten so insgesamt Vorstellungen von weit über 200 Studierenden des Chemielehramtes gesammelt werden. Zur Beant-

wortung der zweiten Forschungsfrage wurden – aufbauend auf den Ergebnissen der Pilotstudie – neue Herangehensweisen entwickelt und innerhalb der Seminare erprobt. Um die verschiedenen Ansätze bewerten zu können, wurden die Vorstellungen der Studierenden auch nach den jeweiligen Interventionen erhoben und mit den vorherigen verglichen. Weitere spätere Befragungen dienten zudem dazu, die Nachhaltigkeit der Interventionen zu überprüfen. Abbildung 1 zeigt exemplarisch den Ablauf einer der durchgeführten Studien.



Tab. 1: Exemplarisches Studiendesign (anhand einer der durchgeführten Studien)

### Interventionen

Grundsätzlich kann zwischen zwei Herangehensweisen unterschieden werden: Fallbeispiele kreativer chemischer Forschung (*Nachvollziehen* von Kreativität) und kreative Aktivitäten (*Nacherleben* von Kreativität). Um den motivationalen Problemen, die sich im Zusammenhang mit der in der Pilotstudie erprobten Fallstudie zu Verbrennungstheorien im 17. und 18. Jahrhundert ergaben, zu begegnen, wurde eine neue, weniger zeitintensive historische Fallstudie entwickelt, die zudem stärker an den fachwissenschaftlichen Studieninhalten der Studierenden orientiert ist. Die Fallstudie befasst sich mit Jacobus H. van't Hoff (1852–1911), dem ersten Nobelpreisträger für Chemie im Jahre 1901, und seinen ersten Modellen über die räumliche Struktur von Molekülen, mit denen er die Grundlage für viele bis heute gültige Aspekte der Stereochemie und Isomerie legte (Krätz, 1974; Cohen, 1912; Bliersbach & Reiners, 2016). Davon abgesehen wurden auch einige zeitgenössische Fallstudien entwickelt und erprobt. Neben einem weiteren prominenten Beispiel, dem Nobelpreisträger von 2014, Stefan W. Hell (Welter, 2014), dessen kreativer Forschungsprozess anhand von Interviews und Filmausschnitten nachvollzogen werden kann, wurde auch aktuelle chemische Forschung an der Universität zu Köln zur Reflexion herangezogen. Dies geschah über den Besuch von Fachvorträgen und Arbeitskreisen. In Bezug auf die zweite prinzipielle Herangehensweise, die kreativen Aktivitäten (*Nacherleben* von Kreativität), wurde der Ansatz der Bildung von Analogmodellen, der sich bereits in der Pilotstudie bewährt hatte, weiter optimiert. Außerdem wurde ein interdisziplinärer Ansatz erprobt, in dem die Studierenden Kunstwerke zur Repräsentation chemischer Sachverhalte anfertigen sollten.

### Forschungsmethodik

Auch methodisch wurde auf den Einflüssen der Pilotstudie aufgebaut. In Bezug auf die Datenerhebung wurden zwar auch weiterhin offene Fragebögen, Portfolios und teilnehmenden-

de Beobachtung eingesetzt. Der Fragebogen aus der Pilotstudie wurde jedoch in Anlehnung an die VNOS-Tests von Lederman et al. (2002) modifiziert und durch Fragen ergänzt, die sich konkreter auf den Zusammenhang von Kreativität, Chemie und Chemieunterricht beziehen. Um noch tiefere Einblicke in die Vorstellungen der Studierenden zu erlangen, wurden darüber hinaus halbstrukturierte Interviews durchgeführt, die sich an den Inhalten der Fragebögen orientierten. Abbildung 1 veranschaulicht den möglichen Einsatz der unterschiedlichen Erhebungsinstrumente exemplarisch anhand einer der durchgeführten Studien. Die Datenauswertung erfolgte in Bezug auf die Präkonzepte der Studierenden (Forschungsfrage 1) nach den Regeln der Grounded Theory (Glaser & Strauss, 1967). Zur Bewertung der verschiedenen Herangehensweisen (Forschungsfrage 2) wurde die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) eingesetzt. Um den Einfluss der unterschiedlichen Interventionen auf die Studierenden feststellen und untereinander vergleichen zu können, wurden deren Vorstellungen vor und nach den jeweiligen Interventionen mithilfe eines dafür entwickelten Kategoriensystems verglichen.

### **Ergebnisse**

In Bezug auf die erste Fragestellung lässt sich feststellen, dass auch die meisten Studierenden die eingangs beschriebenen, typischen Fehlvorstellungen von Schülerinnen und Schülern offenbarten. Nur sehr wenige messen der Kreativität eine Bedeutung in der Chemie zu. Viele haben sich zudem nie Gedanken über einen möglichen Zusammenhang gemacht. Nach den Interventionen können in der Regel deutliche Änderungen in den Vorstellungen der Studierenden konstatiert werden, jedoch je nach Interventionsansatz in unterschiedlicher Weise. Die neu entwickelten historischen und aktuellen Fallbeispiele eignen sich vor allem, um Studierende davon zu überzeugen, dass Kreativität eine Rolle in der Chemie spielt. Das Bilden von Analogmodellen macht für Studierende dagegen erfahrbar, wie kreative Prozesse in der Chemie ablaufen können. Einige erprobte Ansätze haben sich aus verschiedenen Gründen jedoch als wenig zweckmäßig herausgestellt. Dem interdisziplinären Ansatz mangelt es z.B. an einem konkreten Bezug zu tatsächlichen naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen. Besuche von wissenschaftlichen Fachvorträgen und Arbeitskreisen sind dagegen organisatorisch schwer umsetzbar, sehr zeitaufwendig und deshalb nur vertretbar, wenn sie mit anderen fachdidaktischen oder fachwissenschaftlichen Lernzielen verbunden werden.

### **Konsequenzen**

Um adäquate Vorstellungen über die Rolle von Kreativität in der Chemie zu vermitteln, scheint eine Kombination unterschiedlicher Ansätze sinnvoll. Auf den Ergebnissen der verschiedenen Studien aufbauend wurde deswegen eine Kurseinheit zum Thema „Kreativität in Chemie und Chemieunterricht“ entwickelt. Diese beinhaltet all jene Elemente, die sich in den diversen Studien besonders bewährt haben. Neben einer grundlegenden Einführung (Kreativitätsbegriff, Bedeutung von Kreativität in Schule und Chemie) werden ein historisches (Jacobus van't Hoff) und ein aktuelles Fallbeispiel (Stefan Hell) kreativer chemischer Forschung behandelt. Die Bildung von Analogmodellen ist ebenfalls Bestandteil der Seminareinheit. Dadurch, dass die Studierenden außerdem verschiedene bekannte Ansätze zur möglichen Implementierung von Kreativität in den Chemieunterricht kennenlernen – z.B. *Forschendes Lernen* (Ropohl, Rönnebeck & Scheuermann, 2015) und *Egg-Races* (Gärtner, 1997) – und auch eigenständig Unterrichtseinheiten planen müssen, wird zudem ein verstärkter Praxisbezug hergestellt. Um dem Ziel des Forschungsprojektes Rechnung zu tragen, also eine verstärkte Implementierung kreativer Elemente in den Chemieunterricht in die Wege zu leiten, soll die Kurseinheit curricular in der Lehreraus- und -fortbildung an der Universität zu Köln verankert werden.

**Literatur**

- Allchin, D. (2013). *Teaching the nature of science: Perspectives & resources*. Saint Paul: SHiPS Education Press.
- Becker, H.J., Kühlmann, J.K., & Parchmann, I. (2014). Trendbericht Chemiedidaktik. Der Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“. *Nachrichten aus der Chemie*, 62 (9), 356-359.
- Bliersbach, M., & Reiners, Ch.S. (2015). Implementierung von Kreativität in den Chemieunterricht?! In Bernholt, S. (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 193–195). Kiel: IPN.
- Bliersbach, M., & Reiners, Ch.S. (2016). “Creating creativity”: Improving pre-service teachers’ conceptions about creativity in chemistry. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & K. Hahl (Hrsg.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future, Part 6* (S. 865–876). Helsinki, University of Helsinki.
- Cohen, E. (1912). *Jacobus Henricus van't Hoff. Sein Leben und Wirken*. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft.
- Gärtner, H.J. (1997). Kreativität im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*. 42 (8), 12-16.
- Gärtner, H.J. (1997). Kreativität und Wettbewerb. *Chemisches Egg-Racing in der Sekundarstufe 1. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*. 42 (8), 17-20.
- Glaser, B.G., & Strauss, A.L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Chicago: Aldine.
- Haglund, J. (2013). Collaborative and self-generated analogies in science education. *Studies in Science Education*, 49, 35–68.
- Haim, K., & Weber, C. (2014). KLEx – Eine Experimentiertechnik zur Förderung kreativer Problemlösekompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: E. Feyerer, K. Hirschenhauser, K. Soukup-Altrichter (Hrsg.), *Last oder Lust? Die Rolle der Forschung in der Lehrer/innenbildung* (S. 205-217). Münster: Waxman.
- Kind, P.M., & Kind, V. (2007). Creativity in science education: Perspectives and challenges for developing school science. *Studies in Science Education*, 43, 1–37.
- Krätz, O. (1974). Das Portrait: Jacobus Henricus van't Hoff. 1852-1911. *Chemie in unserer Zeit*, 8, 135–142.
- 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, 331-359.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 831–879). New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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, 497–21.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz.
- McComas, W.F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In W. F. McComas (Hrsg.), *The nature of science in science education. Rationales and strategies* (S. 53–72). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- 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.
- Ropohl, M., Rönnebeck, S., & Scheuermann, H. (2015). Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht. Das Konzept des forschenden Lernens. *Praxis der Naturwissenschaften. Chemie in der Schule*, 64 (6), 5-8.
- Semmler, L., & Pietzner, V. (2016). Untersuchung von Auffassungen zur Kreativität mit Concept Maps. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015*. (S. 479-481). Regensburg: Universität Regensburg.
- Welter, K. (2014). Faszinierende Blicke in die Nanowelt: Nobelpreis für Chemie. *Chemie in unserer Zeit*, 48, 418–421.

Peter Mayer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ludwig-Maximilians-Universität München

Matthias Schweinberger<sup>1</sup>

Bianca Watzka<sup>1</sup>

Raimund Girwidz<sup>1</sup>

## **Förderung der Kommunikationskompetenz von Lehramtsstudierenden der Physik**

### **Zusammenfassung**

Die Präsentationskompetenz angehender Physiklehrkräfte wird an der LMU München in den Seminaren zum schulbezogenen Experimentieren nicht nur über das klassische Präsentieren von Experimenten vor Mitstudierenden gefördert, sondern auch über eine neu entwickelte Webplattform. Mit diesem Tool können Dozenten, die anderen Seminarteilnehmer und auch Schülerinnen und Schüler Videos von Experimenten kommentieren, bewerten und Feedback geben. Studierende werden beim Vorführen von Experimenten gefilmt und erhalten über die Webplattform ein umfassendes Feedback. Dadurch sollen Reflexionsprozesse angeregt und letztlich die Präsentationskompetenz der Studierenden weiterentwickelt werden. Gleichzeitig lernen die Studierenden eine neue, kommunikative Nutzung neuer Medien kennen, die sie später auch selbst im Unterricht einsetzen können.

### **Theorie**

Experimente und deren Präsentation sind wichtige Bestandteile des Physikunterrichts. Deshalb ist bereits in der ersten Phase der Lehramtsausbildung eine gezielte Förderung der Präsentationskompetenz beim physikalischen Experimentieren sinnvoll. Hilfreich ist dabei ein konstruktives Feedback nach jeder Experimentiersitzung, besonders, wenn die Rückmeldungen von verschiedenen Personengruppen erfolgen: vom Dozenten, der betreuenden Lehrkraft, von der Peergroup des Präsentierenden und von Schülerinnen und Schülern. Das Feedback der Dozenten soll nicht nur auf fachliche Fehler oder Mängel beim Aufbau oder der Strukturierung des Experimentiervorgangs hinweisen, sondern soll auch Möglichkeiten zur Weiterentwicklung der Präsentationsfähigkeiten aufzeigen. Das Feedback der Peergroup kann durchaus auch ein höheres Maß an Selbstreflexion anregen (Nitsche 2014, S. 180). Eine Rückmeldung von Schülerseite zeigt die Wirkung auf die Adressatengruppe und die Akzeptanz durch die Lernenden auf. Negative Rückmeldungen fordern ein Hinterfragen des eigenen Präsentationsstils; positive Rückmeldungen können die Selbstwirksamkeitsüberzeugung der Studierenden steigern.

Ein Feedback von verschiedenen Personengruppen, das gezielt auf unterschiedliche Kriterien eingeht wird durch die Videografie der Präsentation erleichtert, bzw. überhaupt erst ermöglicht. Um den organisatorischen Aufwand für Dozenten und beteiligte Lehrkräfte möglichst gering zu halten, werden die aufgezeichneten Videos über das Webtool in einem datengeschützten Raum online zugänglich gemacht. So lässt sich eine Präsentation bequem mehrmals und nach unterschiedlichen Kriterien evaluieren. Außerdem erleichtert die Videographie auch die Selbstevaluation der Studierenden und kann in Verbindung mit den zuvor beschriebenen Dozenten-, Peer- und Schülerfeedbacks zu einer Schärfung der Selbstwahrnehmung der eigenen Präsentation von Experimenten beitragen.

Im Rahmen der Seminare kann nur auf eine begrenzte Auswahl von Kriterien eingegangen werden. Zum Grundstamm gehören dabei fachliche Korrektheit, Fachsprache, vertikale und horizontale Gliederung des experimentellen Aufbaus, Strukturierung des Verlaufs, gute Sichtbarkeit wichtiger Details, Prägnanz (siehe Schmidkunz 1983, 1992), Einsatz von Orientierungshilfen (z.B. Tafelskizzen), Bezug zu Schülervorstellungen und Vorarbeit im Unterricht, aber auch Körpersprache und Positionierung des Präsentierenden.

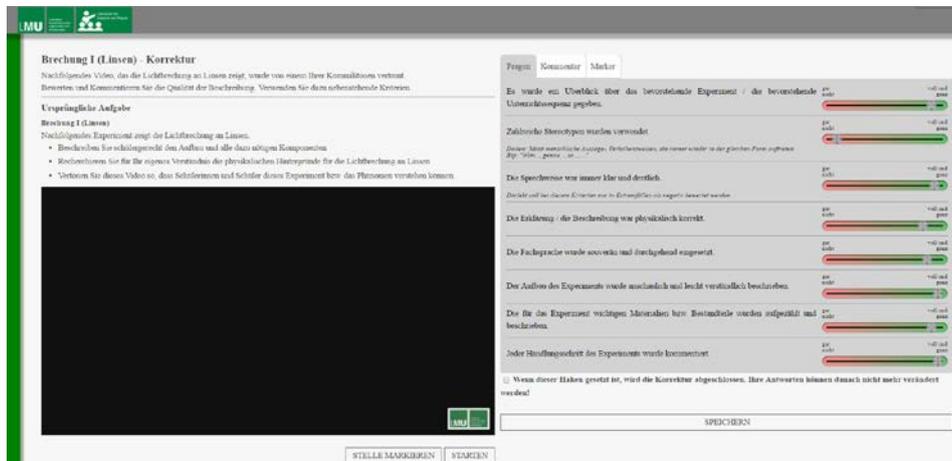
Das neu konzipierte Webtool soll also Rückmeldungen von verschiedenen Seiten und mehrfache Analysen nach unterschiedlichen Kriterien erleichtern und dadurch eine Weiterentwicklung der Präsentationskompetenz der Studierenden fördern.

### **Methode**

Bereits in einem Seminar mit 40 Teilnehmern, die in Zweiergruppen 7 Experimente präsentieren, entstehen 140 Präsentationsvideos. Diese müssen verwaltet und den Studierenden zur Evaluation zugänglich gemacht werden. Um die Organisation der Feedbacks zu erleichtern, wurde eine neue Webplattform entwickelt. Sie ermöglicht es dem Dozenten neben einer Organisation der Videos auch Schwerpunkte auf bestimmte Aspekte einer Präsentation von physikalischen Experimenten zu legen. Dazu wählt er entsprechende Kriterien aus einem umfangreichen Kriterienkatalog aus und verknüpft diese mit einem Präsentationsvideo. Alle Seminarteilnehmer und der Dozent evaluieren als Hausaufgabe die Präsentationen, markieren Problemstellen und formulieren Kommentare in Textform (vgl. Abb. 1). Der Videografierte gibt selbst auch eine Einschätzung ab und erhält im Anschluss automatisch ein individuelles Feedback sowie eine grafische Gegenüberstellung seiner persönlichen Einschätzung im Vergleich zu der Einschätzung der Kommilitonen und der Einschätzung des Dozenten (vgl. Abb. 2). Zudem besteht die Möglichkeit, die kommentierten Stellen im Video nochmals zu reflektieren (vgl. Abb. 3). Außerdem erhalten die Studierenden zweimal pro Semester Rückmeldungen von Schülerinnen und Schülern zu ihren Präsentationsvideos. Diese Rückmeldungen erfolgen nach der ersten Präsentation und nach der letzten Präsentation des Seminars, um mögliche Fortschritte bei der Wirkung auf Schülerinnen und Schüler aufzeigen zu können.

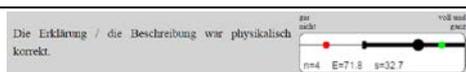
### **Ergebnisse und Diskussion**

Das Webtool steht noch in der Alphaphase, und eine Pilotierung erfolgte erst in einem kleinen Seminar. Dabei wurden 30 Lehrsituationen behandelt, 24 davon von allen Studierenden evaluiert und 6 Demonstrationsvideos von Schülerinnen und Schülern kommentiert. Die Art und Weise, wie die Studierenden die Aufgaben bearbeiteten und die Bewertung durchführten, deutet auf eine hohe Akzeptanz der Methode und dem Webtool hin. Besonders das Feedback von Schülerseite regte bei einigen Studierenden intensive Reflexionsprozesse an, wobei sie ihren eigenen Präsentationsstil offen hinterfragten und den Dozenten um konkrete Verbesserungsvorschläge baten. Besonders häufig wurden hierbei die Problembereiche des adressatengerechten Einsatzes der Fachsprache und eine Passung an die Lernvoraussetzungen angesprochen. Die Erkenntnis, dass das Schülerfeedback im Selbstevaluationsprozess von den Studierenden akzeptiert und für nützlich empfunden wird, steht dabei im Einklang mit den Erkenntnissen von Gärtner (2013).



**Abb. 1: Bewertung und Korrektur zu einem Präsentationvideo**

Die Bewertung setzt sich aus drei Bereichen zusammen. (1) Allgemeine Bewertung auf Basis theoriebasierter Beobachungskriterien (2) Allgemeine Kommentare und (3) Hinweise und Verbesserungsvorschläge die sich auf konkrete Stellen in der Aufzeichnung beziehen.



**Abb. 2: Individuelles Feedback zur Selbsteinschätzung**

Eine Gegenüberstellung der Selbsteinschätzung (grün, rechts) der Einschätzung durch die Kommilitonen (schwarz, mitte) und des Dozenten (rot, links) wird ergänzt mit Informationen über die zur Verfügung stehende Datenbasis.



**Abb. 3: Individualisiertes Feedback durch konkrete Hinweise / Verbesserungsvorschläge**

Die Studierenden erhalten ein Feedback mit Verbesserungsvorschlägen, die sich auf eine konkrete Stelle in der Videoaufzeichnung beziehen. Diese kann direkt angewählt und nochmals abgespielt werden.

### Ausblick

Die Weiterentwicklung der Präsentationskompetenz der Studierenden soll zukünftig auch in einem Expertenrating von erfahrenen Lehrkräften eingeschätzt werden. Als Hilfsmittel wird hierfür derzeit ein umfassender Kriterienkatalog entwickelt. Neben der Förderung der Präsentationskompetenz beim physikalischen Experimentieren sammeln die Studierenden in dem Seminar erste Erfahrungen mit einer interaktiven Multimediaanwendung, die sie später auch im Unterricht für Schülerpräsentationen einsetzen können. Das Seminar liefert dadurch auch gleichzeitig einen Beitrag zur Steigerung der Multimediakompetenz der künftigen Lehrkräfte.

### Hinweis

Die Konzeptentwicklung erfolgte in einem Teilprojekt von Lehre@LMU der Ludwig-Maximilians-Universität München. Das Projekt wird im Rahmen des Qualitätspakts Lehre über den Fond zur Stärkung der Praxisorientierung aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die entsprechende Lehrveranstaltung wird dabei von einer teilabgeordneten Lehrkraft betreut, die auch die enge Verknüpfung mit der Schulpraxis herstellt.

**Literaturverzeichnis**

- Gärtner, Holger (2013): Wirksamkeit von Schülerfeedback als Instrument der Selbstevaluation von Unterricht. In: J. U. Hense, S. Rädiker, W. Böttcher und T. Widmer (Hg.): Forschung über Evaluation: Bedingungen, Prozesse und Wirkungen: Waxmann Verlag GmbH, S. 107–124.
- Nitsche, Kai (2014): UNI-Klassen - Reflexion und Feedback über Unterricht in Videolabors an Schulen. Dissertation. LMU München, München. Online verfügbar unter [https://edoc.ub.uni-muenchen.de/16637/1/Nitsche\\_Kai.pdf](https://edoc.ub.uni-muenchen.de/16637/1/Nitsche_Kai.pdf), zuletzt geprüft am 09.08.2016.
- Schmidkunz, Heinz (1983): Die Gestaltung chemischer Demonstrationsexperimente nach wahrnehmungspsychologischen Erkenntnissen. In: *NiU-P/C* 31 (10), S. 360–366.
- Schmidkunz, Heinz (1992): Zur Wirkung gestaltpsychologischer Faktoren beim Aufbau und bei der Durchführung chemischer Demonstrationsexperimente. In: Karl Heinz Wiebel (Hg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Hamburg 1991: Alsbach:Leuchtturm, S. 287–295.

## **Seminare zu analytischen Methoden im Fokus der Evaluation**

### **Theoretischer Hintergrund**

Lehrevaluationen sind an Hochschulen weit verbreitet und variieren in Form, Umfang sowie der Verwendung der erhaltenen Informationen. Forschung in diesem Bereich gibt es bereits seit den 1920er Jahren. Trotzdem ranken sich viele Mythen um Lehrevaluationen, auch wenn diese teilweise bereits empirisch widerlegt werden konnten. Eine Übersicht zu solchen Mythen und entsprechenden empirischen Studien findet sich unter anderem bei Aleamoni (1999). Es gibt bereits verschiedene standardisierte Fragebogeninstrumente, die die Qualität einer Lehrveranstaltung auf verschiedenen Dimensionen messen und bereits entsprechend validiert wurden. Einer dieser Fragebögen ist das ‚Students‘ Evaluation of Educational Quality‘ (SEEQ) Instrument von Marsh (1987). Dieses misst die Qualität in den Dimensionen Lernen, Enthusiasmus, Organisation, Gruppeninteraktion, Beziehung zwischen dem Lehrenden und Studierenden, inhaltliche Breite, Prüfung, Materialien und einer Gesamteinschätzung. Teile dieses Instrumentes werden auch in der hier dargestellten Untersuchung verwendet. Bisher wurden die Erhebungsinstrumente ausschließlich zur Evaluation von universitären Lehrveranstaltungen verwendet und es konnten bereits Prädiktoren für die Qualität von universitären Lehrveranstaltungen identifiziert werden, wie zum Beispiel Interesse (Marsh, 2007) oder Kompetenzerleben (Filak & Sheldon, 2003).

Nach der universitären Ausbildung rückt insbesondere in Deutschland in letzter Zeit immer mehr die strukturierte Doktorierendenausbildung in Form von Graduiertenschulen oder -kollegs in den Blick. Es werden in diesem Zusammenhang viele Veranstaltungen mit dem Fokus auf Doktorierende neu entwickelt. Diese benötigen jedoch eine entsprechende Evaluation. Diesem Bedarf soll in der hier dargestellten Studie Rechnung getragen werden, in der ein erster Blick auf eine solche Veranstaltung geworfen wird.

### **Forschungsfrage**

Obwohl es Lehrevaluationen seit vielen Jahrzehnten gibt, ebenso wie standardisierte Fragebögen in diesem Bereich, wurden diese bisher ausschließlich im universitären Bereich eingesetzt. Der Einsatz zur Evaluation im Bereich der Doktorierendenausbildung ist bisher nicht untersucht. Daher stellt sich zunächst die Frage nach der Eignung der verwendeten Instrumente.

- Genügen die eingesetzten Testinstrumente den allgemeinen Gütekriterien für reliable und valide Messungen?

Nach Klärung der ersten Forschungsfrage rückt die Evaluation der Seminare in den Vordergrund. In diesem Bereich ergeben sich die folgenden beiden Fragestellungen:

- Wie verändert sich die Selbsteinschätzung der Doktorierenden in Bezug auf ihren Wissenstand?
- In welchem Zusammenhang stehen die erhobenen Variablen zueinander? Welche sind prädiktiv für die Gesamteinschätzung der Güte einer Seminarsitzung?

Im Rahmen dieses Beitrages werden nur die ersten beiden Fragestellungen genauer betrachtet.

### Lehrveranstaltung

Die beschriebene Studie erfolgte im Rahmen einer Lehrveranstaltung einer Graduiertenschule, deren Intention es ist, durch den interdisziplinären Ansatz in den Bereichen Forschung und Lehre innerhalb der Graduiertenschule nachhaltig zur Erneuerung der analytischen Wissenschaften beizutragen. Ziel der hier beschriebenen Veranstaltung ist es daher, einen bereiten, grundlegenden Überblick über verschiedene im Rahmen der Forschung verwendete analytische Methoden (z. B. NMR, Raman-Spektroskopie) zu geben. Die Doktorierenden gestalten in Zweiergruppen eine Seminarsitzung von 90 Minuten zu einer ihnen vertrauten Methode. Diese Seminarsitzung soll mindestens ein interaktives Element enthalten, um eine aktive Wissensverarbeitung auf Seiten der Teilnehmenden zu gewährleisten. Zum Auftakt der Veranstaltung gab es einen eintägigen Workshop rund um das Planen von Seminarsitzungen (u. a. Lernziele, Methoden). Die Planung der Seminarsitzung erfolgte durch die Doktorierenden weitestgehend selbstständig, wobei es zwei Wochen vor der Seminarsitzung einen Termin zur Vorbesprechung der Sitzung gab. Im Rahmen dieser Sitzung wurde Feedback aus fachdidaktischer Perspektive gegeben. Eine Woche vor der Veranstaltung mussten alle Seminarunterlagen vollständig vorliegen und es gab ein kurzes Feedback zur fachlichen Richtigkeit.

### Studiendesign und Forschungsmethoden

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden im Rahmen der oben beschriebenen Lehrveranstaltung zu verschiedenen Zeiten Daten durch Selbsteinschätzungsfragebögen, die ausschließlich aus Likert-Skalen bestanden, erhoben. So wurde zu Beginn der Veranstaltung der Wissensstand zu den einzelnen Methoden abgefragt. Analog wurde am Ende der gesamten Veranstaltung der Wissensstand erneut abgefragt, ebenso wie die Höhe des Lernerfolgs. Des Weiteren wurde jede Seminarsitzung (13 Stück) direkt im Anschluss von jedem Teilnehmenden eingeschätzt. Zusätzlich wurde jede Seminarsitzung von mindestens zwei Beobachtern auf einem separaten Beobachtungsbogen beurteilt. Eine Übersicht über die verwendeten Instrumente findet sich in Tabelle 1.

	Semesterbeginn	Nach jeder Seminarsitzung	Semesterende
<b>Doktorierende</b>	Aktueller Wissensstand zu den Methoden	Lernen, Enthusiasmus des Durchführenden, Organisation, Gruppeninteraktivität, Gesamtevaluation (ad. Marsh, 1987), Erfahrung mit dem Thema, Interesse und Freude, Kompetenzerleben (ad. Deci & Ryan, 2015), Mentale Anstrengung (Paas, 1992), Schwierigkeit der Seminarsitzung (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 1999), Lernzuwachs	Aktueller Wissensstand zu den Methoden, Lernzuwachs
<b>Beobachter</b>		Zielorientierung, Klarheit, Strukturiertheit, Lenkung, Motivierungsqualität, Seminarführung, Interaktive Phase, Gesamteinschätzung (ad. Helmke, 2012)	

Tab. 1: Übersicht über die zur Datenerhebung verwendeten Skalen

### Ergebnisse

Bei den im Rahmen der Evaluation durch die Doktorierenden eingesetzten Skalen handelt es sich um bereits gut erprobte Skalen aus standardisierten Erhebungsinstrumenten. Daher kann ihre Inhaltsvalidität angenommen werden. In Bezug auf die Reliabilität wurde für jede Skala in jeder der 13 Seminarsitzungen Cronbachs Alpha berechnet. Die Größe der Stichprobe schwankte über die 13 Sitzungen zwischen 28 und 36 Personen. Die genauen Werte für die einzelnen Skalen können Tabelle 2 entnommen werden. Mit Ausnahme von 5 Fällen liegen alle Werte oberhalb von .7. Es kann daher von einer ausreichenden Reliabilität ausgegangen werden.

Sitzung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Lernen	.831	.750	.844	.856	.715	.831	.813	.862	.898	.867	.827	.899	.817
Enthusiasmus	.720	.899	.788	.799	.846	.835	.782	.829	.883	.797	.858	.851	.755
Organisation	.720	.518	.654	.601	.703	.840	.725	.740	.890	.866	.816	.900	.820
Gruppeninteraktion	.647	.766	.790	.668	.749	.847	.880	.843	.909	.894	.888	.875	.741
Interesse	.883	.868	.815	.773	.832	.771	.863	.807	.916	.903	.879	.882	.866
Kompetenz-erleben	.825	.887	.818	.748	.939	.931	.853	.869	.955	.946	.949	.942	.955

Tab. 2: Übersicht über die Reliabilität (Cronbachs Alpha) der Skalen pro Sitzung

Ziel der Veranstaltung ist es, eine breite Wissensbasis im Bereich der analytischen Wissenschaften zu schaffen. Daher ist die Einschätzung der Doktorierenden in Bezug auf ihre Wissensstände zu den einzelnen Methoden vor und nach der gesamten Veranstaltung von besonderem Interesse. Insgesamt korrelieren die Wissensstände vor und nach der Veranstaltung hoch miteinander. Für 10 der 13 Sitzungen zeigt sich darüber hinaus ein signifikanter Unterschied zwischen der Schätzung des Wissensstandes vor und nach der gesamten Veranstaltung. Die Doktorierenden geben an, nach der Veranstaltung einen höheren Wissensstand in Bezug auf die verschiedenen Methoden zu besitzen als vorher.

### Zusammenfassung und Ausblick

In einer ersten Herangehensweise an Veranstaltungen im Rahmen von strukturierten Programmen zur Fortbildung von Doktorierenden parallel zur Bearbeitung ihres Dissertationsprojekts konnte gezeigt werden, dass erprobte Instrumente zur Lehrevaluation aus dem universitären Raum auch zur Betrachtung von Veranstaltungen im Rahmen der Doktorierendenausbildung genutzt werden können. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass die Doktorierenden ihren Wissensstand nach dem Besuch der beschriebenen Veranstaltung höher einschätzen als vorher. Zukünftig muss die Evaluation der einzelnen Seminarsitzungen betrachtet werden, um Prädiktoren für besonders gelungene Veranstaltungen im Rahmen der Doktorierendenausbildung identifizieren zu können, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Ergebnisse aus Schule und Hochschule ohne Weiteres übertragbar sind.

**Literatur**

- Aleamoni, L. M. (1999). Student Rating Myths Versus Research Facts from 1924 to 1998. *Journal of Personnel Evaluation in Education*, 13(2), 153–166.
- Deci, E. L.; Ryan, R. M. (2015): Intrinsic Motivation Inventory. Online verfügbar unter <http://selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/>.
- Filak, V. F., & Sheldon, K. M. (2003). Student Psychological Need Satisfaction and College Teacher-Course Evaluations. *Educational Psychology*, 23(3), 235–247. doi:10.1080/0144341032000060084
- Helmke, A. (2012): Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze-Velber: Kallmeyer in Verbindung mit Klett.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing Split-attention and Redundancy in Multimedia Instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13(4), 351–371. doi:10.1002/(SICI)1099-0720(199908)13:4<351::AID-ACP589>3.0.CO;2-6
- Marsh, H. W. (1987). Students' Evaluations of University Teaching: Research Findings, Methodological Issues, and Directions for Future Research. *International Journal of Educational Research*, 11, 253–388.
- Marsh, H. W. (2007). Students' Evaluations of University Teaching: Dimensionality, Reliability, Validity, Potential Biases and Usefulness. In R. P. Perry & J. C. Smart (Eds.), *The Scholarship of Teaching and Learning in Higher Education: An Evidence-Based Perspective* (pp. 319–383). Springer.
- Paas, F. G. 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.

Jens Klinghammer<sup>1</sup>  
 Thorid Rabe<sup>1</sup>  
 Olaf Krey<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Martin-Luther-Universität  
 Halle-Wittenberg

## Unterrichtsbezogene Orientierungen von Physik-Lehramtsstudierenden

### Ausgangspunkt

Bereits vor einiger Zeit schlussfolgert Korthagen (1993): „teachers teach the way they have been taught, and not as they have been taught to teach“ (S. 324). Im Einklang mit diesem Resümee stehen bisherige fachdidaktische Forschungsergebnisse, welche darauf hindeuten, dass sich (angehende) Physik-Lehrkräfte bei der Planung und Durchführung von Unterricht an dem zu orientieren scheinen, was sie selbst in ihrer eignen Schulzeit als Schülerinnen und Schüler erlebt haben (vgl. u. a. Fischler, 2000). Aufgrund dieser Erfahrungen aus dem selbst erlebten Fachunterricht besitzen Lehramtsstudierende bereits vor dem Studienbeginn ein konkretes Bild vom Lehren und Lernen in ihren Fächern (vgl. Gustafson & Rowell, 1995).

Im Rahmen der universitären Lehrerbildung treffen diese meist über längere Zeiträume gesammelten und daher „tief verwurzelten“ Erfahrungen dann auf theoretische Wissensbestände. Im Rahmen des strukturtheoretischen Ansatzes zur Lehrerprofessionalität wird daher die Notwendigkeit eines biografischen, reflexiven Erfahrungswissens als Teil des Lehrerwissens aufgezeigt (vgl. Helsper, 2007). Bleiben dieses Erfahrungswissen und die an den Erfahrungen entwickelten unterrichtsbezogenen Orientierungen unberücksichtigt, so ist zu vermuten, dass „die theoretische Beschäftigung und einführende Praxis während der Lehrerausbildung wirkungslos bleiben müssen“ (Baumert & Kunter, 2006, S. 506). Unter Orientierungen wird im Folgenden der „Ausdruck des impliziten Wissens und der Sinnstrukturiertheit dieses Wissens an einem spezifischen Punkt der individuellen Biographie“ verstanden (Helsper et al., 2007, S. 478).

Unter der Annahme, dass im Rahmen von einführenden Praxisphasen das theoretische Wissen aus der universitären Lehrerbildung als auch die an den Erfahrungen entwickelten unterrichtsbezogenen Orientierungen der Physik-Lehramtsstudierenden in die Planung und Durchführung von Physikunterricht einfließen, können Praxisphasen als besonders geeignete Lerngelegenheiten angesehen werden. Eine erste Möglichkeit für eigene Unterrichtserfahrungen im Rahmen des Lehramtsstudiums stellen deutschlandweit in der Regel die Schulpraktischen Studien dar (vgl. Schubarth et al., 2011). Unter fachdidaktischer Forschungsperspektive bietet dieser, für die Lehramtsstudierenden in der Regel neue und unter Umständen krisenbehaftete Erfahrungsraum, eine geeignete Möglichkeit zur Untersuchung handlungsleitender unterrichtsbezogener Orientierungen.

### Forschungsfragen

Das Ziel dieser fallbasierten Studie ist es, unterrichtsbezogene Orientierungen von Physik-Lehramtsstudierenden im Kontext der Schulpraktischen Studien zu rekonstruieren. Folgende zwei Forschungsfragen sollen beantwortet werden:

- Welche Orientierungen zum Lehren und Lernen sowie zur Rolle des Experiments im Physikunterricht lassen sich bei Lehramtsstudierenden der Physik im Kontext der Schulpraktischen Übungen rekonstruieren?
- Inwiefern lassen sich bei den Lehramtsstudierenden der Physik im Kontext der Schulpraktischen Studien Veränderungen bezüglich der unterrichtsbezogenen Orientierungen rekonstruieren?

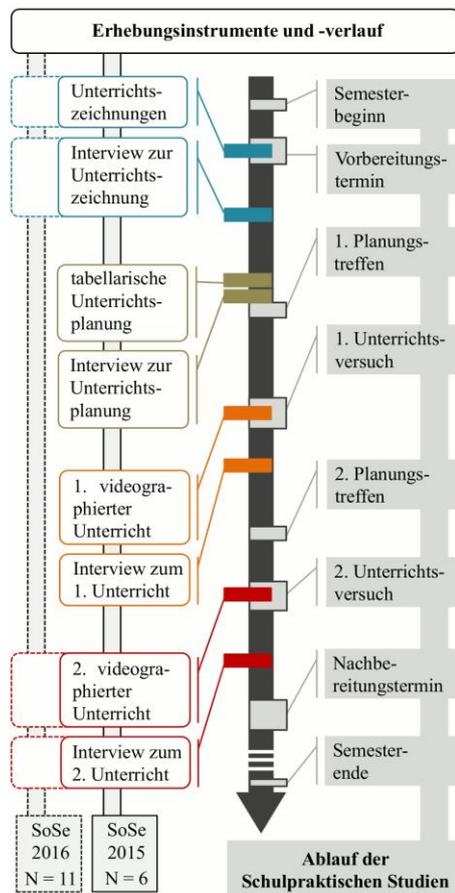


Abb. 1: Erhebungsinstrumente und -verlauf sowie der Ablauf der Schulpraktischen Studien

### Qualitative Längsschnittstudie

Die fallbasierte Studie ist längsschnittlich entlang des Verlaufs der Schulpraktischen Studien angelegt (vgl. Abb. 1).

Die Schulpraktischen Studien bestehen an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg aus einer Vorbereitungs- und Nachbereitungsveranstaltung sowie aus zwei Unterrichtsversuchen in der Schule, in denen die Physik-Lehramtsstudierenden eigenständig zwei mal 45 Minuten Physikunterricht planen und durchführen. Jeweils nach dem Unterrichtsversuch findet ein ausführliches Auswertungsgespräch statt. Zudem hospitieren die Lehramtsstudierenden den Unterricht ihrer KommilitonInnen.

Im ersten Erhebungsdurchlauf (SoSe 2015) umfasst das Studiendesign vier und im zweiten Erhebungsdurchlauf (SoSe 2016) zwei Erhebungszeitpunkte (vgl. Abb. 1). Im zweiten Durchlauf (SoSe 2016) wurden die Erhebungszeitpunkte so reduziert, dass eine möglichst lange Zeitspanne zwischen dem ersten und zweiten Erhebungszeitpunkt liegt.

### Stichprobe

Die Stichprobe des ersten Erhebungsdurchlauf (SoSe 2015) umfasst sechs, die des zweiten Erhebungsdurchlaufs (SoSe 2016) elf Studierende (vgl. Abb. 1). Alle Studienteilnehmer absolvieren ein Physik-Lehramtsstudium an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Lehramt Sekundarschule und Gymnasium).

### Narrative Interviews

Es wurden zu jedem Erhebungszeitpunkt leitfadengestützte Interviews mit narrativen Passagen geführt. In den jeweils ca. einstündigen Interviews wurden in Anlehnung an fokussierte Interviewformen Unterrichtszeichnungen, verschriftlichte Unterrichtsplanungen und videografierte Unterrichtsausschnitte der Studierenden als Interviewstimuli verwendet (vgl. Abb. 1). Der Aufbau der Interviews strukturiert sich nach dem Prinzip „vom Offenen zum Strukturierenden“ (Kruse, 2015, S. 214). Durch den offenen Grundreiz als Eröffnung eines Themenfeldes wird der Interviewte dazu angeregt, „seine eigenen Erlebnisse als Geschichte zu erzählen“ (Glinka, 2016, S. 11). Insbesondere diese detaillierten Erzählungen ermöglichen die Rekonstruktion handlungsleitender Orientierungen (vgl. Rosenthal, 2015). Zugunsten eines Einblicks in das Datenmaterial wird an dieser Stelle auf eine genauere Beschreibung der Stimuli sowie der Interviewinhalte verzichtet und auf den letztjährigen Tagungsbeitrag verwiesen (vgl. Klinghammer, Rabe & Krey, 2016).

### Rekonstruktiver Zugang

Zur Interpretation und Analyse wird die dokumentarische Methode als rekonstruktives Auswertungsverfahren angewandt. Sie ermöglicht den „Zugang nicht nur zum reflexiven oder theoretischen, sondern auch zum handlungsleitenden Wissen der Akteure und somit zur Handlungspraxis“ (Bohnsack, Marotzki & Meuser, 2006, S. 40). Dazu wird in einem ersten Analyseschritt, der formulierenden Interpretation, der immanente Sinngehalt des Gesagten herausgearbeitet (vgl. Bohnsack, 2014). Das, *was* gesagt wird, ist von Interesse. In einem zweiten Schritt, der reflektierende Interpretation, wird der dokumentarische Sinngehalt, also *wie* etwas gesagt wird, analysiert (vgl. Nohl, 2012). Dabei wird untersucht, in welchem Rahmen ein Thema behandelt wird, also welche Orientierungen bzw. welche Orientierungsrahmen sich rekonstruieren lassen (vgl. Bohnsack, Marotzki & Meuser, 2006).

### Einblick in das Datenmaterial und Ausblick

Im Rahmen des Beitrags kann keine detaillierte und nachvollziehbare dokumentarische Interpretation dargestellt werden. Jedoch sollen ein Einblick in das Datenmaterial ermöglicht sowie erste Schritte der Interpretation verdeutlicht werden. Der Transkriptausschnitt ist dem ersten Erhebungszeitpunkt zuzuordnen (vgl. Abb. 1). Während des Vorbereitungsstermins wurden die Studierenden gebeten, sich selbst als Physik-Lehrperson in einer Unterrichtssituation zu zeichnen. Im dem darauffolgenden Interview berichtet *Simon* von seinem in der eigenen Schulzeit erlebten Physik-Unterricht und erzählt im Anschluss, was ihm durch den Kopf gegangen ist, als er die Unterrichtszeichnung erstellt hat (vgl. Abb. 2).

Im Rahmen der formulierenden Interpretation (*was*-Ebene) kann herausgearbeitet werden, dass *Simon* als Lehrperson in der Zeichnung die SchülerInnen nach vorn geholt hat, damit diese eine bessere Sicht haben und damit er als Lehrkraft nicht so „unpersönlich“ vorn steht und die SchülerInnen mit einbezieht.

Als Hilfskonstruktion lohnt es sich in einem Zwischenschritt die sprachliche Ebene genauer zu betrachten. Auf der Ebene der SchülerInnen wird „rangeholt“ und „sehen“ verwendet, wohingegen auf der Ebene der Lehrperson von „vorn steht“, „durchzieht“ und „einbezieht“ gesprochen wird. Die Verwendung der Verben kann dahingehend interpretiert werden, dass die Lehrkraft eine deutlich aktivere Rolle als die SchülerInnen einnimmt. Führt man die Interpretation fort,

so kann in dem zweiten Schritt durch die reflektierende Interpretation (*wie*-Ebene) herausgearbeitet werden, dass in dem Ausschnitt ein Lehrer-Schüler-Verhältnis verhandelt wird. Es scheint eine natürliche Distanz zwischen SchülerInnen und Lehrkraft zu geben: „die werden erstmal rangeholt“. Ebenfalls ein Signal für die Thematisierung von Nähe und Distanz stellt das „unpersönlich“ der Lehrkraft dar. Interessant unter dieser Perspektive ist, dass die SchülerInnen an die Lehrkraft „rangeholt“ werden, nicht andersherum. An dieser Stelle soll auf die Weiterführung der Interpretation verzichtet werden. Der kurze Ausschnitt soll lediglich ansatzweise darstellen, dass die räumliche Metaphorik genutzt werden kann, um das Lehrer-Schüler-Verhältnis im Physikunterricht zu rekonstruieren.

Vorausblickend stellt sich hinsichtlich des längsschnittlichen Designs die methodische Frage, ob sich im Kontext der Schulpraktischen Studien anhand der dokumentarischen Methode Veränderungen bezüglich der Orientierungen rekonstruieren lassen. Dies wird davon abhängen, ob die relativ kurze, aber fachdidaktisch eng betreute Praxisphase ausreichend Gelegenheit zur Krise und Bewährung für die Prozesse der Transformation des individuellen Orientierungsrahmens bietet (vgl. Helsper, Kramer & Thiersch, 2013).

„(...) Äh war halt, dass er die Schüler erstmal rangeholt hat, damit die's besser sehen, zweitens äh, dass der Lehrer hier nicht so \* unpersönlich sozusagen einfach nur da vorne steht und seinen Unterricht durchzieht, sondern dass er die Schüler halt mit einbezieht \* äh was passiert, was sieht man hier überhaupt“ [00:34:53]

Abb. 2: Transkriptausschnitt von *Simon* („\*“ stellt eine kurze Pause dar)

**Literatur**

- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 469-520
- Bohnsack, R. (2014). *Rekonstruktive Sozialforschung*. Opladen u. Toronto: Verlag Barbara Budrich
- Bohnsack, R., Marotzki, W., & Meuser M. (2006). *Hauptbegriffe Qualitativer Sozialforschung*. Opladen u. Farmington Hills: Verlag Barbara Budrich
- 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. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 6, 27-36
- Glinka, H.-J. (2016). *Das narrative Interview*. Weinheim u. Basel: Beltz Juventa
- 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
- Helsper, W. (2007). Eine Antwort auf Jürgen Baumerts und Mareike Kunters Kritik am strukturtheoretischen Professionsansatz. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 10 (4), 567-579
- Helsper, W., Kramer, R.-T., Brademann, S., & Ziems, C. (2007). Der individuelle Orientierungsrahmen von Kindern und der Übergang in die Sekundarstufe. Erste Ergebnisse eines qualitativen Längsschnitts. *Zeitschrift für Pädagogik*, 53 (4), 477-490
- Helsper, W., Kramer, R.-T., & Thiersch, S. (2013). Orientierungsrahmen zwischen Kollektivität und Individualität - ontogenetische und transformationsbezogene Anfragen an die dokumentarische Methode. In P. Loos, A.-M. Nohl, A. Przyborski & B. Schäffer (Hrsg.), *Dokumentarische Methode. Grundlagen - Entwicklungen - Anwendungen*. Opladen, Berlin u. Toronto: Verlag Barbara Budrich, 111-140
- Klinghammer, J., Rabe, T., & Krey, O. (2016). *Vorstellungsveränderungen durch erste Unterrichtserfahrungen?* In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015, Universität Regensburg, 539-541
- Korthagen, F. A. J. (1993). Two modes of reflection. *Teacher & Teacher Education*, 9 (3), 317-326
- Kruse, J. (2015). *Qualitative Interviewforschung*. Weinheim u. Basel: Beltz Juventa
- Nohl, A.-M. (2012). *Interview und dokumentarische Methode*. Wiesbaden: Springer VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Rosenthal, G. (2015). *Interpretative Sozialforschung*. Weinheim u. Basel: Beltz Juventa
- Schubarth, W., Speck, K., Seidel, A., Kamm, C., Kleinfeld, M., & Sarrar, L. (2011). Evidenzbasierte Professionalisierung der Praxisphasen in außeruniversitären Lernorten: Erste Ergebnisse des Forschungsprojektes ProPrax. In W. Schubarth, K. Speck & A. Seidel (Hrsg.), *Nach Bologna: Praktikum im Studium – Pflicht oder Kür?*. Potsdam: Universitätsverlag Potsdam, 79-212

## Die Studieneingangsphase forschend gestalten - Resümee und Ausblick

### Ausgangslage und Zielsetzung

Studierende der Physik haben Schwierigkeiten beim Übergang von der Schule zur Hochschule. Eine Folge davon sind trotz der Betrachtung sogenannter Parkstudierender überdurchschnittlich hohe Schwundquoten im ersten Studienjahr (vgl. Heublein et al., 2014; Matzdorf und Düchs, 2014). In den letzten Jahren wurden verstärkt Studien zu Gründen und Prädiktoren sowohl zu Studienabbruch als auch zu Studienerfolg durchgeführt bzw. begonnen (Albrecht, 2011; Heublein et al. 2012; Forschergruppe ALSTER u.a. Sumfleth & Leutner 2016; Neumann et al., 2016; Schild & Nordmeier, 2016, Buschhüter, Spoden & Borowski, 2016). Diese konnten bislang sowohl kognitive als auch affektive Faktoren für Studien(miss)erfolg ermitteln, z.B. zu hohe Leistungsanforderungen oder mangelhafte Betreuung und Unterstützung während der Studieneingangsphase (Albrecht, 2011; Heublein et al. 2014). Neben dieser Breite an detaillierter Abbruchforschung gibt es zurzeit nur wenige Studien, die Interventionen zur Erhöhung des Studienerfolgs in Physik entwickeln und erproben (u.a. Pusch, 2014). Das hier vorgestellte Projekt *Physiktreff* soll einen Beitrag dazu leisten, ein Maßnahmenpaket zur Unterstützung der Studieneingangsphase Physik an der Universität Paderborn zu implementieren, zu evaluieren und zu erforschen.

### Theoretische Entwicklungen

Um die einzelnen Maßnahmen vor dem Hintergrund einer prozessorientierten Betrachtung des Lernens und der Integration in eine Fachkultur in der Studieneingangsphase als metakognitive Reflexionsprozesse einzuordnen, wurde ein theoretisches Modell auf der Grundlage von Integrations-, Krisen- und Lerntheorien entwickelt (Tinto, 1975; Hopson & Adams, 1976; Heckhausen & Heckhausen, 2009; Albrecht, 2011; Wild & Esdar, 2014; Holmegaard et al. 2014). Die Modellentwicklung ging von den Erkenntnissen der typenbildenden Inhaltsanalyse (Haak & Reinhold, 2016) aus, die durch eine vertiefende Einzelfallanalyse erweitert wurde, und fasst somit die wesentlichen Forschungsergebnisse des hier vorgestellten Projektes zusammen.

Das Modell beschreibt Lernprozesse auf einer kognitiven sowie Reflexions- und Anpassungsprozesse auf einer metakognitiven Ebene als sich gegenseitig bedingende Zyklen (siehe Abb. 1). Mit diesem Modell wurden empirisch erhobene Studien(miss)erfolgskriterien eingeordnet, um die Wirkung der Maßnahmen zu erklären.

### Methodik und Untersuchungsdesign

Um eine evidenzbasierte Maßnahmenentwicklung zu gewährleisten, wurde ein Design-Based-Research-Ansatz mit zwei Zyklen verfolgt (vgl. The Design-Based Research Collective, 2003). In einer Vorphase wurden auf der Grundlage einer ersten Bedarfserhebung erste Maßnahmenprototypen entwickelt und evaluiert. In der Pilotphase (Zyklus 1) wurden die Maßnahmen Peer-Tutorien (Cognitive-Apprenticeship-Ansatz nach Collins, Brown & Newman, 1989), Workshops zum effektiven Aufgabearbeiten, Lernbegleitung (Prinzip der minimalen Hilfe nach Zech, 1995), Selbstlernmaterial (worked-out Examples nach Renkl, 1997) und ein Lernraum eingeführt und evaluiert. Die Wirkung dieser Maßnahmen wurde mit mixed Methods untersucht: In einer Vollerhebung aller Studienanfänger wurden im ersten Zyklus mit einem Papier-und-Bleistift-Fragebogen (nach Albrecht, 2011; Thiel et al., 2008) *Eingangs- und Lernvoraussetzungen*, das *Studier- und Lernverhalten*, *Kontextbedingungen* sowie der *Studienerfolg* am Anfang (t1) und Ende des

WS 13/14 (t2), sowie nach einem Jahr im WS 14/15 (t3) erhoben. Während des WS 13/14 wurden leitfadengestützte Interviews (nach Helfferich, 2011) mit einer Substichprobe durchgeführt und mit einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2014) ausgewertet. Diese Pilotergebnisse wurden genutzt, um sowohl die Maßnahmen als auch die Erhebungsinstrumente anzupassen. Mit den verbesserten Instrumenten wurde ab dem WS 14/15 die Hauptuntersuchung (2. Zyklus) analog zum 1. Zyklus durchgeführt. Die qualitative Inhaltsanalyse wurde allerdings noch um eine typenbildende Inhaltsanalyse (nach Kuckartz, 2014) erweitert (Haak & Reinhold, 2016).

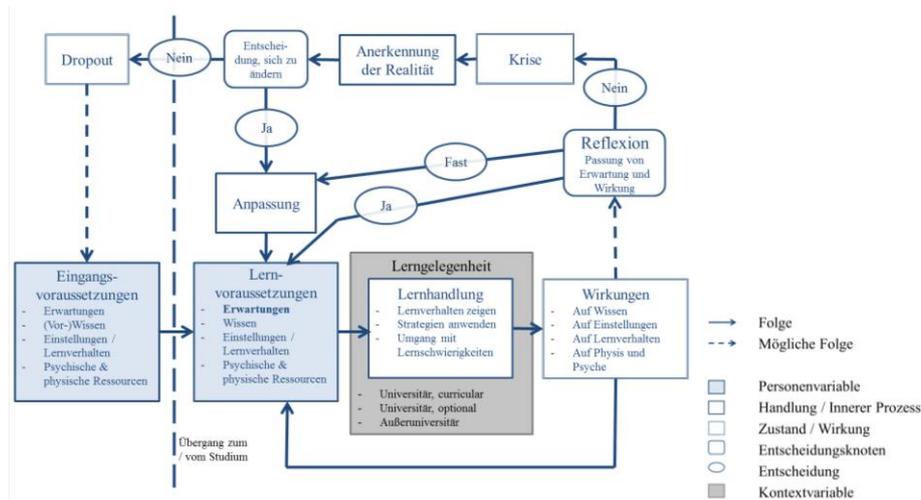


Abb. 1: Modell zur Erklärung von Lernen und Integration in der Studieneingangsphase

### Zusammenfassung der Ergebnisse

Um die Wirkung des gesamten Maßnahmenpaktes zu untersuchen, wurden die mit dem Fragebogen nach Albrecht (2011) und Thiel et al. (2008) befragten Studienanfänger des Vollfachs und des Lehramts Physik in Nicht-Nutzer (keine Maßnahme besucht), Wenig-Nutzer (1-2 Maßnahmen besucht) und Intensivnutzer (mindestens 3 Maßnahmen besucht) unterteilt. Mit dieser Unterteilung ergaben sich bei den *Eingangsvoraussetzungen* sowie im *Studier- und Lernverhalten* keine signifikanten Unterschiede. Die qualitative Inhaltsanalyse ergab jedoch, dass Nicht-Nutzer häufiger oberflächenorientierte Lernstrategien verwenden als Wenig- und insbesondere Intensiv-Nutzer. Die Analyse weiterer Faktoren ergab, dass je nach Nutzungsintensität die Probanden eine stärkere soziale Integration aufwiesen (IN:  $soz_{Post} = 3,2 \pm 0,6$ ,  $soz_{FU} = 3,6 \pm 0,2$ ; WN:  $soz_{Post} = 2,8 \pm 0,2$ ,  $soz_{FU} = 3,0 \pm 0,7$ , NN:  $soz_{Post} = 3,5 \pm 0,0$ ,  $soz_{FU} = 2,9 \pm 0,3$ ), welches sich auch in der Zusammensetzung des Freundeskreises - Intensivnutzer haben mehr „Physikerfreunde“ - niederschlägt.

Die bereits in Haak & Reinhold (2016) beschriebene typenbildende Inhaltsanalyse wurde mithilfe der quantitativen Teilstudie in einer vertiefenden Einzelfallinterpretation mit Idealtypenbildung ausdifferenziert. Das Resultat, nämlich sechs Nutzungstypen, ist in Tabelle 1 dargestellt. Weiterhin wird bei den Nutzern beschrieben, welche Maßnahmen, falls nachweisbar, welche Wirkungen hatten. Darüber hinaus werden Bedarfe der einzelnen Typen formuliert.

Merkmalsraum	Nutzer N	Nicht-Nutzer NN
<b>Krise</b>	<b>Typ I - Die Krisennutzerinnen</b> Hauptsächlich Frauen Ausschließlich Monobachelor Physik Nutzt Mathe-Tutorium zum Überwinden der Krise und bei nachfolgenden Anpassungsprozessen Bedarf entspricht den Maßnahmen	<b>Typ II - Die überforderten Gelähmten</b> Alle Studiengänge, hauptsächlich Frauen Studienberatung und ggf. psychosoziale Beratung notwendig (nicht Aufgabe des <i>Physiktreffs</i> )
<b>Pragmatismus</b>	<b>Typ IIIa - Die zielstrebigem Überflieger</b> Hauptsächlich Männer Monobachelor Physik Keine Probleme im Studium → Nutzt Workshops oder Tutorium zur Bestätigung der Erwartungs-Wirkungs-Passung. Bedarf entspricht den angebotenen Maßnahmen  <b>Typ IIIb – Die zielstrebigem Überforderten</b> Hauptsächlich Männer Monobachelor Physik Probleme im Studium → Lernbegleitung zu Semesterende zur Anpassung genutzt Bedarf nach früherer Reflexion	<b>Typ IV - Die auf Mathe fokussierten</b> Ausschließlich LA GyGe Bedarf nach angepassten Lehrveranstaltungen in Physik, Bedarf kann teilweise über Maßnahmen in Mathematik gedeckt werden
<b>Externe Gründe</b>	<b>Typ V - Die unselbstständigen Nutzer</b> Ausschließlich Männer Monobachelor Physik Treff auf Rat / Hinweis von anderen genutzt, keine Wirkung nachweisbar Bedarf nach intensiver Betreuung bei Maßnahmen, um extrinsische in intrinsische Motivation zu überführen	

Tab. 1: Überblick über die Nutzungstypen und deren Unterstützungsbedarfe

### Abschließende Reflexion der Maßnahmenimplementation

Insgesamt wurden fast alle Maßnahmen (bis auf freiwillige Selbsteinschätzungstests) gut etabliert. Der Implementationsprozess hat insgesamt etwa 2-3 Jahre gedauert.

Es hat sich gezeigt, dass Maßnahmen, die einen unmittelbaren Nutzen die Bewältigung universitärer Lernanforderungen haben, bevorzugt werden. Außerdem ist nach der Analyse der verschiedenen Nutzungstypen eine Bedingung für die Wirksamkeit von Maßnahmen nicht nur die regelmäßige, sondern auch deren freiwillige Nutzung. Insgesamt konnten unterschiedliche Bedarfe der einzelnen Typen identifiziert werden. Diese können nur gut durch ein vielfältiges, adressatengerechtes Maßnahmenpaket abgedeckt werden.

### Ausblick

Mit den in diesem Artikel dargestellten Ergebnissen ist die erste Förderphase des Qualitätspakt-Lehre-Projektes *Physiktreff* beendet. In der zweiten Förderphase werden die Maßnahmen des *Physiktreffs* weiter fortgeführt. Darüber hinaus sollen curriculare Veränderungen vorgenommen werden, um die Studieneingangsphase zu erleichtern. Dieses beinhaltet auch die Vermittlung von selbstregulativen und -reflexiven Kompetenzen, zunächst mit Fokus auf die Mathematikmodule der Vollfachstudierenden und die Übungen für Lehramtsstudierende in der Experimentalphysik. Die Implementation ist wieder mit einem Design-based-Research-Ansatz geplant, es sollen wieder mixed Methods mit dem Schwerpunkt auf qualitativen Erhebungsmethoden verwendet werden.

**Literatur**

- Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Berlin 2011. Verfügbar unter: [edocs.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS\\_derivate\\_000000010456/Dissertation\\_Druckversion\\_Andre\\_Albrecht\\_UB.pdf?hosts=](http://edocs.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000010456/Dissertation_Druckversion_Andre_Albrecht_UB.pdf?hosts=) (11.07.2014)
- Buschhüter, D., Spoden, C., & Borowski, A. (2016). Prognose von Studienerfolg zu Beginn des Physikstudiums. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Universität Regensburg, 83-85
- Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Hrsg.), *Knowing, learning, and instruction. Essays in honor*
- Haak, I., & Reinhold, P. (2016). Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Universität Regensburg, 89-91
- Haak, I. (2016). Was macht eine gute Physikübung aus? Ein Vergleich von Vorstellungen zum physikalischen Übungsbetrieb. *die hochschullehre*, 2. Reihe Lehr- und Lernpraxis im Fokus. Verfügbar unter [www.hochschullehre.org/?dl\\_id=77](http://www.hochschullehre.org/?dl_id=77)
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2012). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010. *HIS:Forum Hochschule* (3)
- Heublein, U. et al. (2014). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2012. In: *Forum Hochschule* (4). Verfügbar: [www.dzhw.eu/pdf/pub\\_fh/fh-201404.pdf](http://www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-201404.pdf), (29.09.2015)
- Kuckartz, U. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim und Basel. Beltz Juventa
- Matzdorf, R., & Düchs, G. (2014). Stabilisierung auf hohem Niveau – Statistiken zum Physikstudium an Universitäten in Deutschland 2014. In *PhysikJournal* 13 (8/9), 23-28.
- Neumann, I., Sorge, S., Jeschke, C., Heinze, A., & Neumann, K. (2016). Zur Academic Buoyancy von Physikstudierenden. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Universität Regensburg, 86-88
- Renkl, A. (1997). Learning from worked-out examples: A study on individual differences. *Cognitive Science*, 21 (1), 1-29. Verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0364021399800172> (24.09.2013)
- Schild, N., Nordmeier, V., & Rehfeldt, D. (2016). Nicht-kognitive Prädiktoren für den Studienerfolg im Lehramt und im Fach Physik. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Universität Regensburg, 80-83
- Sumfleth, E., & Leutner, D. (2016). Akademisches Lernen und Studienerfolg (FG-ALSTER). In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik* (S. 379-381). Universität Regensburg.
- The Design-Based Research Collective (2003). An Emerging Paradigm for Educational Enquiry. In *Educational Researcher* 32 (2003), 5-8.
- Thiel, F., Veit, S.; Blüthmann, I., Lepa, S., & Ficzkow, M. (2008). Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der Freien Universität Berlin - Sommersemester 2008. Verfügbar: [www.fu-berlin.de/universitaet/entwicklung/qualitaetsmanagement/bachelorbefragung/bachelorbefragung-2008.pdf](http://www.fu-berlin.de/universitaet/entwicklung/qualitaetsmanagement/bachelorbefragung/bachelorbefragung-2008.pdf) (11.07.2014)
- Zech, F. (1995). *Mathematik erklären und verstehen* (2. Aufl.). Berlin: Cornelsen

### **Angebot und Nutzung formativen Assessments in Chemie und Physik**

Formatives Assessment und die dazugehörigen Rückmeldungen gelten als positive Einflussfaktoren für den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern (Black & Wiliam, 1998; Hattie & Timperley, 2007). Im Gegensatz zum summativen Assessment, das vorrangig dazu dient, den Lernstand zu einem definierten Zeitpunkt zu überprüfen, stellt das formative Assessment die individuelle Förderung von Schülerinnen und Schülern während des Lernprozesses in den Mittelpunkt. Über eine genaue Definition des formativen Assessments herrscht in der Literatur bis heute Uneinigkeit (Benett, 2011). Nichtsdestotrotz weisen formative Assessment-Ansätze einheitliche Charakteristika auf: Formatives Assessment ist ein integraler Anteil des Unterrichtens und Lernens (Bell & Cowie, 2001; Birenbaum et al., 2006), es bindet die Schülerinnen und Schüler aktiv in den Assessmentprozess ein (z. B. durch Peer- oder Self-Assessment) und es hat zum Ziel, die Stärken und Schwächen der Schülerinnen und Schüler zu identifizieren und individuelle Rückmeldungen zum Erreichen der angestrebten Lernziele zu geben (Black & Wiliam, 1998; Looney, 2011; Wilson & Sloane, 2000). Dabei sind aus Schülersicht drei Aspekte von Bedeutung (Sadler, 1998):

- das Formulieren von Kompetenzerwartungen,
- die Diagnose des aktuellen Kompetenzstandes und
- das Aufzeigen von nächsten Lernschritten.

Um dies zu realisieren, müssen zunächst Informationen zum Lernstand anhand von Diagnosemethoden erhoben und mittels Bewertungsschemata ausgewertet werden. Abschließend müssen die Informationen den Schülerinnen und Schülern im Sinne eines elaborierten Feedbacks rückgemeldet werden (Harlen, 2005). Damit Rückmeldungen lernwirksam sind, müssen sie verschiedene, sowohl inhaltliche als auch strukturelle Kriterien erfüllen. Letztere umfassen beispielsweise den Zeitpunkt und Umfang, den Tonfall, die Konkretheit und Klarheit der Kriterien; inhaltlich von Bedeutung sind ein Fokus auf Arbeitsergebnissen und -prozessen sowie eine individuelle Referenznorm (Brookhart, 2008).

Die Rückmeldung erfolgt jedoch nicht nur einseitig in Richtung der Schülerinnen und Schüler. Formatives Assessment liefert auch der Lehrkraft wichtige Informationen zum Lernstand und eventuellen Lernschwierigkeiten und damit zur Planung ihres weiteren Unterrichts. Formatives Assessment kann somit als ein iterativer Prozess beschrieben werden, der in Abbildung 1 dargestellt ist (vgl. Maier, 2015; Ropohl, Scheuermann & Rönnebeck, 2015).

Im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts wurde formatives Assessment bisher eher wenig untersucht. Insbesondere gibt es kaum Untersuchungen zu den Kompetenzen von Lehrkräften bezüglich formativen Assessments. Auch ist strittig, welche Methoden formativen Assessments den Wissenserwerb auf Seiten der Lernenden begünstigen. Beide Aspekte – Qualität und Wirkung formativen Assessments – wurden im Rahmen der Beiträge dieses Symposiums aufgegriffen. Der erste Beitrag fokussiert dabei auf erfahrene Lehrkräfte der Primar- und Sekundarstufe und untersucht, wie diese Lehrkräfte schriftliche Rückmeldungen in den Unterricht einbetten. Im zweiten Beitrag hingegen stehen angehende Lehrkräfte im Zentrum der Untersuchung. Es wird analysiert, inwieweit

Lehramtsstudierende im Fach Chemie Experimentplanungen von Schülerinnen und Schülern bewerten und schriftliche Rückmeldungen zu nächsten Lernschritten geben können. Beide Beiträge fokussieren damit auf das formative Assessment als Teil des Unterrichtsangebots und geben in ihrem Ausblick Implikationen für die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften. Der dritte Beitrag hingegen fokussiert auf den Wissenserwerb von Schülerinnen und Schülern durch formatives Assessment. Er berichtet von der Entwicklung und Nutzung von Werkzeugen für das formative Assessment im Physikunterricht sowie von deren Wirkung auf den Lernerfolg.

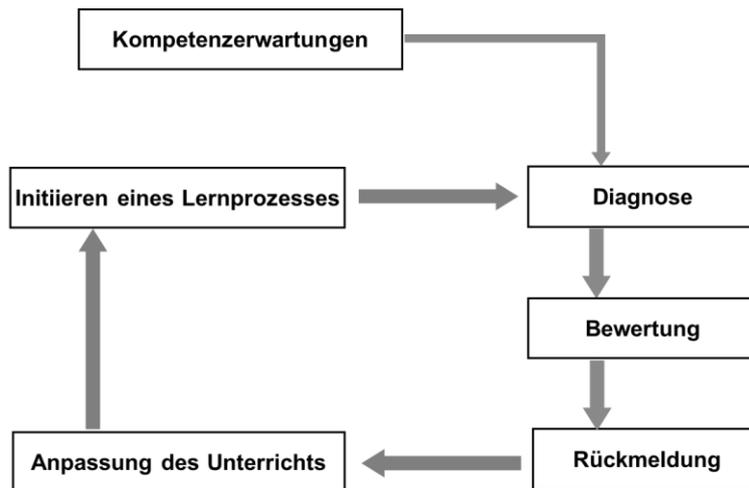


Abbildung 1: Schritte im Kreislauf des formativen Assessments.

#### Literatur

- Bell, B., & Cowie, B. (2001). The characteristics of formative assessment in science education. *Science Education*, 85(5), 536–553
- Bennett, R. E. (2011). Formative assessment: a critical review. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 18(1), 5–25.
- Birenbaum, M., Breuer, K., Cascallar, E., Dochy, F., Dori, Y., Ridgway, J., Wiesemes, R. (Ed.), & Nickmans, G. (2006). A learning integrated assessment system. *Educational Research Review*, 1, 61–67.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7–74.
- Brookhart, S. (2008). *How to give effective feedback to your students*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Harlen, W. (2005). Teachers' summative practices and assessment for learning – tensions and synergies. *Curriculum Journal*, 16(2), 207–223.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112.
- Looney, J. W. (2011). *Integrating Formative and Summative Assessment: Progress Toward a Seamless System?* OECD Education Working Papers No. 58. Paris: OECD.
- Maier, U. (2015). *Leistungsdiagnostik in Schule und Unterricht. Schülerleistungen messen, bewerten und fördern*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Ropohl, M., Scheuermann, H. & Rönnebeck, S. (2015). Diagnostizieren und Bewerten mit dem Forscherbogen: Formative Diagnose beim forschenden Lernen. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie* 26(149), 40–44.
- Sadler, D. R. (1998). Formative Assessment: revisiting the territory. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 77–84
- Wilson, M., & Sloane, K. (2000). From Principles to Practice: An Embedded Assessment System. *Applied Measurement in Education*, 13(2), 181–208

Regula Grob<sup>1</sup>  
 Monika Holmeier<sup>1</sup>  
 Heli Schaffter<sup>1</sup>  
 Peter Labudde<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule  
 Nordwestschweiz

## **Diagnose und Feedback durch die Lehrperson im Rahmen „formativen Assessments“ – am Beispiel von schriftlicher Beurteilung**

### **Einleitung und Fragestellung**

„Formative assessment“ ist eine Beurteilung der Schülerleistung mit dem Ziel, das weitere Lernen der Schülerinnen und Schüler (SuS) zu planen. Entsprechend wird auch der Begriff „assessment for learning“ verwendet. Zwei wichtige Bestandteile von „formative assessment“ sind Diagnose und Feedback. Im Kontext schüler-orientierter Unterrichtsformen, wie beispielsweise dem forschend-entdeckenden Lernen, geht es bei der Diagnose um das Suchen und Interpretieren von Anhaltspunkten zum Lernstand der SuS, um daraus nächste Arbeitsschritte abzuleiten (Assessment Reform Group ARG, 2002). Feedback wiederum ist die Rückmeldung an die SuS mit dem Ziel, die entsprechenden Arbeitsschritte zu planen und damit das Erreichen eines bestimmten Lernziels zu gewährleisten (Cizek, 2010). Sowohl Diagnose als auch Feedback können auf unterschiedliche Arten erfolgen: Beispielsweise mündlich, schriftlich, durch die Mitschülerinnen und Mitschüler oder durch die Lehrperson (LP). Im Weiteren wird sich dieser Artikel auf schriftliche Rückmeldungen durch die LP konzentrieren.

Gemäß mehreren Metastudien hat „formative assessment“ einen positiven Effekt auf die Schülerleistung. Aus diesem Grund gibt es bildungspolitische Bestrebungen zu einer stärkeren Gewichtung von „formative assessment“, so beispielsweise auf nationaler Ebene durch den Lehrplan 21 (D-EDK, 2014), aber auch international durch die OECD (OECD, 2005; 2013). Allerdings bringen diese Bestrebungen allein noch keine veränderte Unterrichts- und Beurteilungspraxis in den Schulen: Der Erfolg von „formative assessment“ hängt stark von den Strategien und Fähigkeiten der einzelnen LP ab (Bell & Cowie, 2001; Heritage, 2010; Herman et al., 2010; Ruiz-Primo et al., 2010). Eine erfolgreiche Implementierung von „formative assessment“ kann nur bei Unterstützung der LP stattfinden (Black & Wiliam, 1998; OECD, 2013; Stiggins et al., 1989).

Um sinnvolle Unterstützungsmaßnahmen planen zu können, ist es nötig zu klären, wie „formative assessment“ im Kontext einer bestimmten Unterrichtsform aussehen soll. In diesem Artikel wird entsprechend untersucht, wie schriftliche Beurteilungen durch die LP beim forschend-entdeckenden Lernen eingesetzt werden. Daraus werden Umsetzungsmöglichkeiten von „formative assessment“ abgeleitet, welche im forschend-entdeckenden Unterrichtskontext realisierbar erscheinen.

Die Fragestellungen im Artikel sind entsprechend zur Diagnose: (1) Welche Kompetenzen werden beurteilt und (2) Auf welchen Daten beruht die Beurteilung; zum Feedback (3) Wie wird das schriftliche Feedback genutzt.

### **Erhebungskontext und Datenanalyse**

Eine Gruppe aus neun LPs der Primarstufe und 11 LPs der Sekundarstufe II arbeiteten während drei Semester im Rahmen des EU-Projekts ASSIST-ME mit: Pro Semester wählten sie eine Form von „formative assessment“ aus einer Vorauswahl aus und erprobten diese in ihrem forschend-entdeckenden Unterricht. Sie dokumentierten diese Fälle mit schriftlichen

Lektionsabläufen, Unterrichtsmaterial wie Arbeitsblättern, mündlichen Beschreibungen im Rahmen von Gruppendiskussionen und teilweise im Rahmen von Einzelinterviews.

Die 60 Fälle (20 LPs \* 3 Semester) wurden gemäß vier Kriterien klassiert:

- Stattfinden einer Erprobung;
- Ausreichende Dokumentierung der Erprobung;
- Erprobung im Rahmen von forschend-entdeckendem Lernen  
Indikatoren: Schülerorientierte Natur der Unterrichtseinheit; Offenheit der Aufgabenstellung; Beurteilung von Kompetenzen, welche mit forschend-entdeckendem Lernen assoziiert werden;
- Erprobung einer Form „formativen assessments“  
Indikatoren: Klarheit der Erwartungen; Diagnose des Lernstandes der SuS auf der Basis von Daten; Kommunikation der Resultate aus der Diagnose in Form eines individuellen Feedbacks an die SuS; Möglichkeit zur Nutzung des Feedbacks; und Zuordenbarkeit der Aktivität zu einer im Projekt erprobten Form.

Aus der oben erwähnten Klassierung resultierten 39 Fälle, welche alle Kriterien erfüllten. Davon wurden in 16 Fällen schriftliche Rückmeldungen der LP erprobt, auf deren Basis die Fragen beantwortet werden.

### **Resultate**

Für *Frage 1: Welche Kompetenzen wurden beurteilt?* wurden die fachspezifischen Kompetenzen, welche in den Erprobungen beurteilt wurden, gemäß dem Schema von Bell et al. (2010) codiert. Die resultierende Verteilung findet sich in Abbildung 1. Daraus wird ersichtlich, dass der Fokus auf Primarstufe auf dem Durchführen von Untersuchungen und Experimenten sowie auf dem Dokumentieren und Kommunizieren lag. Auf Sekundarstufe II wurden fast alle Kompetenzen nach Bell et al. (2010) mindestens einmal erprobt. Der Fokus lag auf dem Planen und dem Durchführen von Untersuchungen und Experimenten, weiter auf dem Analysieren von Resultaten und auf dem Dokumentieren und Kommunizieren. Insgesamt wurden auf Sekundarstufe II deutlich mehr Kompetenzen beurteilt (23) als auf Primarstufe (14). Bei der Analyse der Anzahl beurteilter Kompetenzen pro Erprobung wird ersichtlich, dass in den meisten Erprobungen auf Primarstufe 1 oder 2 Kompetenzen beurteilt wurden. Auf Sekundarstufe II gab es zwei Peaks: Neben der Häufung um 1 oder 2 Kompetenzen gab es eine zweite Häufung bei 4, 5, und 6 Kompetenzen pro Erprobung. Diese zweite Häufung kam beim „formative assessment“ im Rahmen von Maturaarbeiten zu Stande.

Vier Typen von Datengrundlagen wurden bei *Frage 2: Auf welchen Daten beruhte die Beurteilung?* unterschieden: Beobachtung, mündlicher Beitrag, Modell / Artefakt, und schriftlicher Beitrag. In den Erprobungen auf Primarstufe dominierten Beobachtungen und schriftlicher Beitrag, auf Sekundarstufe II beruhte die Beurteilung fast ausschließlich auf schriftlichen Beiträgen. Weiter fiel auf, dass auf Primarstufe oft mehrere Datentypen als Grundlage für eine Beurteilung genutzt wurden, auf Sekundarstufe II jeweils eine.

Zur *Frage 3: Wie wurde das schriftliche Feedback genutzt?* wurden in den Erprobungen zwei Arten der Nutzung gefunden: Einerseits die Möglichkeit zur Überarbeitung des beurteilten Schülerprodukts, andererseits die Möglichkeit zum Transfer des Feedbacks auf eine nachfolgende Unterrichtseinheit. Während in den Erprobungen auf Primarstufe die erste Möglichkeit dominierte (7 Fälle von 8), war auf Sekundarstufe II die zweite Möglichkeit häufiger (5 Fälle von 8).

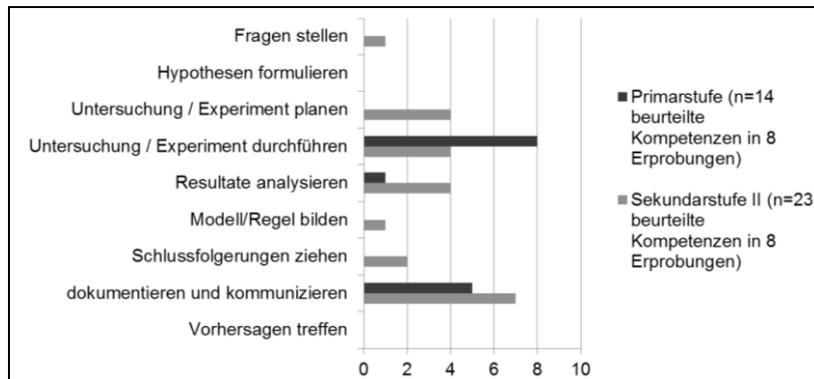


Abb. 1: Beurteilte Kompetenzen in den Erprobungen. Kompetenzen nach Bell et al. (2010).

### Diskussion

In den Erprobungen wurden die unterschiedlichen Kompetenzen unterschiedlich häufig beurteilt: Während auf der Primarstufe der Fokus auf der Unterstützung von hands-on Aktivitäten und auf dem Dokumentieren lag, war die Breite auf Sekundarstufe II größer. Verschiedene Einflüsse könnten eine Rolle spielen: Erstens scheint den LPs auf Primarstufe die praktische Arbeit wichtig. Zweitens haben die LPs auf Sekundarstufe II im Rahmen von Maturaarbeiten die Möglichkeit, zu mehreren Kompetenzen gleichzeitig Rückmeldungen zu geben und dabei auch das Formulieren von Fragen, das Ableiten von Modellen oder Regeln sowie das Ziehen von Schlussfolgerungen mit einzubeziehen. Drittens scheint Dokumentieren und Kommunizieren auf beiden Schulstufen wichtig zu sein, möglicherweise weil dieser Aspekt häufig in die Bewertung mit einfließt.

In den Erprobungen auf Primarstufe beruhte die Beurteilung meistens auf Beobachtungen oder schriftlichen Beiträgen, auf Sekundarstufe II auf schriftlichen Beiträgen. Wieder könnten verschiedene Gründe eine Rolle spielen: Wenn auf Primarstufe die praktische Arbeit wichtig ist, ist die Beobachtung derselben zur Diagnose naheliegend. Dass schriftliche Beiträge auf beiden Schulstufen eine so große Rolle spielen könnte wieder ein Hinweis für die Gewohnheiten bei der Bewertung sein.

In den Erprobungen auf Primarstufe wurde das Feedback meistens zur Überarbeitung genutzt, auf Sekundarstufe II auf eine nachfolgende Unterrichtseinheit transferiert. Mögliche Gründe sind der geringere Zeitdruck auf Primarstufe, welcher eine Überarbeitung eines Schülerprodukts zulässt. Außerdem finden auf Sekundarstufe II typischerweise Laborpraktika im Abstand von zwei Wochen statt, zu welchen jeweils ein Bericht verfasst wird. Bei diesem wiederkehrenden Arbeitsauftrag ist der Transfer der Beurteilung zu Dokumentieren und Kommunizieren naheliegend.

### Implikationen

Die Resultate zeigen verschiedene Stufenspezifika in der Umsetzung von schriftlicher Beurteilung durch die LP im Kontext von forschend-entdeckendem Lernen. Im Hinblick auf die Planung von Unterstützungsmaßnahmen zu „formative assessment“ sollten stufenspezifische Rahmenbedingungen wie Maturaarbeiten und Laborpraktika, aber auch die bevorzugt beurteilten Kompetenzen, die bevorzugten Datengrundlagen und die Nutzung des Feedbacks mit einbezogen werden.

**Literatur**

- Assessment Reform Group ARG (2002). *Assessment for learning: 10 Principles*. London: ARG
- Bell, B., & Cowie, B. (2001). The characteristics of formative assessment in science education. *Science Education*, 85 (5), 536–553
- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S., & Ploetzner, R. (2010). Collaborative inquiry learning: Models, tools, and challenges. *International Journal of Science Education*, 32 (3), 349-377
- Black, P. & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy and Practice*, 5 (1), 7-73
- Cizek, G. (2010). An introduction to formative assessment. In H. Andrade & G.J. Cizek (Eds.), *Handbook of formative assessment*. New York: Routhledge, 3-17
- D-EDK Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (2014). *Lehrplan 21*. D-EDK: Luzern
- Heritage, M. (2010). *Formative assessment: Making it happen in the classroom*. Thousand Oaks, California: Corwin Press
- Herman, J. L., Osmundson, E. & Silver, D. (2010). Capturing quality in formative assessment practice: Measurement challenges, CRESST Report 770. Los Angeles: National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2005). *Formative assessment. Improving learning in secondary classrooms*. Paris: OECD Publishing
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2013). *Synergies for better learning: An international perspective on evaluation and assessment*. OECD Reviews of Evaluation and Assessment in Education. Paris: OECD Publishing
- Ruiz-Primo, M. A., Furtak, E. M., Ayala, C., Yin, Y, & Shavelson, R. J. (2010). Formative assessment, motivation, and science learning. In H. Andrade & G. J. Cizek (Eds.), *Handbook of formative assessment*. New York: Routhledge, 139-158
- Stiggins, R. J., Griswold, M. M. & Wikelund, K. R. (1989). Measuring thinking skills through classroom assessment. *Journal of Educational Measurement*, 26, 233-246

## Die Qualität schriftlicher Rückmeldungen von angehenden Lehrkräften

### Theoretischer Hintergrund

Schülerinnen und Schüler haben bei der Planung von naturwissenschaftlichen Experimenten Schwierigkeiten, insbesondere wenn sie bei der Planung die Variablenkontrollstrategie anwenden müssen. Zahlreiche Befunde empirischer Studien belegen typische Fehler von Schülerinnen und Schülern, z. B. das falsche/fehlende Bestimmen von Variablen, das unsystematische Variieren von unabhängigen Variablen, das fehlende Konstanthalten von Störvariablen, das Fehlen der Ergebnisbestätigung durch identische Wiederholung oder veränderte Variation sowie das Fehlen eines Kontrollansatzes (z. B. Arnold et al., 2014; Hammann et al., 2006; Kuhn & Dean, 2005; Randler, Ekler, Tempel & Rehm, 2015; Schulz, Prinz & Wirtz, 2012). Folglich gilt es bezüglich der Anwendung der Variablenkontrollstrategie Fördermaßnahmen zu entwickeln und zu evaluieren.

Eine solche Maßnahme sind Rückmeldungen, die im Allgemeinen als eine entscheidende Variable für Lernerfolg gelten (z. B. Hattie & Timperley, 2007; Jaehnic & Miller, 2007; Kluger & DeNisi, 1996). In zahlreichen empirischen Studien wurden Bedingungen und Wirkungen sowie Merkmale und Charakteristika lernförderlicher Rückmeldungen identifiziert (z. B. Marschner, Thillmann, Wirth & Leutner, 2012; Rakoczy, Harks, Klieme, Blum, Hochweber, 2013; Wollenschläger, Möller & Harms, 2012). Lernförderliche Rückmeldungen beantworten prinzipiell drei Fragen: 1) Was ist das Lernziel?; 2) Wie ist der Lernstand des Schülers? und 3) Wie kann der Schüler das Lernziel erreichen? (z. B. Hattie & Timperley, 2007). Bei der Formulierung von Rückmeldungen gilt es allgemeine Grundsätze zur Form und zum Inhalt einzuhalten, wie z. B. die Fokussierung auf einzelne Kompetenzen oder das Heranziehen von spezifischen Bewertungskriterien (z. B. Brookhart, 2008).

Neben den Kompetenzen ‚Entwickeln von Aufgaben für die formative Diagnose und Bewertung‘, ‚Fragenstellen, um Vorstellungen der Schülerinnen und offen zu legen‘ und ‚Interpretieren und Bewerten von Ideen und Aussagen, die Schülerinnen und Schüler tätigen‘ ist die Bereitstellung von Rückmeldungen für Schülerinnen und Schüler durch die Lehrkraft zentraler Bestandteil ihrer diagnostischen Kompetenz (Furtak, Kiemer, Circi, Swanson, de Leon, Morrison & Heredia, 2016). Die diagnostische Kompetenz von angehenden Lehrkräften im Bereich der formativen Diagnose und Bewertung ist insgesamt als eher gering zu bezeichnen (z. B. Buck, Trauth-Nare & Kaftan, 2010; Plake, Impara & Fager, 1993). In der Literatur finden sich Hinweise, dass das Planen nächster Lernschritte auf Grundlage der durch Diagnose gewonnen Informationen für Lehrkräfte eine der größten Anforderungen darstellt (Heritage, Kim, Vendlinski & Herman, 2009). In der Regel fällt es ihnen beispielsweise deutlich leichter, den Lernstand von Schülerinnen und Schülern zu analysieren und zu interpretieren als nächste Lernschritte zurückzumelden (Herman, Osmundson & Silver, 2010).

### Fragestellung und Hypothesen

Vor diesem Hintergrund verfolgt die vorliegende Untersuchung das Ziel, die Qualität der schriftlichen Rückmeldungen von angehenden Lehrkräften an Lernende zu erfassen, um die folgende Forschungsfrage zu beantworten:

F) Welche Qualität haben schriftliche Rückmeldungen von angehenden Lehrkräften an Lernende?

Aufgrund bisheriger Arbeiten im Bereich der diagnostischen Kompetenz von angehenden Lehrkräften werden folgende Hypothesen aufgestellt:

H.1) angehende Lehrkräfte identifizieren nicht alle relevanten Aspekte der Experimentierkompetenz,

H.2) die Rückmeldungen von angehenden Lehrkräften an Lernende enthalten häufig keine Begründungen und

H.3) angehende Lehrkräfte haben Schwierigkeiten beim Identifizieren nächster Schritte im Lernprozess.

### **Untersuchungsdesign**

An der Untersuchung haben  $N = 40$  Bachelor- und Masterstudierende der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel des Lehramts Chemie an Gymnasien teilgenommen. Zunächst wurden von den Probandinnen und Probanden anhand eines Fragebogens Hintergrundvariablen sowie ihre Einstellungen zur Bedeutung und zum Ziel der Diagnose und Bewertung von Schülerleistungen erfasst (Brown, 2004; Brown, Harris & Harnett, 2012). Anschließend wurden in einem 20-minütigen forschungsbasierten Impulsvortrag zwei Inhalte thematisiert: die Variablenkontrollstrategie als Teil naturwissenschaftlicher Kompetenz und Merkmale lernförderlicher Rückmeldungen. Nach dem Vortrag hatten die Probandinnen und Probanden 60 Minuten Zeit, drei unterschiedliche gute Schülerartefakte (1 schlechtes und 2 durchschnittlich gute) zu bewerten und schriftliche Rückmeldungen an die Autorinnen und Autoren der Artefakte zu formulieren. Die resultierenden, von den Probandinnen und Probanden erstellten Rückmeldungen ( $N = 119$ ; 1 missing) wurden mit Hilfe eines Kodiermanuals zur Analyse der Qualität schriftlicher Rückmeldungen ausgewertet. Dabei wurden die Aspekte ‚Einschätzung des Kompetenzstandes‘, ‚Begründung der Einschätzung‘ und ‚Unterstützung der Schülerinnen und Schüler bezüglich nächster Lernschritte‘ analysiert.

### **Ausgewählte Ergebnisse**

Nachfolgend werden ausgewählte Ergebnisse zu den Hintergrundvariablen und anschließend zur Qualität der Rückmeldungen berichtet.

#### *Überzeugungen*

Der Fragebogen zu den Überzeugungen umfasst sechs Skalen mit jeweils drei bis vier Items. Die Items haben eine 5-stufige Antwortskala. Bezüglich der Skala ‚Bad‘ (Beispielitem: Die Diagnose und Bewertung von Schülerleistungen ist ungerecht gegenüber den Schülerinnen und Schülern.) ist die Zustimmung der Probanden im Mittel am geringsten. Unentschieden sind die Studierenden im Mittel hinsichtlich der Skalen ‚Ignore‘ (Beispielitem: Die Diagnose und Bewertung von Schülerleistungen hat einen geringen Einfluss auf das Unterrichten der Lehrkräfte.) und ‚Valid‘ (Beispielitem: Die Diagnose und Bewertung von Schülerleistungen erlaubt es, zukünftige Leistungen der Schülerinnen und Schüler vorherzusagen.). Den Skalen ‚Describe‘ (Beispielitem: Die Diagnose und Bewertung von Schülerleistungen identifiziert die Stärken und Schwächen von Schülerinnen und Schülern.), ‚Student learning‘ (Beispielitem: Die Diagnose und Bewertung von Schülerleistungen gibt Schülerinnen und Schülern eine Rückmeldung bezüglich ihrer Lernbedürfnisse.) und ‚Teaching‘ (Beispielitem: Die Diagnose und Bewertung von Schülerleistungen führt auf Grund der gewonnenen Informationen zu einer Veränderung des Unterrichts.) stimmen sie im Mittel hingegen eher zu. Die Überzeugungen der Studierenden zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Studiengängen.

#### *Vollständigkeit der Rückmeldungen*

Die Rückmeldungen der Probandinnen und Probanden wurden zunächst auf ihre Vollständigkeit geprüft. Diese misst sich an den zurückgemeldeten Aspekten der Experimentierkompetenz. Nur wenn eine Probandin/ein Proband zu allen Merkmalen der Experimentplanung eine Rückmeldung gegeben hat, wird seine Rückmeldung als vollständig gewertet. Die Skala zur Bewertung der Rückmeldungen umfasst fünf Kategorien; 1 = ‚Die Rückmeldung berücksichtigt nicht einen relevanten Aspekt‘ ... 5 = ‚Die Rückmeldung berücksichtigt alle relevanten Aspekte‘. Sowohl die Bachelorstudierenden ( $M = 4,81$ ;  $SD = 0,398$ ) als auch die Masterstudierenden ( $M = 4,93$ ;  $SD = 0,258$ ) haben im Mittel nahezu alle relevanten Aspekte zurückgemeldet.

#### *Einschätzung des Kompetenzstandes*

Die Diagnose des Lernstandes durch die Probandinnen und Probanden wurde für die Analyse der Qualität der Rückmeldungen mit einer ‚perfekten‘ Rückmeldung, wie sie basierend auf bisherigen Forschungsbefunden formuliert worden wäre, verglichen. Die Übereinstimmungen zwischen der Diagnose der Probandinnen und Probanden und der Musterrückmeldung wurde mit Cohen's Kappa bestimmt. Cohen's Kappa kann Werte zwischen -1,0 und +1,0 annehmen. Zur besseren Interpretierbarkeit der Ergebnisse wurden die Werte in Kategorien eingeteilt:  $< 0,1$  = zufällige Einschätzung;  $0,1-0,29$  = fast keine Übereinstimmung;  $0,3-0,49$  = akzeptable Übereinstimmung;  $0,5-0,75$  = gute Übereinstimmung;  $> 0,75$  = sehr gute Übereinstimmung. Insgesamt fallen relativ wenige Diagnosen in die beiden obersten Kategorien. Im Vergleich zwischen den beiden Probandengruppen fällt auf, dass den Masterstudierenden tendenziell höhere Übereinstimmungen gelingen als den Bachelor-Studierenden. Offensichtlich haben die Studierenden insgesamt große Schwierigkeiten, den Kompetenzstand der Schülerinnen und Schüler anhand der Artefakte korrekt einzuschätzen.

#### *Unterstützung der Schüler bezüglich nächster Lernschritte*

Die Rückmeldungen wurden zudem im Hinblick auf das Maß an Unterstützung bezüglich nächster Lernschritte kodiert. Hierzu wurde eine 4-stufige Skala verwendet; 1 = in keinem Maße ... 4 = in hohem Maße. Die Bachelorstudierenden haben in ihren Rückmeldungen nur in mittlerem Maße Informationen zu möglichen nächsten Schritten bereitgestellt, vor allem bei den beiden durchschnittlich guten Schülerartefakten. Den Masterstudierenden ist insgesamt deutlich häufiger eine Rückmeldung von nächsten möglichen Lernschritten gelungen und zwar bei allen drei Schülerartefakten.

#### **Limitationen und Zusammenfassung**

Im Hinblick auf die berichteten Befunde muss einschränkend bedacht werden, dass die Daten anhand von einer nicht repräsentativen Stichprobe erhoben wurden und dass die psychometrische Qualität und Validität der Erhebungsinstrumente mitunter eingeschränkt ist. Trotz dieser Limitationen kann in Bezug auf die Stichprobe festgehalten werden, dass die Probandinnen und Probanden zu nahezu allen relevanten Aspekten der Experimentierkompetenz eine Rückmeldung gegeben haben, dass dabei nur wenige Studierende den Lernstand korrekt eingeschätzt haben und dass Studierende im Master-Studiengang eher Rückmeldungen zu möglichen nächsten Schritten beim Lernen geben. Weitere Detailanalysen zur Beantwortung der Forschungsfrage und zur Überprüfung der Hypothesen stehen aus.

**Literatur**

- Arnold, J. C., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719-2749.
- Brookhart, S. M. (2008). *How to give effective feedback to your students*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Brown (2004). Teachers' conceptions of assessment: implications for policy and professional development. *Assessment in Education*, 11(3), 301-318.
- Brown, G. T. L., Harris, L. R. & Harnett, J. (2012). Teacher beliefs about feedback within an assessment for learning environment: Endorsement of improved learning over student well-being. *Teaching and Teacher Education*, 28, 968-978.
- Buck, G. A., Trauth-Nare, A. & Kaftan, J. (2010). Making Formative Assessment Discernable to Pre-Service Teachers of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 402-421.
- Plake, B., Impara, J. C. & Fager, J. F. (1993). Assessment of Competencies of Teachers: A National Survey. *Educational Measurement: Issues and Practices*, 12(4), 10-12.
- Furtak, E. M., Kiemer, K., Circi, R. K., Swanson, R., de Leon, V., Morrison, D. & Heredia, S. C. (2016). Teachers' formative assessment abilities and their relationship to student learning: findings from a four-year intervention study. *Instructional Science*, 44(3), 267-291.
- Hammann, M., Phan, Thi T. H., Ehmer, M., & Grimm, T. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 59(2), 292-299.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77, 81-112.
- Heritage, M., Kim, J., Vendlinski, T., & Herman, J. (2009). From evidence to action: A seamless process in formative assessment? *Educational Measurement: Issues and Practice*, 28(3), 24-31.
- Herman, J., L., Osmundson, E. & Silver, D. (2010). *Capturing quality in formative assessment practice: Measurement challenges*. (CRESST Report 770). Los Angeles, CA: University of California, National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing (CRESST).
- Jaehnig, W. & Miller, M.L. (2007). Feedback types in programmed instruction: a systematical review. *The Psychological Record*, 57, 219-232.
- 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.
- Kuhn & Dean (2005). Is Developing Scientific Thinking All About Learning to Control Variables? *Psychological Science*, 16(11), 866-870.
- Marschner, J., Thillmann, H., Wirth, J. & Leutner, D. (2012). Wie lässt sich die Experimentierstrategie-Nutzung fördern? Ein Vergleich verschieden gestalteter Prompts. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 15, 77-93.
- Rakoczy, K., Harks, B., Klieme, E., Blum, W. & Hochweber, J. (2013). Written feedback in mathematics: Mediated by students' perception, moderated by goal orientation. *Learning and Instruction*, 27, 63-73.
- Randler, Ekler, Tempel & Rehm (2015). Missachtete Aspekte der Experimentierkompetenz. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 68(5), 260-264.
- Schulz, A., Prinz, E. & Wirtz, M. (2012). Schüler planen Experimente und testen Hypothesen – Diagnose von Experimentierkompetenzen und mehrbenenanalytischer Klassenstufen- und Schulartenvergleich. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.). *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten*. Münster: Waxmann, S. 333-352.
- Wollenschläger, M., Möller, J., & Harms, U. (2012). Ist kompetenzielles Fremdfeedback überlegen, weil es als effektiver wahrgenommen wird? *Unterrichtswissenschaft*, 40(3), 197-212.

## **Optimierungsansätze für Internationale Lehrerfortbildungen**

Die vorliegende Arbeit ist Teil eines Dissertationsprojektes und wurde auf vorhergehenden GDGP Tagungen schon mehrfach vorgestellt (Graf & Welzel-Breuer, 2013, 2014, 2015), was es dem Leser ggf. erlaubt, die Forschungsmethodik besser einzuordnen auf welche in diesem Text nicht mehr gesondert eingegangen wird.

Einer der wenigen gängigen Wege von fachdidaktischem Wissen in die Schulpraxis führt über die Lehrerfortbildungen. Doch auch bei diesem Transfer von möglicherweise hilfreichen fachdidaktischem Wissen in die Praxis kommt es zu nicht unerheblichen Schwierigkeiten. Formelle Lehrerfortbildungen kollidieren häufig mit Arbeitszeiten von Lehrern. Sehr häufig werden Lehrerfortbildungen relativ kurz gehalten. Gerade aber in der Kürze liegt ein gravierendes Problem: Ob nämlich kurzzeitige Maßnahmen geeignet sind, zu stabilen, nachhaltigen Verhaltensänderungen zu führen, darf nach derzeitigem Stand der Forschung durchaus bezweifelt werden (Gräsel, Fussangel, & Parchmann, 2006; Heise, 2009; OECD, 2014b). Weiterhin kann man auch konstatieren, dass Naturwissenschaftslehrkräfte in Bezug auf ihre Fort- und Weiterbildung in einem doppelten Spannungsfeld stehen. Naturwissenschaftslehrkräfte sind aufgrund bisweilen rasanter technologischer und wissenschaftlicher Fortschritte gezwungen, zu lebenslangen Lernern zu werden (OECD, 2014a; Richter, Kunter, Klusmann, Lüdtke, & Baumert, 2011). Aber auch die zunehmende Komplexität und stetig wachsende Verantwortungsbereiche im Arbeits(um-)feld sorgen für dauerhaften Fort- und Weiterbildungsbedarf. In Kumulation jedoch, führen diese Notwendigkeiten zu einem Problem: Es ist für eine arbeitstätige Lehrkraft im Rahmen ihrer Arbeitszeit nicht mehr in sinnvoller Weise möglich, sich in allen notwendigen Bereichen fort- bzw. weiterzubilden. Es stellt sich die Frage, wie dem steigenden Fortbildungsbedarf von Naturwissenschaftslehrkräften bei sinkendem Zeitbudget begegnet werden soll. Heise stellt in ihrer Arbeit folgerichtig fest: „Wir brauchen neue Lernformen, welche sich eher informell „on the job“ vollziehen lassen“ (Heise, 2009).

### **Hypothese**

1. Wir brauchen neue Lehrerfortbildungen, welche formale und informelle Lernformen in geschicktester Weise verknüpfen und die Etablierung langfristiger (moderierter) Netzwerke befördern. Nur durch die intelligente Verknüpfung von traditionellen Fortbildungen mit informelleren Formen des Lernens lässt sich ein Transfer in die Praxis gewährleisten.

### **Lehrerfortbildungen**

Es spricht einiges dafür, die Lehrerfortbildung weiter zu entwickeln. So sind die Lehrer während einer Fortbildung aus ihrem Alltag herausgenommen und können sich daher mit einer tieferen Aufmerksamkeit den dargebotenen Inhalten widmen. Weiterhin treffen die Naturwissenschaftslehrkräfte dort auf viele neue Kollegen mit anderen Erfahrungen, die ähnliche Interessen haben. Es gibt jedoch auch klare Nachteile: Die Lehrerfortbildung in ihrer traditionellen Form ist häufig nicht auf Nachhaltigkeit ausgelegt und zeitlich eng begrenzt. Die anschließende Implementation der Fortbildungsinhalte in die Praxis bleibt für den Fortbildner im Dunkeln und kann nicht, falls nötig, kommentiert oder begleitet werden. Die Fortbildungsinhalte und Materialien sind zudem oft nicht auf die reale Arbeitssituation der Lehrkräfte abzubilden.

### **Informelle Lernformen**

Das von Heise empfohlene informelle Lernen am Arbeitsplatz hat unbestreitbare Vorteile. Die Lehrer befinden sich am Ort des Geschehens und sie haben, was ihr individuelles Lernen angeht, meist ein klar umrissenes Ziel bzw. Problem. Ein weiterer Vorteil der informellen Lernformen ist, dass sich die Naturwissenschaftslehrkräfte ihr Lernprogramm sehr gezielt selbstständig zusammenstellen und ganz nach ihren Bedürfnissen umsetzen können. Auch sprechen die informell miteinander in Kontakt stehenden Kollegen an einer Schule oft eine gemeinsame Sprache und wissen durch den geteilten Arbeitsplatz häufig sehr genau, wovon die Rede ist. Ein Problem beim informellen Lernen stellt die Tatsache dar, dass es häufig sehr situativ und spontan stattfindet und daher oft unstrukturiert und vor allem nicht auf längere Lernphasen eingerichtet ist.

### **Ein Versuch**

Ein Versuch, beide Lernformen miteinander in Verbindung zu bringen, stellt die 2011 und 2013 stattgefundene CAT-Lehrerfortbildung zur Nutzung Neuer Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht dar, deren Ziel es u. a. war, schon in ihrer Konzeption informelle Lernformen, formales Lernen und Netzwerkbildung in einen blended-learning-Kurs zusammenzuführen. Der Kurs gliederte sich in drei verschiedene Phasen: 1. Onlinekurs (Prä), 2. Internationale Naturwissenschaftliche Lehrerfortbildung (Face-to-Face), 3. Onlinekurs (Post). Alle Phasen verfolgten das Ziel, die Kürze der Face-to-Face-Kurszeit durch die bewusste Gestaltung auch der informellen Räume optimal auszunutzen. Es wurde hierbei auch die Gelegenheit genutzt, die informellen Gespräche zwischen Naturwissenschaftslehrkräften in den informellen Phasen durch die Lehrkräfte selbst aufzeichnen zu lassen und diese Audioaufzeichnungen anschließend auszuwerten. Mit neun Lehrkräften wurden zudem halbstandardisierte Leitfadeninterviews geführt, welche ganz bewusst das Erleben der informellen Fortbildungsanteile sowie die Arbeitsumgebung und Persönlichkeit der Lehrkräfte selbst in den Fokus nahmen. Diese Interviews und die erhobenen informellen Gesprächsdaten können helfen, wichtige Ansatzpunkte für die Gestaltung von Fortbildungen eines neuen Typs zu liefern.

### **Ausgewählte Ergebnisse**

Einige erste Ergebnisse der Auswertung der neun Interviews sollen diesen Ansatz rechtfertigen.

*Wie haben Sie die Atmosphäre des Trainings wahrgenommen?* Zehnmal wurde von acht Teilnehmern der sehr gute Kontakt unter den Lehrkräften genannt, fünfmal wurde ein familienartiger Zusammenhalt zwischen den Teilnehmern beschrieben.

*Wie erleben Sie die Zusammenarbeit mit den Kollegen?*

Auf diese Frage wurde von fünf Teilnehmern ein offenes Teilen von Erfahrungen in einem sicheren Raum hervorgehoben und zweimal die spannenden unterschiedlichen Herangehensweisen an die Arbeit erwähnt.

*Was ist Ihnen wichtig in einem Kurs wie diesem?*

Wichtig waren sieben Teilnehmern angenehme Lernräume mit zugehöriger Infrastruktur (bequeme Plätze, Internetzugang, nettes Ambiente, aber auch ein ansprechendes Kulturprogramm (fünf Nennungen), ein straffer transparenter Stundenplan (fünf Nennungen), die Stärkung der informellen Kommunikation (vier Nennungen).

*Wie schätzen Sie, wird sich der Kontakt entwickeln?*

Sechsmal wurde erwartet, dass der Kontakt nach einiger Zeit zum Erliegen kommen wird. Sechs Teilnehmer erwarteten aber auch dass sie Material austauschen und vier meinten, dass sie ein Netzwerk bilden werden, in dem sie gemeinsam arbeiten.

*Was ist für Sie am wertvollsten in dieser Lehrerfortbildung?*

Die informelle Seite der Fortbildung wurde hier siebenmal genannt, aber auch dreimal Kultur und Besuche und zweimal der organisierte Materialaustausch von Teilnehmern und Kursorganisatoren.

Die nähere Analyse dieser Antworten lässt einige vernetzende Gedanken zu, welche subjektive Faktoren für die Teilnehmer im CAT-Kurs eine Verbindung hatten und daher als mögliches Gestaltungskriterium eine gewisse Relevanz für sich beanspruchen können. So zeigt der genauere Blick auf einige gegebene Antworten einen aussagekräftigeren Kontext:

Frage: *„Ich würde mich interessieren, wie du die Atmosphäre in dieser Kurswoche wahrnimmst.“*

Antwort: *„Sehr, sehr angenehm muss ich sagen. / Also wenn man es unterteilt Teilnehmer Ich habe wirklich viele nette Kollegen kennengelernt sehr sehr angenehm. Ich denke, die Kursleitung ist sehr sehr angenehm. / Die Rahmenbedingungen sind sehr schön. Ich fühle mich rundum wohl. Muss ich einfach sagen/ obwohl, das sag ich auch ganz offen, ich Zuhause manchmal gedacht hab, na meine Güte, du fährst jetzt zu lauter Experten und hast nun von der Sache keine Ahnung, worum es da eigentlich geht. Aber ich merke, das ist Normalität hier und das wird so angenommen. Jeder ist für einen anderen Bereich in irgendeiner Weise/ insofern fühle ich mich richtig wohl.“*

Bei diesem Blick wird deutlich, dass die Rahmenbedingungen und der angenehme Kontakt mit den Teilnehmern, wie z. B. mit der Kursleitung, in den Kontext eines relativierenden Effekts auf Ängste und Hemmungen unter Experten nichts beisteuern zu können, gestellt wird. Auch wird ein Wohlgefühl direkt artikuliert. Beide Effekte könnten einen noch zu prüfenden positiven Effekt auf die Kursteilnahme, wie auch auf einen tiefergehenden Kontakt zu den anderen Teilnehmern haben.

Ein anderer Teilnehmer reagierte auf die gleiche Frage mit der folgenden Antwort: *Für mich ist es sehr locker. Auf jeden Fall ein lockereres Klima, als ich es erwartet habe. Trotzdem aber durchaus also ich würde jetzt nicht sagen, es ist jetzt nicht irgendwie so, keine Ahnung, wir machen eine Woche blau irgend so was. Sondern, das sind schon wichtige Dinge, die vermittelt werden. Und es ist sehr viel Fachgespräche und Austausch - aber auf einem sehr angenehmen Level. Das ist sehr informell. Also für mich, der meiste Austausch war sehr informell, wie gesagt, in einer sehr angenehmen Atmosphäre eigentlich. Also für mich war nicht wirklich etwas negativ.*

Hier wird die Wichtigkeit der informellen Gespräche besonders betont und in den Vordergrund gestellt. Tatsächlich könnte gerade in dem Kontakt der sich fremden Teilnehmer untereinander ein besonders günstiges Moment für Fortbildungen liegen: Sich fremde Teilnehmer haben nämlich durch ihre Teilhabe an unterschiedlichen unverbundenen Communities besonders viel „neues“ Wissen aneinander zu abzugeben (vgl. Granovetter, 1973, 1983).

Weitere Analysen der Interviews werden die subjektiven Ansichten der Teilnehmer und deren Verknüpfungen deutlich machen und können, verbunden mit der Fachliteratur, genutzt werden, um Ideen für effektive Mittel der Gestaltung von naturwissenschaftlichen Lehrerfortbildungen auf die Spur zu kommen.

**Literatur**

- Graf, S., & Welzel-Breuer, M. (2013). Analyse von Kommunikationsprozessen in einer naturwissenschaftlichen Lehrerfortbildung. In Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik & S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen* (Bd. 33, S. 500–502). Kiel: IPN-Verlag. Abgerufen von [http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP\\_Band33.pdf#page=500](http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band33.pdf#page=500)
- Graf, S., & Welzel-Breuer, M. (2014). Naturwissenschafts-Lehrerfortbildung und professionsbezogene Gespräche. In Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik & S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht* (Bd. 34, S. 255–257). Kiel: IPN-Verlag. Abgerufen von [http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP\\_Band34.pdf#page=277](http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band34.pdf#page=277)
- Graf, S., & Welzel-Breuer, M. (2015). Naturwissenschafts-Lehrerfortbildung und professionsbezogene Gespräche. In Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik & S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (Bd. 35, S. 298–300). Kiel: IPN-Verlag. Abgerufen von [http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP\\_Band35.pdf#page=322](http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band35.pdf#page=322)
- Granovetter, M. S. (1973). The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology*, 78(6), 1360–1380.
- Granovetter, M. S. (1983). The Strength of Weak Ties: A Network Theory Revisited. *Sociological Theory*, 1, 201. <https://doi.org/10.2307/202051>
- Gräsel, C., Fussangel, K., & Parchmann, I. (2006). Lerngemeinschaften in der Lehrerfortbildung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 545–561. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0167-0>
- Heise, M. (2009). *Informelles Lernen von Lehrkräften : ein Angebots-Nutzungs-Ansatz*. Münster ; München [u.a.]: Waxmann.
- OECD. (2014a). *A Teachers' Guide to TALIS 2013*. OECD Publishing. Abgerufen von [http://www.oecd-ilibrary.org/education/talis-2013-results\\_9789264196261-en](http://www.oecd-ilibrary.org/education/talis-2013-results_9789264196261-en)
- OECD. (2014b, Juli 29). *TALIS - The OECD Teaching and Learning International Survey*. Abgerufen 12. August 2014, von <http://www.oecd.org/edu/school/talis.htm>
- Richter, D., Kunter, M., Klusmann, U., Lüdtke, O., & Baumert, J. (2011). Professional development across the teaching career: Teachers' uptake of formal and informal learning opportunities. *Teaching and Teacher Education*, 27(1), 116–126. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2010.07.008>

Ann-Kathrin Beretz<sup>1</sup>  
 Claudia von Aufschnaiter<sup>1</sup>  
 Katja Lengnink<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Justus-Liebig-Universität Gießen

## Bearbeitung diagnostischer Aufgaben durch Lehramtsstudierende

Fachdidaktische Forschung zur Lehrerprofessionalisierung diskutiert vor dem Hintergrund eines Unterrichts in heterogenen Lerngruppen seit einigen Jahren intensiv die Bedeutung von diagnostischen Fähigkeiten und individueller Förderung als zentrale Aspekte professioneller Kompetenz von Lehrkräften (z. B. v. Aufschnaiter et al., 2015). Forschung und Lehre bewegen sich dabei im Spannungsfeld der Erfassung diagnostischer Kompetenz bei (angehenden) Lehrkräften und dem Aufbau dieser Kompetenz. Vor diesem Hintergrund wird, eingebettet in ein Verbundprojekt der Deutschen Telekomstiftung, untersucht, welche diagnostischen Zugänge Studierende bei der Analyse von Lehr-/Lernsituationen zeigen und wie sie universitäre Lernangebote zur Diagnostik nutzen. Das Spezifische an der Untersuchung ist dabei, dass sie die längsschnittliche Begleitung von Studierenden über zwei fachdidaktische Kurse hinweg ermöglicht (einmal Physikdidaktik, einmal Mathematikdidaktik). Kernelement beider Kurse ist der Einsatz videobasierter Unterrichtsvignetten als Lerngelegenheiten für den Aufbau diagnostischer Kompetenz. Darüber hinaus dienen Videoaufzeichnungen der an beiden Kursen teilnehmenden Studierenden bei der Bearbeitung diagnostischer Aufgaben selbst als Untersuchungsinstrument.

### Theoretischer Hintergrund

Diagnostik umfasst nach Weinert „ein Bündel von Fähigkeiten, um den Kenntnisstand, die Lernfortschritte und die Leistungsprobleme der einzelnen Schüler sowie die Schwierigkeiten verschiedener Lernaufgaben im Unterricht fortlaufend beurteilen zu können, sodass das didaktische Handeln auf diagnostischen Einsichten aufgebaut werden kann“ (2000, S. 14). Mit der Fokussierung der Kompetenz(-entwicklung) von Schülerinnen und Schülern einerseits (s. a. Helmke, 2009; Ingenkamp & Lissmann, 2008) und der Wirkung von Aufgaben andererseits (s. a. Krauss et al., 2008; Helmke et al., 2003) bildet Diagnostik eine spezifische Teilmenge unterrichtsbezogener Analysen. Sie schafft die Voraussetzung für die Förderung von (individuellen) Lernprozessen (s. a. Rogalla & Vogt, 2008; Maier, 2010) und stellt daher ein wesentliches Professionalisierungselement angehender Lehrkräfte dar.

In Anlehnungen an Überlegungen zu Unterrichtsanalysen haben wir zur Analyse diagnostischer Aktivitäten von Lehramtsstudierenden fünf charakteristische Komponenten des Diagnoseprozesses identifiziert (Abb. 1; vgl. Seidel, Blomberg & Stürmer, 2010; Kang & Anderson, 2015; Sherin, 2007; Kaiser et al., 2015). In einem ersten Schritt umfasst eine Diagnostik immer den Rückgriff auf geeignete Daten (1), die selbst erhoben oder aus vorhandenen Quellen extrahiert werden können. Im Anschluss daran erfolgt die Beschreibung förderrelevanter Beobachtungen (2), deren differenzierte Deutung (3) mit Bezug auf theoretische Elemente und Kriterien sowie die Suche nach Ursachen (4) und Erklärungen für die Beobachtungen und Deutungen. Mit Blick auf die Förderung ist dann relevant, dass die Diagnostik aus der Vielzahl möglicher Beobachtungen, Deutungen

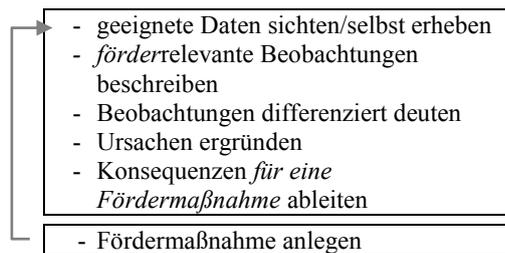


Abb. 1: Komponenten des Diagnoseprozesses

und denkbaren Ursachen gezielt Konsequenzen (5) ableitet, die für den Entwurf einer konkreten Fördermaßnahme relevant sind. Und obwohl die Aufzählung der hier für Diagnostik abgeleiteten Komponenten (Daten, Beobachtung, Deutung, Ursachenforschung, Konsequenz) auf einen linearen Ablauf hindeutet, ist eine solche Abfolge aus unserer Sicht kein Strukturmerkmal einer Diagnostik. Sie vollziehen sich durch das Einnehmen vielfältiger Perspektiven und den Fokus auf unterschiedliche Kriterien in einem iterativen Prozess. Das wird auch durch die Verbindung zur Fördermaßnahme deutlich, die selbst wieder Daten generieren kann, die zum Bestandteil einer neuen Diagnostik werden.

In der Lehrerbildungsforschung wird diagnostische Kompetenz häufig dem fachdidaktischen Wissen (PCK) und/oder dem pädagogischen Wissen (PK) zugeordnet (u. a. Krauss et al., 2004), dabei jedoch selten genauer differenziert (z. B. im Sinne der oben aufgeführten Schritte). Diese fehlende Spezifizierung ist vor dem Hintergrund einer oft angestrebten Erfassung der Genauigkeit von Diagnosen als Maß für diagnostische Kompetenz zwar plausibel, hilft aber nur wenig, wenn Diagnostik mit einer Förderabsicht verbunden werden soll. Hier kommt es vor allem auf facettenreiche und deutungsintensive Diagnosen an (Abs, 2007), die im Rahmen der Lehrerbildung als Fähigkeit bei angehenden Lehrkräften etabliert und aufgebaut werden müssen. Gleichzeitig müssen in der universitären Lehre diagnostische Verfahren eingesetzt werden, um die dort angelegten Förderangebote zur Diagnostik kritisch zu hinterfragen und auf (individuelle) Lernentwicklungen der Studierenden abzustimmen. Damit bewegen sich Forschung und Lehre im Spannungsfeld zwischen der Erfassung diagnostischer Kompetenz bei (angehenden) Lehrkräften und dem Aufbau dieser Kompetenz.

#### **Forschungsanliegen und Einbettung**

Im Zentrum des Projektes steht die Fragestellung, welche diagnostischen Zugänge die Studierenden bei der Analysen von Lehr-/Lernsituationen zeigen und wie sich diese innerhalb eines bestimmten Studienabschnittes entwickeln, um daraus Hinweise für den Aufbau diagnostischer Kompetenz ableiten zu können. Eine Besonderheit in diesem Zusammenhang stellt das Erhebungsdesign dar: Die Untersuchung findet fächerübergreifend im Rahmen von zwei aufeinander folgenden, fachdidaktischen Veranstaltungen der Physik und Mathematik statt und ermöglicht so über die längsschnittliche Untersuchung von Studierenden eine Veränderungsdiagnostik (v. Aufschnaiter et al., 2015).

Methodisch zeichnen sich beide Veranstaltungen dadurch aus, dass sie, wie unter anderem von van Es und Sherin (2008) vorgeschlagen, Videodaten von Schülerinnen und Schülern als Stimulus nutzen, um die Studierenden für die Relevanz von Diagnostik und eine auf die Schülerinnen und Schüler gerichtete Perspektive zu sensibilisieren sowie Zugänge zu einer kriteriengeleiteten Diagnostik aufzubauen. Dazu werden verschiedene Kriterien zur Analyse von Lehr-/Lernprozessen thematisiert und von den Studierenden bei der Bearbeitung diagnostischer Aufgaben eingesetzt. Diese Bearbeitungen werden videographiert und vor dem soeben skizzierten Forschungsanliegen analysiert, sodass sich eine zweiteilige Nutzung von Videodaten ergibt: Einerseits werden videobasierte Unterrichtsvignetten als Lerngelegenheiten für Studierende zur Diagnose und Förderung eingesetzt, andererseits dienen die Videoaufzeichnungen der Bearbeitung diagnostischer Aufgaben als Instrument zur Diagnose und Förderung an Studierenden. Ergänzt werden diese Daten durch schriftliche Transkriptanalysen und vielfältige Befragungsdaten im prä-post-Design, die auf das Erleben, die Soziodemographie sowie die Einschätzung der eigenen diagnostischen Fähigkeiten seitens der Studierenden abzielen.

### **Einblick in die Videoanalyse und erste Ergebnisse**

In Physikdidaktik analysieren die Studierenden in 9 von 14 Sitzungen Videos von Schülerinnen und Schülern. Für eine erste Auswertung der Daten wurde der Fokus auf die letzte dieser 9 Sitzungen gelegt, in der die Studierenden eine Vignette bearbeiten, die Ausschnitte eines 90-minütigen Unterrichts zur experimentellen Erarbeitung der Schwingungsdauer am Feder- und Fadenpendel zeigt. Als Vorbereitung auf die Sitzung wurde von den Studierenden eine fachliche Klärung zum Fadenpendel erstellt und mögliche Schülervorstellungen erarbeitet sowie ein eigener, ebenfalls 90-minütiger Einstiegsunterricht zum Pendel geplant. In der Sitzung sollten die Studierenden basierend auf den in der Veranstaltung thematisierten Analysekriterien (fachliche Angemessenheit, Konzeptualisierungsniveau, Erfahrungsbezug, Erleben) ihre Beobachtungen notieren, deuten und abschließend prüfen, ob sich Hinweise für den selbst geplanten Unterricht ergeben. Durch die einzelnen Teilaufträge wird dabei der Bezug zu den Komponenten des Diagnoseprozesses deutlich. Dieser wird sowohl zur Strukturierung der Instruktionen für die Studierenden genutzt, als auch, integriert in ein Kodiersystem (Mayring, 2010), zur Beschreibung ihrer diagnostischen Aktivitäten und Diskurse.

Trotz der Aufforderung, zu diagnostizieren – und dabei auch klar auf die Schülerinnen und Schüler zu fokussieren –, weisen die bisher ausgewerteten Diagnosen der Studierenden einen bemerkenswerten Anteil fachlicher Klärungen auf, obwohl sich die Studierenden bereits im Vorfeld mit dem Thema fachlich auseinandergesetzt haben. Die Diagnostik scheint Studierende für eigene fachliche Schwierigkeiten zu sensibilisieren und einen fachlichen Klärungsbedarf auszulösen. Das legt auf der einen Seite die Vermutung nahe, dass Fachwissen eine Voraussetzung für Diagnostik darstellt, auf der anderen Seite hat Diagnostik aber auch das Potential, bei Studierenden ein Bedürfnis nach „mehr“ Fachwissen anzuregen, sie wird dadurch zu einem ertragreichen Zugang zur Verbesserung des fachlichen Lernens der Studierenden.

Die Diskurse der Studierenden enthalten überwiegend Deutungen, allerdings kaum Ursachenforschung (vgl. Beitrag Kost et al. in diesem Band) und nur wenige Beschreibungen. Die Verteilung entspricht damit zwar der Schwerpunktsetzung des Arbeitsauftrages, dennoch scheinen die Studierenden insbesondere Beschreibungen vor dem Hintergrund eines geteilten Erfahrungsraumes (dem gemeinsame Schauen der Videos) nicht für notwendig zu halten. Dass sich Beschreibungen nur so selten finden lassen, scheint der üblichen Befundlage zu widersprechen, die darauf hindeutet, dass Novizinnen und Novizen in der Regel einen Fokus auf Sichtstrukturen einnehmen, während Schlussfolgerungen und interpretative Leistungen eher Expertinnen und Experten kennzeichnen (Plöger, Scholl & Seifert, 2015). Inwiefern es sich dabei allerdings um ein Artefakt der betrachteten Sitzung handelt, die kurz vor dem Ende des gesamten Kurses liegt, sich das Verhältnis also ggf. erst im Verlauf der Veranstaltung durch die Übung der Studierenden zu Gunsten der Deutungen verändert hat, muss im Rahmen der weiteren Videoanalyse geklärt werden.

Über den bisher mit dem Kategoriensystem verfolgten Auflösungsgrad hinaus, der üblicherweise auf der Ebene von einzelnen (Halb-)Sätzen bzw. Sprecherwechseln liegt, zeigt sich bei den Gruppen strukturell ein unterschiedliches Vorgehen. Während einige Gruppen ihre Diagnostik sequenziell anlegen, indem sie nach jedem Videoausschnitt 2-3 Minuten diskutieren, wie sie die Beobachtung deuten, nehmen die übrigen Gruppen eine gebündelte Einschätzung vor. Sie schauen zuerst das gesamte Videomaterial an und gehen am Ende auf einzelne Unterrichtsereignisse ein. Im weiteren Verlauf der Auswertung ist wiederum zu klären, ob sich diese beiden Vorgehensweisen in allen Videositzungen zeigen, erst im Laufe der Veranstaltung entwickeln oder es sich bei der Beobachtung nur um ein Artefakt der betrachteten Sitzung handelt.

**Literatur**

- Abs, H. J. (2007). Überlegungen zur Modellierung diagnostischer Kompetenz bei Lehrerinnen und Lehrern. In M. Lüders & J. Wissinger (Hrsg.), *Forschung zur Lehrerbildung*, 63-84. Münster: Waxmann.
- Aufschnaiter, C. v., Cappell, J., Dübbelde, G., Ennemoser, M., Mayer, J., Stiensmeier-Pelster, J., Sträßer, R. & Wolgast, A. (2015). Diagnostische Kompetenz: Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 61(5), 738-757.
- Helmke, A. (Hrsg.) (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität - Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Velber: Kallmeyer/Klett.
- Helmke, A., Hosenfeld, I. & Schrader, F.-W. (2003). Diagnosekompetenz in Ausbildung und Beruf entwickeln. *Karlsruher Pädagogische Beiträge*, 55, 15-34.
- Ingenkamp, K. & Lissmann, U. (2008). *Lehrbuch der pädagogischen Diagnostik* (6. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz.
- Kaiser, G., Busse, A., Hoth, J., König, J., & Blömeke, S. (2015). About the complexities of video-based assessments: Theoretical and methodological approaches to overcoming shortcomings of research on teachers' competence. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(2), 369-387.
- Kang, H. & Anderson, C. W. (2015). Supporting preservice science teachers' ability to attend and respond to student thinking by design. *Science Education*, 99(5), 863-895.
- Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Jordan, A. & Löwen, K. (2004). COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 31-53). Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 29(3), S. 233-258.
- Maier, U. (2010). Formative Assessment – Ein erfolversprechendes Konzept zur Reform von Unterricht und Leistungsmessung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 13(2), 293-308.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz.
- Plöger, W., Scholl, D. & Seifert, A. (2015). Analysekompetenz – ein zweidimensionales Konstrukt?! *Unterrichtswissenschaft*, 43(2), 166-184.
- Rogalla, M., & Vogt, F. (2008). Förderung adaptiver Lehrkompetenz: eine Interventionsstudie. *Unterrichtswissenschaft*, 36(1), 17-36.
- Seidel, T., Blomberg, G., & Stürmer, K. (2010). „Observer“ – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. Projekt OBSERVE. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56(Beiheft 56), 296-306.
- Sherin, M. G. (2007). The development of teachers' professional vision in video clubs. In R. Goldman, P. Roy & B. Barron (Eds.), *Video research in the learning sciences* (pp. 383-396). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- van Es, E. A. & Sherin, M. G. (2008). Mathematics teachers' "learning to notice" in the context of a video club. *Teaching and Teacher Education*, 28, 244-276.
- Weinert, F. E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft - Ansprüche an das Lernen in der Schule. *Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz*, 2, 1-16.

Daniel Kost<sup>1</sup>  
 Sophie Kirschner<sup>1</sup>  
 Claudia von Aufschnaiter<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Justus-Liebig-Universität Gießen

## Reflexion im Schulpraktikum – Haupterhebung

In der Lehrerbildung leisten Reflexionen einen Beitrag zum lebenslangen Lernen von Lehrpersonen (Dewey, 1933; Loughran, 2002) und damit einhergehend zur Weiterentwicklung von Unterricht (Korthagen, 2001). Dementsprechend wird Reflexion als Teil professioneller Kompetenz von Lehrkräften angesehen (Baumert & Kunter, 2006; Korthagen, 2001; Schön, 1987; vgl. Abels, 2011) und ist ein Ziel der Lehramtsausbildung auf nationaler (KMK, 2004, 2008) und internationaler Ebene (z. B. NBPTS, 2014). Obwohl der Begriff „Reflexion“ bisher nur wenig trennscharf und in unterschiedlicher Weise definiert ist (Clará, 2015, Hatton & Smith, 1995; van Manen, 1995; Wenzlaff, 1994), lassen sich zentrale Merkmale von Reflexionen identifizieren: (1) Reflexion ist ein Denkprozess, der (2) durch Unsicherheit ausgelöst wird und sich (3) auf das eigene Verhalten bezieht (Copeland, Birmingham, De la Cruz & Lewin, 1993; Dewey, 1933; Korthagen, 2001; Schön, 1983). Ausgehend von diesen zentralen Merkmalen wird im Rahmen der hier vorgestellten Studie versucht, Reflexion weiter zu operationalisieren, um Reflexionsprozesse von Studierenden des Lehramtes mit dem Unterrichtsfach Physik situationsspezifisch erfassen zu können.

### *Reflexion „in-action“ und „on-action“*

Eine mögliche Unterscheidung von Reflexionen wird bzgl. der zeitlichen Nähe zu der Situation getroffen, die die Reflexion auslöst (Schön, 1983; vgl. Altrichter, 2000; Wyss, 2013). Die sogenannte „reflection-in-action“ findet direkt in der Situation statt, ist eher spontan, intuitiv und schnell. Reflection-in-action kann noch einen direkten Einfluss auf die Situation haben, da sie unmittelbar mit dem Bemerkten der Unsicherheit verknüpft wird. Im Gegensatz dazu findet die „reflection-on-action“ nach der Situation statt, sie ist überlegt und geplant. Aus einer reflection-on-action kann sich also keine direkte Beeinflussung der sie auslösenden Situation ergeben. Aufgrund der Planbarkeit bildet reflection-on-action einen guten Ausgangspunkt, Reflexionskompetenz in der Lehrerbildung aufzubauen. Die damit einhergehende „Entschleunigung“ hilft, explizit Elemente aus Praxis und Theorie zu verbinden, wie es für reflexive Prozesse gefordert wird (vgl. Davis 2006; Leonhardt & Rihm, 2011).

### *Komponenten eines Reflexionsprozesses*

Üblicherweise werden Reflexionen als Prozesse begriffen, die sich aus mehreren Komponenten zusammensetzen (Clará, 2015). Die genaue Beschreibung der einzelnen Komponenten weicht zwar erkennbar voneinander ab, kann im Kern jedoch vier zentralen Schritten zugeordnet werden (Hatton & Smith 1995; Korthagen, 2001; van Manen, 1977): (A) Das Beschreiben relevanter Situationen, (B) das Deuten dieser Situationen, (C) die Suche nach möglichen Ursachen für die Situation und die sich daraus ergebenden Deutungen und (D) das Ableiten von Konsequenzen. Die Anordnung der Komponenten legt nahe, dass diese streng iterativ durchlaufen werden, eine solche Abfolge ist aus unserer Sicht aber kein Strukturmerkmal von (verbalisierten bzw. schriftlichen) Reflexionen. Es ist z. B. denkbar, dass eine Lehrkraft zunächst äußert, dass eine Schülerin eine Aufgabe nicht angemessen löst (B), diese Deutung dann anhand einer Beobachtung belegt (A) und anschließend darauf schließt, dass sie sich als Lehrkraft während der Planung nicht hinreichend über mögliche Schülervorstellungen zum Thema informiert und diese in der Abfassung des Arbeitsauf-

trages berücksichtigt hat (C). Es ist zudem denkbar, dass aus den Prozessen keine Konsequenzen (D) abgeleitet werden, eine solche Reflexion wäre aus unserer Sicht unvollständig. Reflexionen unterscheiden sich aus unserer Sicht insofern von (Unterrichts)Analysen, als dass sie explizit Bezug auf das eigene Verhalten bzw. dessen Wirkung nehmen (vgl. Copeland et al., 1993; Leonhard & Rihm, 2011). Diese bisher auf struktureller Ebene beschriebenen Merkmale sollen im weiteren Verlauf des Projektes durch weitere auf die inhaltliche Qualität gerichtete Merkmale ergänzt werden (vgl. Copeland et al., 1993; Davis, 2006, Hatton & Smith, 1995, Korthagen, 2001; van Manen, 1977 Hatton & Smith, 1995; Korthagen, 2001).

### Forschungsanliegen

Die nach Sichtung der Literatur normativ-theoretisch abgeleiteten Merkmale von Reflexionen sollen in einem ersten Schritt für die Analyse von empirischen Daten genutzt und dabei weiter ausdifferenziert werden. Weitere Forschungsfragen befassen sich mit Gemeinsamkeiten und Unterschieden von Reflexionsprozessen in angeleiteten Reflexionsanlässen (Hinweis auf Komponenten wird gegeben) gegenüber nicht angeleiteten Anlässen sowie in schriftlichen versus verbalisierten Reflexionen. Zusätzlich wird der Zusammenhang zwischen den Reflexionsprozessen und den individuellen Personenmerkmalen betrachtet (Biographie der Studierenden, ihre Selbsteinschätzung bezüglich ihrer eigenen Reflexionsfähigkeit und pedagogical content knowledge).

### Fachpraktikum Physik

Den Fokus legt die vorliegende Studie auf Praxisphasen bzw. auf das Fachpraktikum in Physik, da Praxisphasen besonders bedeutsam für die Entwicklung von Reflexionsfähigkeit sind (Rahm & Lunkenbein, 2014) und mit Reflexionsgelegenheiten einen großen Einfluss auf Überzeugungen und Tätigkeiten von angehenden Lehrpersonen haben (Gotwals & Birmingham, 2015). Das Fachpraktikum besteht aus den folgenden drei Komponenten:

#### *Vorbereitungsveranstaltung (WiSe)*

Die Studierenden planen im Rahmen der Vorbereitung eine Unterrichtsreihe (ca. 8 Stunden). Die Vorbereitung umfasst auch eine kurze Reflexionsübung anhand eines videographierten Unterrichtsabschnitts einer fremden Lehrkraft. Im Rahmen dieser Reflexionsübung werden den Studierenden die Komponenten einer Reflexion entlang eines Leitfadens vorgestellt, der als mögliche Deutungen 10 Aussagen anführt, die aus Merkmalen guten Unterrichts abgeleitet sind (Abb. 1).

#### *Durchführung (Feb. / März, 5 Wochen)*

Nach einer Hospitationsphase führen die Studierenden den vorbereiteten Unterricht in einer Klasse durch. In der dritten oder vierten Woche werden sie von einer Tutorin oder einem Tutor der Universität besucht, dabei wird der Unterricht protokolliert und direkt im Anschluss gemeinsam besprochen (ca. 45-60 Minuten). Im Nachgespräch werden die Studierenden aufgefordert, ein aus ihrer Sicht wichtiges Element

Die SuS haben den Unterricht positiv erlebt.
Die SuS wussten immer, was zu tun ist und worum es geht.
Die methodischen Entscheidungen haben das Lernen der SuS gut unterstützt.
Die Lehrkraft hat zum Mitarbeiten ermutigt, Rückmeldungen gegeben und ist konstruktiv mit Fehlern umgegangen.
Die Zeit für die einzelnen Abschnitte war ausreichend und wurde effizient genutzt.
Die Lehrkraft war jederzeit fachlich kompetent.
Viele SuS waren häufig kognitiv am Unterricht beteiligt.
Die angestrebten Konzepte (Kompetenzen) wurden von den SuS eigenständig erreicht.
Die Lehrkraft hat ihre SuS ernstgenommen und für einen respektvollen Umgang gesorgt.
Die Lernangebote waren für die Mehrzahl der SuS weder zu leicht noch zu schwer.

Abb. 1: Zehn Aussagen zur Reflexion

aus dem Unterricht zu benennen und anschließend die 10 Aussagen (Abb. 1) in Bezug auf ihren Unterricht nach dem Grad der Zustimmung zu sortieren. Über drei dieser 10 Aussagen wird dann ausführlich gesprochen und abschließend nach je einem Vorsatz für die nächste Planung und den nächsten Unterricht gefragt. Das gesamte Nachgespräch wird, mit Einverständnis aller Anwesenden, audiographiert und den Studierenden noch am gleichen Tag zur Verfügung gestellt. Vor dem Beginn der Nachbereitungsveranstaltung geben die Studierenden ihren Praktikumsbericht ab.

#### *Nachbereitung und Interview*

Die Nachbereitungsveranstaltung besteht aus zwei Blockterminen und einem individuellen Interview, das für alle Studierenden verpflichtend ist und bei Einverständnis auf Video aufgezeichnet wird. Im Interview sollen die Studierenden unter anderem erneut ihren Unterricht im Hinblick auf die zehn Aussagen (Abb. 1) reflektieren. Dazu wird ihnen ein gekürztes Protokoll der Stunde vorgelegt, das Gegenstand der Nachbesprechung im Praktikum war. Die Interviewsituation verläuft analog zur Nachbesprechung im Praktikum, bildet jetzt aber sowohl einen nicht angeleiteten Reflexionsprozess ab (für eine der 10 Aussagen) als auch einen Reflexionsprozess mit Anleitung (für zwei weitere der 10 Aussagen). In der Anleitung werden die Komponenten einer Reflexion kurz erläutert und für die Reflexion als Orientierung schriftlich ausgelegt.

#### **Stichprobe**

An der Praktikumsveranstaltung haben im Studienjahr 15/16 insgesamt 22 Studierende erfolgreich teilgenommen, von denen sich 20 mit der Datenaufnahme und -auswertung einverstanden erklärt haben. Von diesen 20 Studierenden belegen drei Männer das Lehramt Physik für Haupt und Realschulen sowie 14 Männer und sechs Frauen das Lehramt Physik für Gymnasien. Für erste Analysen wurden vier Studierende ausgewählt (zwei Frauen und zwei Männer), die sich in Bezug auf die Veränderung ihrer Selbsteinschätzung (vor und nach dem Praktikum erfasst) und Vornoten unterscheiden.

#### **Auswertung und erste Ergebnisse aus den Interviews (Nachbereitung)**

Die oben angeführten Komponenten einer Reflexion (A-D) wurden ebenso wie weitere Merkmale in ein Kodiersystem überführt und für die transkriptgestützte Analyse der Interviewdaten genutzt. Alle vier Komponenten können in den Daten identifiziert, jedoch nicht immer trennscharf zugewiesen werden. Im Hinblick auf den Unterschied zwischen der angeleiteten und unangeleiteten Reflexion im Interview zeigen sich Hinweise darauf, dass eine Anleitung zu vermehrter Ursachenforschung und zu vermehrter Ableitung von Konsequenzen führen kann und sich gleichzeitig die Anzahl von Beschreibungen und Deutungen verringert sowie die Reflexionszeit erhöht. Individuelle Unterschiede deuten aber auch darauf hin, dass die Ausprägung dieser Prozesse von Personenmerkmalen abhängig ist. Es ist weiter zu prüfen, ob sich systematische Einflüsse der durch die Studierenden für die vertiefte Reflexion ausgewählten Aussagen (Abb. 1) finden lassen (manche Aussagen also z. B. systematisch mit vermehrter Ursachenforschung einhergehen) und/oder die vorliegende Unterrichtssituation bestimmte Komponenten in spezifischer Weise ermöglicht bzw. beschränkt.

#### *Weiteres Vorgehen*

Eine weitere Kodierung der Aussagen im Hinblick auf deren Qualität und Angemessenheit ist geplant. Zusätzlich sollen die Daten der anderen Studierenden ausgewertet werden. Um der Forschungsfrage bezüglich der unterschiedlichen Reflexionsanlässe nachgehen zu können, werden sowohl der Bericht als auch die Nachgespräche nach dem Unterricht zusätzlich zu dem Interview herangezogen werden.

**Literatur**

- Abels, S. (2011). *LehrerInnen als „Reflective Practitioner“: Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Altrichter, H. (2000). Handlung und Reflexion bei Donald Schön. In G. H. Neuweg (Hrsg.), *Wissen - Können - Reflexion. Ausgewählte Verhältnisbestimmungen* (S. 201–222). Innsbruck: Studien Verlag.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Clarà, M. (2015). What is reflection? Looking for clarity in an ambiguous notion. *Journal of Teacher Education*, 66(3), 261–271.
- Copeland, W. D., Birmingham, C., De la Cruz, E., & Lewin, B. (1993). The reflective practitioner in teaching: Toward a research agenda. *Teaching & Teacher Education*, 9(4), 347–359.
- Davis, E. A. (2006). Characterizing productive reflection among preservice elementary teachers: Seeing what matters. *Teaching and Teacher Education*, 22(3), 281–301.
- Dewey, J. (1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. Boston, New York: D. C. Heath and Co.
- Gotwals, A. W., & Birmingham, D. (2016). Eliciting, identifying, interpreting, and responding to students' ideas: Teacher candidates' growth in formative assessment practices. *Research in Science Education*, 46(3), 365–388.
- Hatton, N., & Smith, D. (1995). Reflection in teacher education: Towards definition and implementation. *Teaching & Teacher Education*, 11(1), 33–49.
- KMK. (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*, in der Fassung vom 12.06.2014. Abgerufen am 13.10.16 von [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf)
- KMK. (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*, in der Fassung vom 08.09.2016. Abgerufen am 13.10.2016 von [http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2008/2008\\_10\\_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf)
- Korthagen, F. A. J. (2001). *Linking practice and theory: The pedagogy of realistic teacher education*. Mahwah, New Jersey: Erlbaum.
- Leonhard, T., & Rihm, T. (2011). Erhöhung der Reflexionskompetenz durch Begleitveranstaltungen zum Schulpraktikum? – Konzeption und Ergebnisse eines Pilotprojekts mit Lehramtsstudierenden. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 4(2), 240–270.
- Loughran, J. J. (2002). Effective reflective practice: In search of meaning in learning about teaching. *Journal of Teacher Education*, 53(1), 33–43.
- National Board for Professional Teaching Standards. (2014). Science standards for teachers of students ages 11-18+. Abgerufen am 14.10.2016 von [www.nbpts.org/sites/default/files/documents/certificates/NB-Standards/Science\\_NB\\_Standards.pdf](http://www.nbpts.org/sites/default/files/documents/certificates/NB-Standards/Science_NB_Standards.pdf)
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner*. San Francisco: Jossey-Bass.
- van Manen, M. (1977). Linking ways of knowing with ways of being practical. *Curriculum Inquiry*, 6(3), 205–228.
- van Manen, M. (1995). On the epistemology of reflective practice. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 1(1), 33–50.
- Wenzlaff, T. (1994). Training the student to be a reflective practitioner. *Education*, 115(2), 278–287.
- Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion: Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften. Empirische Erziehungswissenschaft: Band 44*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.

### Erhebung diagnostischer Performanz bei der Diagnose von Schülervorstellungen (in der Mechanik)

Die hohe Bedeutung von Schülervorstellungen für die Planung von Unterricht und das Lernen von Physik ist in der Physikdidaktik anerkannt (vgl. Duit, 2015; Hopf et al., 2011). Inwieweit (angehenden) Lehrkräften diese bei Schülerinnen und Schülern erkennen und diagnostizieren können, ist bislang nicht bekannt.

#### Testinstrument

Aufgrund dieser Ausgangslage ist ein videobasiertes, Interviewleitfaden gestütztes Testinstrument entwickelt worden, mit dem anhand von drei Diagnosesituationen die diagnostische Performanz erhoben werden kann. Herzstück einer jeden Diagnosesituation ist dabei ein kurzes Video, welches drei bzw. vier Schülerinnen und Schüler zeigt, die eine qualitative Aufgabe bearbeiten. Die Aufgaben sind angelehnt an den FCI und enthalten vier Antwortmöglichkeiten. Bei der Überlegung, welche die richtige Antwort ist, kommt es in den Videos zu Gruppendiskussionen,

1. Diagnosesituation (Waagerechter Wurf)	2. Diagnosesituation (Kreisbewegung)	3. Diagnosesituation (3. Axiom)
S1: Bewegungen sind Bewegungsabläufe im Ganzen	S5: Bewegte, aktive Körper haben Kraft	S4: Kraft als allgemeine Wirkungsfähigkeit
S4: Kraft als allgemeine Wirkungsfähigkeit	S7: Bewegung in Richtung der Resultierenden	S5: Bewegte, aktive Körper haben Kraft
S10: Gravitation ist keine „richtige“ Kraft und hat seltsame Eigenschaften	S8: Kraftausübung als Aktivität	S8: Kraftausübung als Aktivität
	S11: Bei Kreisbewegung wirkt die Zentrifugalkraft	S9: Widerstandskonzept über träge Masse, Erdanziehungskraft/ Gewicht und Reibungskräfte

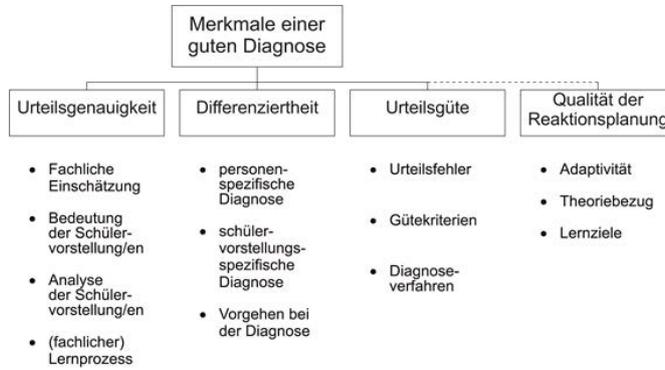
Abb. 1: Eindeutig diagnostizierbare Schülervorstellungen in den drei Diagnosesituationen

bei denen aufgrund von Äußerungen auf dahinterliegende Schülervorstellungen geschlossen werden kann. Dabei enthält jede der Diagnosesituationen drei bis vier typische Schülervorstellungen aus der Mechanik. Insgesamt sind acht von elf typischen Schülervorstellungen in der Mechanik in den drei videographierten Gruppendiskussionen erkennbar, wobei drei dieser Schülervorstellungen jeweils in zwei Diagnosesituationen vorkommen (vgl. Abb. 1). Die Auswahl und Festlegung der drei Videos erfolgte anhand von Kriterien in zwei Expertenrunden sowie dem anhand des Kategoriensystems der Schülervorstellungen (vgl. Rath, Reinhold, 2015b; Rath, Reinhold, 2016).

Zur Erhebung der diagnostischen Performanz erhalten die Testpersonen vor der eigentlichen diagnostischen Tätigkeit zunächst die Möglichkeit, sich mit der „Videoaufgabe“ vertraut zu machen. Inwiefern die Personen die Aufgabe richtig lösen, selber Schülervorstellungen besitzen bzw. ihr fachdidaktisches Wissen zu Schülervorstellungen aktivieren, wird in einem Gespräch mittels Tonband festgehalten. Im Anschluss wird jeweils eine der drei videographierten Gruppendiskussionen in Echtzeit präsentiert. Darauf erfolgt ein leitfadengestütztes Interview zum diagnostischen Urteil bzgl. der Schülervorstellungen und dem damit verbundenen Diagnoseprozess. Hierbei werden beispielsweise einzelne

Schülerinnen und Schülern, einzelne Äußerungen oder auch gruppenspezifische Prozesse thematisiert.

Das Interview bzw. das diagnostische Urteil der Testpersonen wird anhand von drei bzw. vier in diesem Projekt entwickelten Qualitätsmerkmale (vgl. Abb. 2 sowie Rath, Reinhold, 2015a) ausgewertet. Dazu wurde ein kategorienbasiertes Auswertungssystem



entwickelt, mit dem die qualitativ vorliegenden Daten in quantitative

Abb. 2: Qualitätsmerkmale und zugehörige Indikatorengruppen zur Erfassung der diagnostischen Performanz

Werte transformiert werden können. Eine Validierung dieses Auswertungssystems bzw. der damit vollzogenen Testwertinterpretationen erfolgte mittels Mehrfachcodierungen. Dazu wurde ein Drittel des gesamten Datenmaterials (N=19, d.h. 57 Interviews) der Erhebung zwei- bzw. dreifach codiert. Die Werte der Übereinstimmung (prozentuale Übereinstimmung, Cohens- und Fleiß- $\kappa$ ) lagen für die jeweils betrachteten Ebenen (Kategorienblöcken, Diagnosesituation, getroffenen Entscheidungen) stets im guten bis sehr guten Bereich.

**Erste Ergebnisse**

Eingesetzt wurde das Testinstrument im Sommer 2015 bei 19 Studierenden, die sich in Erstsemester (Ba-A), Studierenden Ende des Bachelors (Ba-E) und Studierende im Master nach dem Praxissemester (Ma) aufteilen lassen. Erste Auswertungen beschränken sich auf das Erkennen bzw. das Diagnostizieren der oben genannten Schülervorstellungen (d.h. der fachlichen Einschätzung).

Aufgrund der Ergebnisse (vgl. Abb. 3) kann, trotz Schwierigkeitszunehmender Anordnung der Videos, zum einen bezogen auf die Gesamtkohorte und speziell bei den Ba-E ein Lerneffekt während der Studie vermutet werden.

	Waagerechter Wurf		Kreisbewegung		3. Axiom		Gesamt	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
<b>Alle</b>	<b>0.54</b>	0.23	<b>0.67</b>	0.30	<b>0.79</b>	0.17	<b>0.67</b>	0.19
Ba-A (N=5)	<b>0.40</b>	0.15	<b>0.30</b>	0.21	<b>0.70</b>	0.21	<b>0.47</b>	0.15
Ba-E (N=8)	<b>0.54</b>	0.25	<b>0.72</b>	0.21	<b>0.84</b>	0.13	<b>0.70</b>	0.16
Ma (N=6)	<b>0.67</b>	0.21	<b>0.92</b>	0.13	<b>0.80</b>	0.19	<b>0.79</b>	0.11

Abb. 3: prozentuale Anteile der erkannten Schülervorstellungen

Ebenso fallen leichte Unterschiede vor allem zwischen den Erstsemestern und den anderen beiden Gruppen auf, die jedoch, wie auch der vermutete Lerneffekt, nicht signifikant sind. Weiterhin lässt sich vermuten, dass die Diagnose von Schülervorstellungen situations- bzw.

kontextabhängig ist. Dafür sprechen sehr schlechte Werte für die interne Konsistenz der Skala, sowohl auf der Ebene der einzelnen Diagnosesituationen als auch auf der übergreifenden Ebene. Dies wird dadurch gestützt, dass die in zwei Diagnosesituationen auftretenden Schülervorstellungen unterschiedlich gut bzw. nicht gut von denselben Probanden erkannt worden sind. Hierbei ist einschränkend jedoch zu beachten, dass die einzelnen Schülervorstellungen unterschiedlich präsent in den videographierten Gruppendiskussionen sind und die Stichprobe mit  $N=19$  für solche Interpretationen sehr klein ist.

Weiterhin konnte festgestellt werden, dass das Erkennen dieser Schülervorstellungen nicht im Zusammenhang damit steht, inwiefern die Probanden die Videoaufgabe selbst korrekt lösen können oder ob fachdidaktisches Wissen zu Schülervorstellungen vor der eigentlichen diagnostischen Tätigkeit aktiviert wurde.

### **Ausblick**

Ausgehend von diesen ersten Ergebnissen sollen in weiteren Analysen die übrigen Indikatorengruppen bzw. Qualitätsmerkmalen ausgewertet werden. Ziel ist dabei, einen umfangreicheren und detaillierteren Einblick in die diagnostische Performanz der angehenden Physiklehrkräfte zu erhalten, der zudem Aussagen über mögliche Zusammenhänge der einzelnen Indikatorengruppen und Qualitätsmerkmale zulässt. Ebenfalls stehen noch Zusammenhangsanalysen zwischen der diagnostischen Performanz sowie weiteren Personenmerkmalen aus. Hierzu zählen demographische Daten, die Selbsteinschätzung hinsichtlich der diagnostischen Kompetenz (Klingsieck, unveröffentlicht), das fachdidaktische Wissen (Gramzow, 2015), das Fachwissen (Woitkowski, 2015) und das pädagogische Wissen (Riese, 2009).

**Literatur**

- Duit, R. (2015): Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: Kircher, E.; Girwitz, R.; Häußler, P. (Hrsg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. Springer-Verlag. S. 657-680.
- Hopf, M.; Schecker, H.; Wiesner, H. (Hrsg.) (2011): Physikdidaktik kompakt. Aulis Verlag.
- Rath, V.; Reinhold, P. (2014) : Diagnosekompetenz von Physiklehramtsstudierenden. In: S. Bernholt, (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013, S. 441-443. Münster: Lit.
- Gramzow, Y. (2015): Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion. Dissertation. Berlin: Logos.
- Rath, V.; Reinhold, P. (2015a): Modellierung diagnostischer Kompetenz von Physiklehramtsstudierenden. In: S. Bernholt (Hrsg.): Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Bremen 2014, S. 130-132. Münster: Lit.
- Rath, V.; Reinhold, P. (2015b): Diagnostische Kompetenz von Physiklehramtsstudierenden GEBF-Tagung, Bochum. Abrufbar unter: [https://physik.uni-paderborn.de/fileadmin/physik/Arbeitsgruppen/AG\\_Reinhold/PDF/Poster/Diagnostische\\_Kompetenz\\_von\\_Physiklehramtsstudierenden\\_2\\_Rath.pdf](https://physik.uni-paderborn.de/fileadmin/physik/Arbeitsgruppen/AG_Reinhold/PDF/Poster/Diagnostische_Kompetenz_von_Physiklehramtsstudierenden_2_Rath.pdf)
- Rath, V.; Reinhold, P. (2016): Schülervorstellungen in der Mechanik und ihre kriteriengeleitete Diagnose in Videos. In: C. Maurer (Hrsg.): Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Berlin 2015, S. 149-151. Universität Regensburg.
- Riese, J. (2009): Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Dissertation. Berlin: Logos Verlag.
- Woitkowski, D. (2015): Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung – Konzeptionalisierung, Messung, Niveaubildung. Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 185. Berlin: Logos.

Michael Szogs<sup>1</sup>  
 Marvin Krüger<sup>1</sup>  
 Friederike Korneck<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Goethe-Universität Frankfurt

## **Erhebung von Unterrichtsqualität mittels hoch-inferenter Videoratings - das Ratingmanual der $\Phi$ actio-Studie**

### **Einleitung**

Dieser Beitrag stellt das Ratingmanual der  $\Phi$ actio-Studie vor, mit dem die Qualität von Physikunterrichtsminiaturen gemessen wird. Ziel der Studie ist die Untersuchung des Einflusses von Professionswissen und Lehrerüberzeugungen angehender Physiklehrkräfte auf ihre Unterrichtsqualität. Die Studie ist an eine Microteaching-Lehrveranstaltung gekoppelt, bei der Studierende und Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst eine inhaltlich abgeschlossene Unterrichtsminiatur zu einem Freihandexperiment planen, vor einer fremden Schulklasse durchführen und anschließend reflektieren. Die Unterrichtsminiaturen zeichnen sich durch eine Komplexitätsreduktion dahingehend aus, dass nur eine Klassenhälfte unterrichtet wird und die Dauer des Unterrichts einer Lehrperson auf circa zwölf Minuten beschränkt ist. Die Lehrkräfte erhalten die Möglichkeit, ihre Unterrichtsminiatur nach einem kollegialen Feedback leicht verändert ein zweites Mal an demselben Unterrichtstag mit der anderen Klassenhälfte zu gestalten (vgl. Korneck et al. 2016).

Zur Erhebung der Unterrichtsqualität werden die Unterrichtsminiaturen videografiert, um sie mit Hilfe des nachfolgend dargestellten Ratingmanuals auszuwerten.

### **Zielsetzung und Struktur des Ratingmanuals**

Ein zentrales Ziel in der Entwicklung des Manuals ist es, die Unterrichtsqualität auf Ebene von Subdimensionen reliabel erfassen zu können. Damit soll die Auflösung bei der Untersuchung von Zusammenhangsstrukturen zur professionellen Kompetenz erhöht werden, um spezifischere Ergebnisse erhalten zu können. Gleichzeitig soll das Instrument mit einem möglichst geringen Zeitaufwand und ohne eine aufwendige Einarbeitung der Rater verwendet werden können. Hierzu wird angestrebt, das Ratingmanual möglichst gut handhabbar zu gestalten, um dennoch zufriedenstellende Beobachterübereinstimmungen zu erzielen.

Inhaltlich orientiert sich das Manual an dem Modell der drei Basisdimensionen von Klieme, Schümer und Knoll (2001) in der von Kunter und Voss (2011) beschriebenen Variante und umfasst entsprechend die *kognitive Aktivierung*, die *konstruktive Unterstützung* und die *Klassenführung*. Dabei wird die konstruktive Unterstützung getrennt in einen strukturellen Bereich, der die gezielte Förderung des Lernprozesses der Schülerinnen und Schüler durch die Lehrperson untersucht und einen affektiven Bereich, der auf das Schaffen eines positiven Klassenklimas mit Motivation und Interesse fördernden Elementen fokussiert. Kognitive Aktivierung beschreibt, inwiefern die Lehrperson die Schülerinnen und Schüler zu einem vertieften Nachdenken über den Lerngegenstand anregt, während die Klassenführung umfasst, ob die Lehrperson einen reibungslosen Unterrichtsablauf gewährleistet. Weiterhin werden die drei Basisdimensionen durch zwei Skalen zur *fachlichen Korrektheit* und *fachlichen Transparenz* des Unterrichts ergänzt.

Eine Herausforderung bei der Entwicklung des Manuals war die physikunterrichtsspezifische Operationalisierung der allgemeinen Unterrichtsqualitätsmerkmale. Hierzu wurden Items aus der PERLE-Videostudie (Lotz, Lipowsky & Faust, 2011), der IPN-Videostudie (Seidel, Prenzel, Duit & Lehrke, 2003), der COACTIV-Studie (Baumert et al., 2009), Vogelsang (2015) sowie einem im hessischen Referendariat eingesetzten Reflexionsbogen zusammengetragen und an Unterrichtsfach sowie Setting

adaptiert. Anschließend wurden die inhaltlich sowie empirisch strukturierten Subdimensionen durch Eigenentwicklungen ergänzt. Ein Teil dieser neu entwickelten Items ließ sich dabei unmittelbar aus der Veranstaltung selbst gewinnen. Die von den Studierenden in den Feedbackrunden eingebrachten Verbesserungsvorschläge zu den Unterrichtsminiaturen haben sich als sehr geeignete Indikatoren für Unterrichtsqualität gezeigt, sodass sie mit geringer Modifikation als Items übernommen werden konnten. Das Ergebnis ist ein Ratingmanual, mit dem die Ausprägung von 20 Subskalen der Unterrichtsqualität auf Basis des Gesamteindrucks der Unterrichtsminiatur beurteilt werden kann. Die nachfolgende Tabelle 1 bietet eine Übersicht der Subskalen.

Basisdimension	Subskalen (Anzahl der Items)
Kognitive Aktivierung	Umgang mit Vorwissen und Schülerbeiträgen (8), Kognitive Selbstständigkeit (11), Diskursives Lernen (8), Potential zum Konzeptwechsel (8)
Konstruktive (affektiv)	Unterstützung Lehrer-Schüler-Beziehung (8), Anerkennung (5), Fehlerkultur (7), Interesse (6), Relevanz (6), Autonomie (9)
Konstruktive (strukturell)	Unterstützung Interaktionstempo (6), Adaptive Erleichterung (9), Diagnose von Verständnisschwierigkeiten (12), Inhaltliche Kohärenz (8)
Klassenführung	Allgegenwärtigkeit (6), Gruppenfokus (9), Übergangs- und Zeitmanagement (8), Störungsfreiheit (7)
	Fachliche Korrektheit (6), Fachliche Transparenz (6)

*Tab. 1: Überblick über die Skalen des Ratingmanuals*

### **Ratingprozess**

Jeder Skala ist eine einführende Grundidee vorangestellt. Diese beschreibt einleitend den adressierten Unterrichtsqualitätsaspekt und unterstützt so die Beurteilung der Items, welche auf einer vierstufigen Likert-Skala eingeschätzt werden. Für das Rating wird zunächst die gesamte Unterrichtssequenz beobachtet, um dann die Items auf Basis sämtlicher Vorkommnisse und Interaktionen in der jeweiligen Miniatur einzuschätzen. Für die Durchführung eines vollständigen Ratings werden weniger als 30 Minuten benötigt: ungefähr 12 Minuten für das Betrachten der Unterrichtsminiatur und weitere 12-15 Minuten für die Einschätzung der Items.

Anstelle einer expliziten Schulung der Rater, welche einen zusätzlichen Arbeitsaufwand von bis zu 50 Stunden bedeuten würde (Praetorius, 2014), ist es aufgrund des geringen Zeitaufwandes der Ratings lohnenswerter gewesen, mit vier Ratern eine größere Anzahl an Ratern einzusetzen. Zudem wurden die Rater durch Einbeziehen in die Endphase der Entwicklung des Manuals implizit auf ihre Tätigkeit vorbereitet. Falls möglich wurden sie in die Pilotierungen und Auswahl von Items einbezogen, sodass sie erste Einblicke gewinnen konnten.

### **Reliabilitäten der Ratings**

Mit Hilfe des Manuals wurde die Unterrichtsqualität von 186 Unterrichtsminiaturen bzw. 93 Lehrpersonen eingeschätzt. Tabelle 2 zeigt die erzielten Skalen- und Beobachterreliabilitäten der vier Rater sowie die relativen Generalisierbarkeitskoeffizienten für die drei Basisdimensionen und den Durchschnittswert für alle 20 Subdimensionen.

	Kognitive Aktivierung	Konstruktive Unterstützung	Klassenführung	Mittelwert der Subskalen
Cronbachs $\alpha$	.91	.87	.67	.88
ICC (2)	.88	.87	.83	.79
Rel. G-Koeffizient	.85	.77	.64	.78

Tab. 2: Reliabilitäten der Basis- und Subdimensionen

Mit der kognitiven Aktivierung und der konstruktiven Unterstützung werden bei allen drei Reliabilitätskriterien gute Werte erreicht. Lediglich die Klassenführung zeigt sich mit einem Wert für Cronbachs  $\alpha$  von .67 und einem G-Koeffizienten von .64 als heterogene Skala: Die einzelnen Subskalen haben unterschiedliche Schwierigkeiten und werden von den Lehrpersonen in unterschiedlichem Maß erfüllt. Die niedrige Skalenreliabilität der Klassenführung lässt sich auf die Spezifität des Settings zurückzuführen, bei dem Bereiche des Klassengeschehens im Rahmen der Lehrveranstaltung vorstrukturiert sind und somit eine äußere Störungsprävention die Varianz zwischen den Lehrpersonen herabsetzt.

Auch auf Ebene der Subdimensionen werden die üblichen Cut-Off-Kriterien erfüllt. Im Durchschnitt erreichen sie Werte von etwa .80 bzw. im Falle der internen Konsistenz von .90. Mit Ausnahme der *Diagnose von Verständnisschwierigkeiten* mit einer ICC(2) von .60 erreichen sämtliche Subdimensionen zufriedenstellende Reliabilitäten. Hier konnte mithilfe der Generalisierbarkeitstheorie aufgedeckt werden, dass die schlechte Beobachterübereinstimmung auf Strenge- und Milde-Effekte zurückzuführen ist, bei der einzelne Rater alle Lehrpersonen gleichermaßen besser bzw. schlechter bewerten.

#### Weiterentwicklung: Kurzfragebogen

Mit Hilfe der Generalisierbarkeitstheorie wurde weiterführend eine Kurzversion des Manuals entwickelt. Diese soll während der Lehrveranstaltung genutzt werden, um die Unterrichtsqualität durch die etwa neun hospitierenden Peers einschätzen zu lassen. Unter Berücksichtigung dieser erhöhten Rateranzahl konnte im Rahmen einer Entscheidungsstudie (vgl. Brennan, 2011) die für die einzelnen Subdimensionen notwendige Itemanzahl berechnet und im Zuge von Optimierungen stark gekürzt werden. Der so entwickelte Fragebogen wurde bereits pilotiert und verspricht eine reliable Erhebung bei einer benötigten Ausfüllzeit von lediglich vier Minuten. Es gilt zu überprüfen, inwiefern dieser neu entwickelte Peer-Fragebogen das Videorating überflüssig werden lässt.

#### Resümee

Das Manual kann die gesetzten Ziele in einem sehr zufriedenstellenden Maß erfüllen. So ist es möglich, in einer relativ kurzen Ratingzeit mit vier Ratern die Qualität von Physikunterrichtsminiaturen auf Subdimensionsebene, also mit einer hohen Auflösung, reliabel zu erfassen.

Die so gewonnenen Daten zur Unterrichtsqualität wurden bereits in Regressionsanalysen mit Daten der professionellen Kompetenz der Lehrpersonen zusammengeführt. Dabei konnten tatsächlich Effekte der Lehrerüberzeugungen und des Fachwissen auf die Unterrichtsqualität nachgewiesen werden, welche in Krüger, Szogs und Korneck (in diesem Band) näher diskutiert werden.

**Literatur**

- Baumert, J., Blum, W., Brunner, S., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Kunter, M., Löwen, K., Neubrand, M., & Tsai, Y.-M. (2009). COACTIV Dokumentation. Berlin: MPI für Bildungsforschung.
- Brennan, R. L. (2011). Generalizability Theory and Classical Test Theory. *Applied Measurement in Education*, 24, 1-21.
- Klieme, E., Schümer, G. & Knoll, S. (2001). Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I. "Aufgabenkultur" und Unterrichtsgestaltung: In E. Klieme, J. Baumert, P. Baptist, W. Blum, W. Bos, J. Doll et al. (Hrsg.), TIMSS - Impulse für Schule und Unterricht. Forschungsbefunde, Reforminitiativen ; Praxisberichte und Video-Dokumente (BMBF publik, Stand: Sept. 2001, S. 43-57). Bonn.
- Korneck, F., Oettinghaus, L., Kunter, M. & Redinger, R. (2016). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen - Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In Rauin, Herrle, & Engartner (Hrsg.), Videoanalysen in der Unterrichtsforschung - Methodische Vorgehensweisen und aktuelle Anwendungsbeispiele. Weinheim: Beltz Juventa
- Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften - Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 85–113). Münster: Waxmann.
- Lotz, M., Lipowsky, F., Faust, G. (Hrsg.) (2013). Dokumentation der Erhebungsinstrumente des Projekts "Persönlichkeits- und Lernentwicklung von Grundschulkindern" (PERLE). 3. Technischer Bericht zu den PERLE-Videostudien. Frankfurt am Main: Gesellschaft zur Förderung Pädagogischer Forschung (GFPF).
- Praetorius, A.-K. (2014). Messung von Unterrichtsqualität durch Ratings (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 90). Münster: Waxmann.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., & Lehrke, M. (Hrsg.) (2003). Technischer Bericht zur Videostudie Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht". Kiel: IPN
- Vogelsang, C. (2015). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von Physiklehrkräften - Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz. Berlin: LOGOS-Verlag

## **Einfluss epistemischer Überzeugung auf Planungsprozesse im Lehr-Lern-Labor**

Die erste Phase der Lehrerbildung ist in besonderem Maße gefordert, eine alleinige Orientierung von Studierenden an Lehrprozessen zu verhindern und den Blick auf die Lernprozesse zu richten, also den viel beschworenen „switch from teaching to learning“ (Guskin, 1994) zu fördern. Diese Forderung findet sich auch in den Standards zur Lehrerbildung (KMK, 2014) wieder. Ein solcher Paradigmenwechsel muss durch neue Seminarangebote unterstützt werden, die praxisorientiertes Lernen mit Theorieelementen verknüpfen. Lehr-Lern-Labore können dabei ein wesentliches Strukturmittel sein, das zumindest bezüglich unterrichtlicher Situationen die Komplexität für die Studierenden reduziert und es gleichzeitig ermöglicht, fachdidaktisches Wissen in Praxissituationen umzusetzen (Nordmeier et al., 2014). Als Teil eines Verbund-Projektes, das von der Deutschen Telekom Stiftung gefördert wird, werden in Oldenburg Lehr-Lern-Labore in der Lehrerbildung genutzt, um bei Studierenden zur Kultivierung eines forschenden Blicks auf die Schülerlernprozesse beizutragen. Eine Pilotstudie (Smoor & Komorek, 2016) hat gezeigt, dass individuelle Überzeugungen von Studierenden zu epistemischen Fragen handlungsleitend bei der Planung und Umsetzung von Lehr-Lern-Labor-Situationen sind. In der vorliegenden Studie wird dieser Gegenstand vertiefend untersucht.

### **Bezugsrahmen**

Die Daten der Studie werden im Studienmodul „Physikdidaktische Forschung für die Praxis“ generiert. Die Einführungsphase des Moduls umfasst die Themen „Experimentierprozesse von Schüler\*innen“, „Diagnose von Denk- und Lernprozessen“ sowie „Planungstools auf Grundlage der Basismodelle des Lernens“ (z. B. Oser & Sarasin, 1995). Im Anschluss sollen die Studierenden Experimentierprozesse im Lehr-Lern-Labor planen und mit Schüler\*innen umsetzen. Diese werden an drei Nachmittagen im Abstand von ca. einer Woche ins Labor eingeladen. Da es sich immer um die gleichen Schüler\*innen handelt, besteht die Möglichkeit für die Studierenden, sich mit ihren Angeboten an die Schüler\*innen anzupassen (Adaptionsprozess). Mit diesem Design wird unterstützt, dass die Studierenden drei Zyklen der Planung, Durchführung, Diagnose, Reflexion und Adaption durchführen. Dieser Fokus auf die Lernprozesse der Schüler\*innen schlägt sich auch in den gewählten Zielen des Seminars wieder. Die Studierenden sind angehalten, neben der Durchführung der konzipierten Angebote ihren Prozess als Forschungsprozess zu beschreiben (im Sinne von Design-Based-Research, z. B. Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. & Ralle, B., 2013).

### **Forschungs- und Entwicklungsaufgaben**

Die vorangegangenen Überlegungen sind Grundlage für das Design der Studie. Diese ist so angelegt, dass Daten generiert werden, die erstens die Strukturierungsprozesse der Studierenden im Lehr-Lern-Labor modellieren lassen, zweitens die epistemischen Überzeugungen der Studierenden bei der Planung von Angeboten erheben lassen und drittens zu überprüfen helfen, wie Studierende ihre eigenen Lernprozesse als Forschungsprozesse verstehen und darstellen können. Neben den Forschungselementen entstehen im Projekt auch Produkte: die von den Studierenden entwickelten Experimentierkonzepte für Schüler\*innen; ein elaboriertes Seminarconcept für die Hochschullehre; und Elemente für das Curriculum der Lehrerbildung im Fach Physik, das Lehr-Lern-Labore (neben Diagnoseseminaren und Schulpraktika) als zentrale Elemente der Theorie-Praxis-Kopplung ausweist.

### Forschungsfragen und Instrumente

Aus vorangegangenen Studien der Arbeitsgruppe (Mansholt & Komorek, 2015; Smoor & Komorek, 2016) und den Zielen des Verbundprojektes wurden drei Forschungsfragen entwickelt, die in Abbildung 1 mit den zugehörigen Erhebungsinstrumenten dargestellt sind. Für die Studie sind qualitative Forschungsmethoden gewählt worden, um komplexe Entscheidungs- und Begründungszusammenhänge zu erkennen.

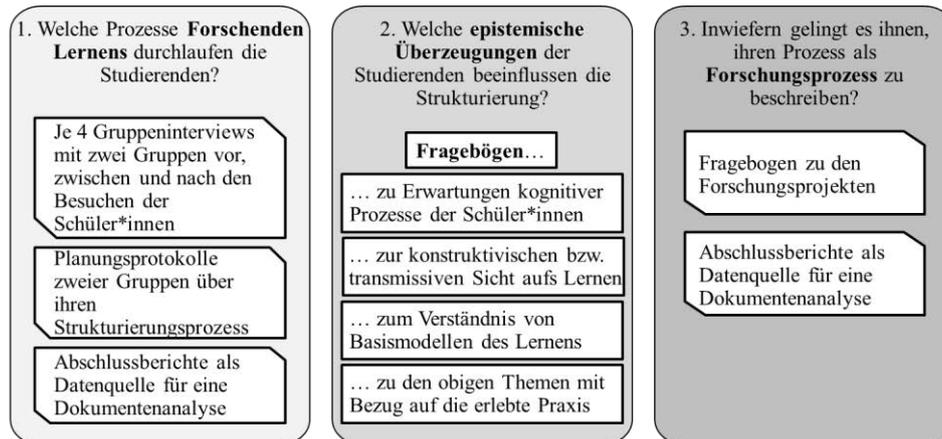


Abb.1: Übersicht über die Forschungsfragen mit den jeweils eingesetzten Instrumenten

Um die Strukturierungsprozesse der Studierenden nachzuzeichnen, werden als Datenquellen Protokolle von Planungssitzungen der Studierendengruppen (acht Gruppen zu je drei Studierenden), Interviews über die Planungsprozesse und die Forschungsberichte der Studierenden genutzt. Zur Erhebung der epistemischen Überzeugungen werden in der ersten Phase des Moduls Fragebögen eingesetzt. In der Reflexionsphase wird ebenfalls ein Fragebogen eingesetzt. Die Forschungsberichte der Studierenden werden auch dazu genutzt, ihre Reflexionstiefe bezüglich der durchgangenen Prozesse zu analysieren (Abels, 2011); vgl. Abb. 1.

### Ergebnisse bezüglich der Forschungsfragen

Bezüglich der Teilprozesse des „Zyklischen Forschenden Lernens“ ergibt sich: Planungshilfen, die den Studierenden in der Einführungsphase nahegebracht werden, werden nur teilweise als hilfreich empfunden und somit zu wenig genutzt. In der Durchführung fällt auf, dass das eigene Lehrhandeln und nicht die Schülerdenkprozesse weiterhin im Zentrum stehen und die Studierenden ihre Schüler\*innen oft eingrenzend anleiten, um die anvisierten Ziele der Angebote auf einer Handlungsebene zu erreichen. Bezüglich der Diagnostik von Denkprozessen der Schüler\*innen durch die Studierenden zeigt sich, dass Diagnosetools nur bedingt eingesetzt werden, um Experimentierprozesse der Schüler\*innen zu verstehen, u.a. weil oft nur begrenzte kognitive Prozesse bei den Schüler\*innen unterstellt werden, wie das folgende Zitat illustriert: *Student: „...da ist halt eigentlich kein großartiges [...] physikalisches Wissen, kein - also laufen nicht viele kognitive Prozesse ab, für die es sich auf physikalischer Ebene lohnen würde, das zu diagnostizieren und deswegen lassen wir die einfach mal machen...“* Das Zitat macht deutlich, dass das Modul und die Ausbildung der Studierenden zuvor viel stärker auf die Gedankenwelt der Schüler\*innen ausgerichtet sein muss, sodass die Studierenden für diese sensibilisiert werden. Deutlich wird auch der enge Zusammenhang zwischen der Einstellung zum Lernen und der Strukturierung von Lehr-Lern-Labor-Situationen.

Die Analyse der Reflexionsprozesse der Studierenden zeigt, dass sie auftretende Probleme der Umsetzungen ihrer Angebote eher äußeren Umständen zuschreiben als ihren eigenen unangemessenen Planungen. Wenn doch, dann überarbeiten sie meist lediglich ihre Zeitplanung, nicht aber die „Lernstruktur“ ihrer Angebote. Dies steht im Zusammenhang damit, dass sie Schüleraussagen wenig Gewicht beimessen. Es wird dann behauptet, dass Aussagen unbewusst getätigt werden oder nicht Ausdruck kognitiver Prozesse bei den Schüler\*innen sind. Bei den Grundvorstellungen der Studierenden überwiegen transmissive Vorstellungen vom Lernen von Schüler\*innen, wonach Wissen übergeben und übernommen werden kann. Im Interview und in den Fragebögen werden explizit aber meist konstruktivistische Ansätze angeführt, die die Studierenden in ihren Didaktikveranstaltungen kennengelernt haben. Offenbar wird als sozial erwünscht angesehen, diese zu referieren. Im Hinblick auf die dritte Forschungsfrage ist zu sagen, dass es für die Studierenden eine Herausforderung darstellt, ihren eigenen Prozess als Forschung zu begreifen und darzustellen. Die geforderten Forschungsberichte ähneln meist Praktikumsberichten mit hohem narrativem Anteil. Das Herausarbeiten von Hypothesen, denen im Lehr-Lern-Labor nachgegangen werden kann, kommt zu kurz, zu kritischen Reflexionen ihrer eigenen Prozesse (Abels, 2011) sind nur wenige Studierende in der Lage. Hier zeigt sich, dass der Nutzen von Lehr-Lern-Labor-Situationen nicht automatisch das Forschende Lernen unterstützt. Die abschließende Auswertung der vorliegenden Daten wird hier weitere Ergebnisse liefern.

### Konsequenzen für die Modul- und Curriculumsentwicklung

Grundsätzlich erreicht das Modul „Physikdidaktische Forschung für die Praxis“ unter Nutzung des Lehr-Lern-Labors physiXS seine Ziele, die Sensibilisierung für Lernprozesse von Schüler\*innen und die Verdeutlichung der Nützlichkeit von Forschungsergebnissen für die Konstruktion eigener Praxisangebote. Allerdings besteht die Gefahr der Überforderung der Studierenden, indem Entwicklung und Forschung von ihnen gleichzeitig betrieben werden müssen. Hier wäre die Aufgabe, nicht nur das hier betrachtete Modul zu überarbeiten, sondern seine Stellung im Gesamtcurriculum stärker zu hinterfragen und es systematisch mit Schulpraktika und anderen Angeboten im Lehr-Lern-Labor zu verknüpfen, vgl. Abb. 2. Eine Konsequenz der vorliegenden Studie ist, dass Entwicklungs- und Forschungsarbeiten anfänglich eher getrennt werden müssen, um einer Überforderung entgegenzutreten. Forschendes Lernen umfasst schließlich mehrere Phasen, die durchaus unterschiedliches Gewicht an bestimmten Stellen des Curriculums haben können.

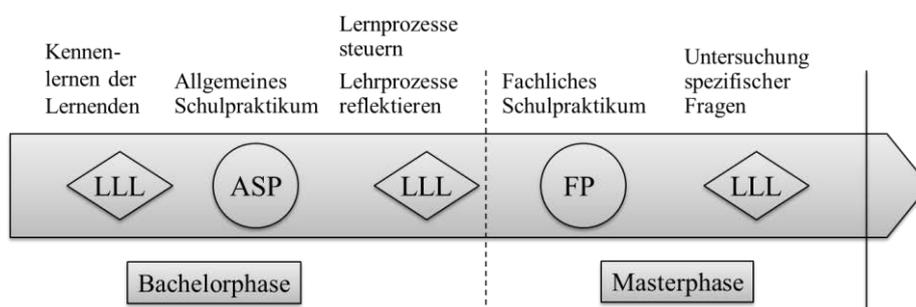


Abb.2: Vorschlag eines Curriculums zur Einbindung von Lehr-Lern-Laboren (LLL) mit ihren möglichen Funktionen in die Lehramtsausbildung. Die Schulpraktika (ASP und FP) als zentrale Praxisphasen im Studium dienen hierbei als Orientierungspunkte im vorgestellten Curriculum.

**Literatur**

- Abels, S. (2011). LehrerInnen als „Reflective Practitioner“. Springer Fachmedien.
- Guskin, A. E. (1994). Reducing student costs & enhancing student learning part II: Restructuring the role of faculty. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 26(5), 16-25.
- Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. & Ralle, B. (2013) Gegenstandsorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen - Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.). *Der lange Weg zu Unterrichtsdesign – Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme*. Münster: Waxmann.
- KMK (2014). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Abgerufen von <http://www.kmk.org/dokumentation/veroeffentlichungen-beschluesse/bildung-schule/allgemeine-bildung.html> [10.06.2015]
- Komorek, M. (2015). Schülerlabore als dynamischer Lernort eines praxisnahen Lehrerbildung. In: O. Haupt (Hrsg.). *Festschrift 10 Jahr Lela*. Dänischenhagen: Lernort Labor e.V.
- Mansholt, M. & Komorek, M. (2015). Adaptive Planungs- und Diagnoseprozesse im Lehr-Lern-Labor. In: S. Bernholt (Hrsg.) *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. GDCP Jahrestagung in Bremen 2014, Kiel: IPN, 289-291
- Nordmeier, V. et al. (2014). Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore – Forschungsorientierte Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung. Antrag an die Deutsche Telekom Stiftung.
- Oser, F., & Sarasin, S. (1995). Basismodelle des Unterrichts: von der Sequenzierung als Lernerleichterung. LLF-Berichte/Interdisziplinäres Zentrum für Lern- und Lehrforschung. Universität Potsdam. Verfügbar unter <http://opus.kobv.de/ubp/volltexte/2005/469>.
- Smoor, S. & Komorek, M. (2016). Forschendes Lernen von Lehramt Physik-Studierenden im Lehr-Lern-Labor. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 494). Universität Regensburg

Benjamin J. Tempel<sup>1</sup>  
 Ernst Lexen<sup>2</sup>  
 Markus Wilhelm<sup>3,1</sup>  
 Markus Rehm<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pädagogische Hochschule Heidelberg  
<sup>2</sup> Universität Heidelberg  
<sup>3</sup> Pädagogische Hochschule Luzern

## **Professionelle Unterrichtswahrnehmung der Vermittlung von Modellkompetenz im Chemieunterricht – ein Vignettentest**

### **Abstract**

Einige aktuelle Studien zeigen, dass die Professionelle Unterrichtswahrnehmung (*professional vision*) von Lehrkräften prädiktiv für die Leistung ihrer Schülerinnen und Schüler ist (Kersting et al. 2012). Entsprechende Befunde zum adäquaten Einsatz von Modellen im Chemieunterricht liegen bislang nicht vor. Voraussetzung hierfür wäre ein valides Testinstrument, hinsichtlich ökologischer Generalisierbarkeit. Aus diesem Grund wurde ein Vignettentest entwickelt, der es erlaubt, die Professionellen Unterrichtswahrnehmung angehender Lehrkräfte für den Chemieunterricht zu erheben. Der Test wurde in einer mehrstufigen Expertenbefragung validiert. Die Teilkonstrukte zur Vermittlung von Modellkompetenz wurden durch ein systematisches Literaturreview extrahiert und in einer konfirmatorischen Faktorenanalyse Noticing- und Reasoningfacetten modelliert. Die Daten der Hauptstudie wurden IRT-skaliert. Es werden Befunde ( $N = 310$ ) der Hauptuntersuchung erläutert.

### **Theorie**

Modellkompetenz ist Teil einer angemessenen naturwissenschaftlichen Grundbildung (*scientific literacy*), und es ist eine wichtige berufliche Anforderung an Lehrkräfte Modellkompetenz vermitteln<sup>1</sup> zu können. Entsprechend ist das Thema schon viel beforscht (z. B. van Driel und Jong 2015). Dennoch fehlt es bislang an einer handlungsnahen, die Erkenntnisse strukturierenden Übersicht über Studien, die Aufschluss über die notwendigen Lehrkompetenzen zur Vermittlung von Modellkompetenz geben. Ein vorliegendes systematisches Literaturreview (Tempel et al. eingereicht) soll dies leisten und gleichsam zur Operationalisierung der beruflichen Anforderung „*Vermittlung von Modellkompetenz*“ in entsprechende Teilkonstrukte genutzt werden.

Es zeigt sich, dass bestehende Testverfahren oft die ökologische Generalisierbarkeit (Messick 1989) außen vor lassen. Dies verbindet sich mit der bestehenden Kritik an traditionellen Paper-Pencil-Tests (Rehm und Bölsterli 2014) zur Erhebung professioneller Lehrkompetenz. Hieraus wird seit längerem die Forderung nach kontextualisierten Kompetenztests abgeleitet (König 2015). Indes: Die direkte Erhebung von Lehrkompetenz, ist nicht möglich (vgl. Weinert 2001). Auch Unterrichtsbeobachtungen, auf deren Grundlage Rückschlüsse auf bestehende Lehrkompetenz konkret gezogen werden kann, haben erhebliche Nachteile: Zum einen sind aus Gründen beschränkter Forschungszeit Aussagen nur über verhältnismäßig wenige Lehrkräfte möglich. Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit sind schwierig. Zum anderen muss von einer gewissen Inszenierungswahrscheinlichkeit (Henkenborg et al. 2008, S. 41) ausgegangen werden, die Rückschlüsse auf alltäglichen Unterricht einschränkt.

Um die *Fähigkeiten zur Vermittlung von Modellkompetenz* kontextualisiert erheben zu können, wurde ein entsprechender Vignettentest mit geschlossenen Items entwickelt. Als

---

<sup>1</sup> Unter *Vermittlung* wird im Folgenden ein Lernangebot verstanden, dass mit vergleichbar hoher Wahrscheinlichkeit von Schülerinnen und Schülern genutzt wird (vgl. das Angebots-Nutzungs-Modell nach Fend 2001).

abhängige Variable wurde die Professionelle Unterrichtswahrnehmung (Goodwin 1994) in den Dimensionen *Noticing* und *Reasoning* gewählt. Als *Noticing* wurde die mit Hilfe eines systematischen Literaturreview operationalisierten *Teilkonstrukte (Fähigkeiten) zur Vermittlung von Modellkompetenz* sowie die zur Erhebung der Teilkonstrukte notwendigen Unterrichtssituationen in Form von Vignetten definiert. Als *Reasoning* wurden die Facetten aus *Diagnosemöglichkeiten, Unterrichtsbewertungen* und *Handlungsalternativen auswählen können* (vgl. Kleinknecht und Schneider 2013; Stürmer und Seidel 2015) definiert und entsprechend in den Fragen zu den Itembatterien formuliert. Meschede et al. gehen davon aus, dass *Noticing* auch indirekt über offene, geratete Items erhoben werden könne, „da sie anders als geschlossene Formate den Fokus der Aufmerksamkeit nicht durch Itemtexte vorwegnehmen“. Über geschlossene Itemformate könne hingegen nur *Reasoning* erhoben werden, welches immer auch Elemente des *Noticings* enthalte (Meschede et al. 2015, S. 320).

Im Gegensatz dazu wird hier davon ausgegangen, dass künftige Lehrkräfte aufgrund ihrer noch nicht ausreichenden Expertise durch geschlossene Itemformate Hinweise auf den notwendigen Fokus ihrer Aufmerksamkeit bekommen, diese jedoch erst mit steigender Expertise tatsächlich als Hinweis wahrnehmen können. Es besteht für Lehramtsstudierende die Annahme, dass es eine Expertiseschwelle gibt, die die Wahrnehmung von Hinweisen für die Aufmerksamkeitsfokussierung im Sinne einer Bewusstseinerweiterung (*awareness*) voraussetzt (Rehm und Buck 2014). Eine Fragestellung der mit dem entwickelten Vignettentest durchgeführten Untersuchung war, ob sich durch den Einsatz konfirmatorischer Faktorenanalysen ein Modell Professioneller Unterrichtswahrnehmung modellieren lässt, in dem sich das Teilkonstrukt *Noticing* valide abbilden lässt. Dies kann dann als Hinweis verstanden werden, dass es möglich ist, mit dem vorliegenden Test Komponenten des *Noticings* zu erheben. Genutzt wurde ein querschnittlich erhobener Testscorezuwachs von  $N = 310$  Studierenden.

### Ergebnisse

Durch den Einsatz von konfirmatorischen Faktorenanalysen (Mplus, Schätzer: WLSMV) konnte ein dreifaktorielles *Noticing*konstrukt mit den oben erwähnten Teilkonstrukten modelliert werden (RMSEA: 0.029; CFI: 0.91; TLI: 0.88; vgl. Abb. 1).

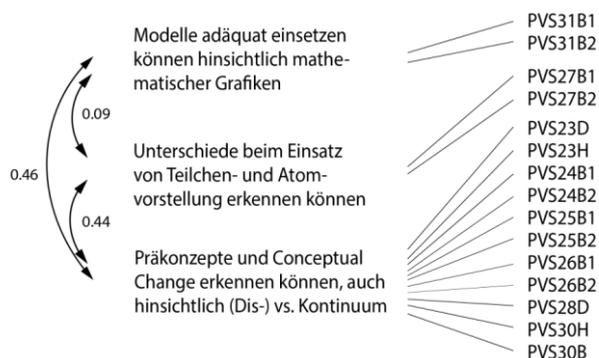


Abb. 1: Mplus-basierte konfirmatorische Faktorenanalyse des *Noticings* zur Vermittlung von Modellkompetenz. Bis auf die Kovarianz zwischen Modelle adäquat einsetzen können und Unterschiede beim Einsatz von Teilchen- und Atomvorstellungen erkennen können ( $p = 0.537$ ) sind die latenten Korrelationen signifikant.

Die Fähigkeiten *Unterschiede beim Einsatz von Teilchen und Atomvorstellungen erkennen können* und *Modelle adäquat einsetzen können* sind latent klar getrennte Konstrukte (.09).

Dies entspricht der Schulerfahrung und gibt wiederum Hinweise auf die Validität des Tests. *Modelle adäquat einsetzen können* und *Präkonzepte und Conceptual Change erkennen können* korrelieren erwartungskonform moderat (.46). Dies gilt auch für *Präkonzepte und Conceptual Change erkennen können* sowie *Unterschiede beim Einsatz von Teilchen und Atomvorstellungen erkennen können* (.44). Eine analoge Modellierung der Reasoningkomponente zeigte keine Passung auf die Datenstruktur.

### **Diskussion**

Die auf Grundlage eines systematischen Literaturreviews operationalisierte Noticingstruktur zur Vermittlung von Modellkompetenz lässt sich als dreifaktorielles Modell (Noticing) mit den oben genannten Teilkonstrukten modellieren. Der knapp zu schlechte Fitindex TLI lässt sich evtl. mit einer äußerst heterogenen, internationalen Probandenzusammensetzung und damit auch einer größeren (auch kulturellen) Diversität (Brovelli et al. 2011) begründen. Die Annahme der Testung des Reasonings zur Vermittlung von Modellkompetenz muss jedoch zurückgewiesen werden.

**Literaturverzeichnis**

- Brovelli, Dorothee; Kauertz, Alexander; Rehm, Markus; Wilhelm, Markus (2011): Professionelle Kompetenz und Berufsidentität in integrierten und disziplinären Lehramtsstudiengängen der Naturwissenschaften [Professional competence and professional identity in teacher training programs with integrated and separate science approaches]. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 17, S. 57–87.
- Fend, Helmut (2001): *Qualität im Bildungswesen. Schulforschung zu Systembedingungen, Schulprofilen und Lehrerleistung*. 2., bereinigte Aufl. Weinheim, München: Juventa-Verl. (Juventa-Paperback).
- Goodwin, Charles (1994): Professional Vision. In: *American Anthropologist* 96, S. 606–633.
- Henkenborg, Peter; Krieger, Annett; Pinsler, Jan; Behrens, Rico (2008): Die Ebene des Unterrichts: Probleme der Unterrichtsgestaltung. In: Peter Henkenborg, Annett Krieger, Jan Pinsler und Rico Behrens (Hg.): *Politische Bildung in Ostdeutschland. Demokratie-Lernen zwischen Anspruch und Wirklichkeit*. 1. Aufl. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss (SpringerLink : Bücher), S. 39–101.
- Kersting, Nicole B.; Givvin, Karen B.; Thompson, Belinda J.; Santagata, Rossella; Stigler, James W. (2012): Measuring Usable Knowledge: Teachers' Analyses of Mathematics Classroom Videos Predict Teaching Quality and Student Learning. In: *Am Educ Res J* 49, S. 568–589.
- Kleinknecht, Marc; Schneider, Jürgen (2013): What do teachers think and feel when analyzing videos of themselves and other teachers teaching? In: *Teaching and Teacher Education* 33, S. 13–23. DOI: 10.1016/j.tate.2013.02.002.
- König, Johannes (2015): Kontextualisierte Erfassung von Lehrerkompetenzen. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 61 (3), S. 305–309.
- Meschede, Nicola; Steffensky, Mirjam; Wolters, Marco; Möller, Kornelia (2015): Professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. In: *Unterrichtswissenschaft* 43 (4), S. 317–335.
- Messick, Samuel (1989): Validity. In: Robert L. Linn (Hg.): *Educational measurement*. 3. Aufl. New York, London: American Council on Education; Macmillan Pub. Co.; Collier Macmillan Publishers (The American Council on Education/Macmillan series on higher education), S. 13–103.
- Rehm, Markus; Bölsterli, Katrin (2014): Entwicklung von Unterrichtsvignetten. In: Dirk Krüger, Ilka Parchmann und Horst Schecker (Hg.): *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 213–225.
- Rehm, Markus; Buck, Peter (2014): Die Lernwerkstätten als „Pädagogisches Observatorium“. In: Herbert Hagstedt (Hg.): *Lernwerkstätten - Potenziale für Schulen von morgen*. Frankfurt am Main: Grundschulverband (Beiträge zur Reform der Grundschule, 137), S. 292–300.
- Stürmer, Kathleen; Seidel, Tina (2015): Assessing Professional Vision in Teacher Candidates. In: *Zeitschrift für Psychologie* 223 (1), S. 54–63. DOI: 10.1027/2151-2604/a000200.
- Tempel, Benjamin J.; Randler, Christoph; Rehm, Markus; Wilhelm, Markus (eingereicht): Modellkompetenzen im Chemie- und Biologieunterricht. Ein systematisches Literaturreview zur Operationalisierung von Modellkompetenzen auf der Ebene von Lehrkräften und Schülern.
- van Driel, Jan H.; Jong, Onno De (2015): Empowering Chemistry Teachers' Learning: Practices and New Challenges. In: Javier García-Martínez und Elena Serrano-Torregrosa (Hg.): *Chemistry education. Best practices, opportunities and trends*, S. 2–22.
- Weinert, Franz E. (2001): Concept of Competence: A Conceptual Clarification. In: Dominique Simone Rychen und Laura H. Sagalnik (Hg.): *Definition and selection of competencies—theoretical and conceptual foundations*. Kirkland, WA: Hogrefe & Huber, S. 45–65.

Verena Jannack<sup>1</sup>  
 Annette Flechsig<sup>1</sup>  
 Jens-Peter Knemeyer<sup>2</sup>  
 Nicole Marmé<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg  
<sup>2</sup>Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium  
 Mannheim

## Kompetenzentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht

### **Lucycity – ein Unterrichtskonzept für den naturwissenschaftlichen Unterricht**

In den Bildungsplänen der naturwissenschaftlichen Fächer wird neben den fachlichen Grundlagen vor allem auch die Ausbildung bzw. Förderung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen betont. Beispielsweise sollen laut Bildungsplan für das Fach Naturwissenschaft und Technik (NwT) in Baden-Württemberg (MKJS, 2004; 2016) die Arbeit im Team, der Umgang mit Hypothesen sowie die Planung, Dokumentation und Reflexion innerhalb eines Projekts gefördert werden.

Das Unterrichtskonzept *Lucycity* (Marmé, Kneiβl & Knemeyer, 2011) wurde entwickelt, um diese Ansprüche zu bedienen. Die Schülerinnen und Schüler erhalten von einer fiktiven Firma einen interdisziplinären Auftrag, bei dem es sich um die Herstellung eines Produkts, die Entwicklung eines Konzepts oder eine Forschungsaufgabe handelt. Dieser Auftrag soll in Kleingruppen, den sogenannten Abteilungen der Firma, selbstständig bearbeitet werden. Die methodische Grundlage für das Unterrichtskonzept bietet das Problembasierte Lernen, wie es an der *McMaster* Universität in Hamilton, Ontario, Kanada entwickelt wurde (Neufeld & Barrows, 1974) und heute weltweit in verschiedenen Studiengängen eingesetzt wird. Für die Arbeit im schulischen Bereich wurde der ursprüngliche Ablauf in Form eines Kreisprozesses gestaltet und durch Protokollbögen als Dokumentationshilfen gestützt (Jannack, Knemeyer, Schallies & Marmé, 2015). Um die Beschäftigung mit grundlegenden fachlichen Inhalten im schulischen Bereich gewährleisten zu können, wurden sogenannte „Mitarbeiterseminare“ eingeführt. Diese können methodisch variabel gestaltet werden und ermöglichen jeder Lehrkraft eine individuelle inhaltliche Schwerpunktsetzung (Marmé, Kneiβl & Knemeyer, 2011).

### **Einsatz zweier Projekte im Unterricht mit anschließender Schülerbefragung**

Im Folgenden sollen zwei der fiktiven Firmen aus *Lucycity* vorgestellt werden, die die Grundlage einer Befragung von Schülerinnen und Schülern darstellen. Diese sind die Restaurant- und Cateringkette *Lucy's Diner* (Knemeyer, Keller & Marmé, 2011) und die *Windhösel-Kraftwerke* (Jannack, Seeberg, Knemeyer & Marmé, 2011), ein Unternehmen, das sich mit der Erzeugung regenerativer Energie aus Solarstrahlung beschäftigt.

Der Firmenauftrag von *Lucy's Diner* stellt die Schülerinnen und Schüler vor die Aufgabe, ein Restaurant-Konzept zu entwickeln, eine passende Speisekarte zu gestalten sowie ein daraus ausgewähltes Menü zu kochen und einer Jury vorzustellen. Ein unterstützendes Mitarbeiterseminar beschäftigt sich mit Kosten- und Preiskalkulation. Das Projekt kann durch die Aufgabe ergänzt werden, eine Forschungsfrage zum Thema Vitamin C zu entwickeln, umzusetzen und die Ergebnisse in einem Zeitungsartikel darzustellen.

Die Firma *Windhösel-Kraftwerke* beschäftigt sich mit regenerativen Energien und dem Bau von Aufwindkraftwerken. Die Schülerinnen und Schüler bekommen die Aufgabe ein Modell eines Aufwindkraftwerks zu planen und zu bauen. Anschließend sollen mit diesem Modell durch Veränderung einzelner Parameter Effektivitätsstudien durchgeführt und die Ergebnisse in einem wissenschaftlichen Fachartikel dargestellt werden. Zur Unterstützung wird ein Mitarbeiterseminar zum Thema wissenschaftliches Schreiben durchgeführt.

Die beiden Projekte wurden an einem Gymnasium in Baden-Württemberg im Fach NwT durchgeführt. Dabei wurde das Kochprojekt in achten Klassen und das Aufwindkraftwerk-Projekt in zehnten Klassen eingesetzt. Im Laufe von zwei Jahren nahmen jeweils sechs

Teilgruppen und insgesamt 198 Schülerinnen und Schüler an den beiden Projekten teil. Diese wurden mittels Fragebogen im Prä-Post-Design zu ihren Erfahrungen befragt. Erste Teilergebnisse aus der Evaluation des Aufwindkraftwerk-Projekts können bei Jannack, Knemeyer und Marmé (2016) nachgelesen werden.

Wie das Unterrichtskonzept selbst, wurden auch die einzelnen Unterrichtsprojekte mit dem *Design-based Research*-Ansatz im Laufe der Zeit weiterentwickelt. Während die zentralen Elemente (bspw. Protokollbögen und Mitarbeiterseminare) unverändert blieben, wurde der Fragebogen nach einem Jahr und drei Teilgruppen ( $N_1=90$ ) abgeändert und noch stärker auf eine mögliche Kompetenzentwicklung ausgerichtet ( $N_2=108$ ).

### Arbeit im Team kann durch Protokollbögen verbessert werden

In beiden Befragungsrunden sollten die Schülerinnen und Schüler in der Post-Befragung die Arbeit innerhalb der Abteilungen beurteilen. Die Arbeit wurde insgesamt als angenehm und erfolgreich beschrieben. Es gaben jeweils mindestens zwei Drittel der Befragten an, sie seien mit der Arbeit zufrieden gewesen ( $N_1$ ) und hätten Spaß bei der Arbeit gehabt ( $N_2$ ). Außerdem sei die Arbeit engagiert und produktiv ( $N_1$ ) bzw. strukturiert und organisiert ( $N_2$ ) gewesen. Etwa die Hälfte ( $N_2$ ) gab an, die Arbeit sei gut dokumentiert worden.

In der zweiten Befragung ( $N_2$ ) wurde bereits beim Prä-Fragebogen eine Einschätzung der bisher erlebten Gruppenarbeitsphasen erbeten und diese mit den Einschätzungen der Arbeit in den Abteilungen verglichen. Dabei wurde die Arbeit in den Abteilungen von wesentlich mehr Schülerinnen und Schülern als strukturiert (+21%) und dokumentiert (+14%) wahrgenommen (siehe Abb. 1). Dieser Unterschied kann vermutlich auf den Einsatz der Protokollbögen zurückgeführt werden, der das Vorgehen in der Gruppe strukturiert, dokumentiert und eine Aufgabenverteilung anregt.

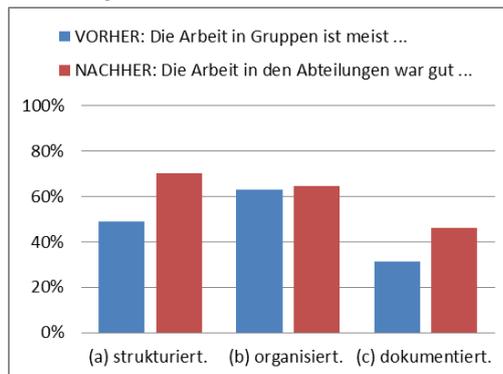


Abb. 1: Einschätzung der Gruppenarbeit vor und nach Durchlaufen eines Lucycity-Projekts

### Bedeutung eines Mitarbeiterseminars zum wissenschaftlichen Schreiben

In der zweiten Befragung sollten die Schülerinnen und Schüler ihre Kompetenzen zum Verfassen naturwissenschaftlich-technischer Texte auf einer Fünfer-Likert-Skala einschätzen (kann ich (1) gut (2) eher gut (3) teils, teils (4) eher nicht (5) gar nicht).

In der Auswertung ergibt sich besonders bei den Befragten der zehnten Klassen ein positives Bild. Es schätzten sich knapp 50% der Schülerinnen und Schüler in der Post-Befragung besser ein, als in der Prä-Befragung. Insgesamt sank der Mittelwert der Angaben von 3,0 auf 2,6 und somit deutlich in den „Können-Bereich“. In der Post-Befragung stufte sich keiner in Kategorie 5 ein. Diese Kompetenzentwicklung kann wahrscheinlich auf die Durchführung eines Mitarbeiterseminars zu diesem Themenkomplex zurückgeführt werden. In diesem wurden wissenschaftliche Texte analysiert, eine Struktur erarbeitet und eine Formatvorlage einer Online-Zeitschrift zur Verfügung gestellt. Die Schülerinnen und Schüler beschäftigten sich bei der Erstellung ihres eigenen wissenschaftlichen Fachartikels ausführlich mit dieser Thematik und so wurde der Kompetenzzuwachs auch durch Beobachtungen der betreuenden Lehrkraft bestätigt.

Im Vergleich änderten sich die Angaben in der Prä-Post-Befragung der achten Klassen nur wenig, wobei sich der Mittelwert bei den Jungen leicht verschlechterte und bei den Mädchen leicht verbesserte. Im Unterrichtsverlauf wurden von der Lehrkraft deutliche Probleme

festgestellt. Es ist zu betonen, dass die Schülerinnen und Schüler im Ernährungsprojekt lediglich einen Zeitungsartikel über ihre Forschung im Bereich Vitamin C ausarbeiten sollten und dass dazu kein unterstützendes Mitarbeiterseminar durchgeführt wurde. Unter diesen Voraussetzungen kann nicht von einer konkreten Kompetenzentwicklung ausgegangen werden. Allerdings konnten die Schülerinnen und Schüler erste Erfahrungen im Bereich wissenschaftliches Schreiben sammeln und wurden für das Wesentliche sensibilisiert.

Der Vergleich beider Gruppen gestaltet sich aufgrund der unterschiedlichen Projekte und Altersklassen schwierig. Aber dennoch entsteht der Eindruck, dass die Mitarbeiterseminare bei der Einübung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen eine unterstützende Rolle einnehmen können.

### **Mitarbeiterseminar zum Thema naturwissenschaftliche Hypothesen nötig**

Die Schülerinnen und Schüler sollten in der zweiten Befragung auch ihre Kompetenzen zur Formulierung und Untersuchung von naturwissenschaftlich-technischen Hypothesen auf einer Fünfer-Likert-Skala einschätzen (Einteilung siehe oben).

Auch in diesem Bereich schätzten sich die Zehntklässlerinnen und Zehntklässler nach dem Projekt besser ein und bescheinigten sich damit einen Kompetenzzuwachs. Bei den Befragten der achten Klassen ist das Bild nicht so eindeutig und es schätzte sich sogar ein Drittel in der Post-Befragung schlechter ein. Dies ist ein deutliches Indiz für eine Sensibilisierung. Den jungen Lernenden ist es im Vorfeld gar nicht bewusst, was es bedeutet wissenschaftliche Hypothesen zu formulieren und zu untersuchen.

Die Unterrichtsbeobachtungen stützen beide Einschätzungen. So ist eine Kompetenzentwicklung bei den Befragten der zehnten Klassen durchaus wahrscheinlich, da sie sich intensiv mit der Planung ihrer (wahrscheinlich ersten) eigenen Forschung und deren Auswertung auseinandersetzten. Bei den achten Klassen war das Vorgehen sehr chaotisch und häufig wurden Fehler in der Planung erst im Nachhinein festgestellt. Mit dem bisherigen Vorgehen wurden demnach erste Erfahrungen mit naturwissenschaftlicher Forschung und im Umgang mit Hypothesen ermöglicht und in diesem Bereich sensibilisiert. Für die Entwicklung von Kompetenzen in diesem Bereich könnte vor allem für junge unerfahrene Lernende ein Mitarbeiterseminar hilfreich sein.

### **Ausblick**

Während das Unterrichtskonzept *Lucycity* derzeit nicht weiter verändert wird, kommen doch stetig neue Projektaufträge dazu oder werden die bestehenden Unterrichtseinheiten optimiert und weiterentwickelt.

In diesem Zusammenhang soll zunächst das Potenzial der Mitarbeiterseminare noch besser genutzt werden, um die Entwicklung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen bei Schülerinnen und Schülern besser zu fördern. Dazu soll das Mitarbeiterseminar zum wissenschaftlichen Schreiben optimiert und ein weiteres zum Umgang mit Hypothesen ausgearbeitet und erprobt werden.

Das wichtigste Ziel ist, die Verbreitung des Unterrichtskonzepts und der einzelnen Unterrichtsprojekte, da diese ihre kompetenzfördernde Wirkung nur entwickeln können, wenn sie auch im Unterricht eingesetzt werden. Dazu werden in regelmäßigen Abständen Lehrkräftefortbildungen durchgeführt (Jannack, Knemeyer & Marmé, 2016a). Die Chance der Integration in den Unterricht kann dadurch gesteigert werden, dass die Lehrkräfte das Projekt während der Fortbildung einmal selbst als Schülerin oder Schüler durchleben. Auch Unterstützungsangebote für Lehrkräfte können einen Beitrag leisten und so wird das Angebot auf der Lernplattform [www.lucycity.de](http://www.lucycity.de) ständig weiterentwickelt.

**Literatur**

- Jannack, V., Seeberg, S., Knemeyer, J.-P. & Marmé, N. (2011). Windhösel Kraftwerke – ein Projekt zu regenerativen Energien unter Nutzung der virtuellen Lernumgebung Lucycity. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. Münster: LIT-Verlag, 312 – 314
- Jannack, V., Knemeyer, J.-P., Schallies, M. & Marmé, N. (2015). Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 68(6), 363–369.
- Jannack, V., Knemeyer, J.-P. & Marmé, N. (2016). Kompetenzförderung im Naturwissenschafts- und Technik-Unterricht durch den Bau von Aufwindkraftwerksmodellen. *Journal of Technical Education*, 4 (1), 55 – 71
- Jannack, V., Knemeyer, J.-P. & Marmé, N. (2016a). Problembasiertes Lernen in der Lehrkräftefortbildung. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 11 (3), 39 – 52
- Knemeyer, J.-P., Keller, C., & Marmé, N. (2011). Lucy's Diner – Naturwissenschaft und Technik des Kochens. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. Münster: LIT-Verlag, 309 – 311
- Marmé, N., Kneißl, I. & Knemeyer, J.-P. (2011). Die virtuelle Lernstadt Lucycity im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. Münster: LIT-Verlag, 303 – 305
- MKJS: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2004). *Bildungsstandards für Naturwissenschaft und Technik (Profilfach)*. In MKJS (Hrsg.), *Bildungsplan 2004 Allgemein bildendes Gymnasium*. Ditzingen: Reclam, 397 – 402
- MKJS: Ministeriums für Kultus und Sport Baden-Württemberg (2016). *Naturwissenschaft und Technik (NwT) – Profilmfach*. Heft 38, Teildruck aus *Kultus und Unterricht*, Lehrplanheft 3 Reihe G. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag
- Neufeld, V.R. & Barrows, H.S. (1974). The 'McMaster Philosophy': An Approach to Medical Education. *Journal of Medical Education*, 49, 1040 – 1050

Jens-Peter Knemeyer<sup>1</sup>  
 Mathias Lutz<sup>2</sup>  
 Ralf Wehrspohn<sup>3</sup>  
 Ilka Bickmann<sup>4</sup>  
 Nicole Marmé<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium  
 Mannheim  
<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg  
<sup>3</sup>Martin-Luther-Universität Halle  
<sup>4</sup>science2public e.V. Halle

## Ein Assessment-Center zur Kompetenzbewertung im Physikunterricht

### Zusammenfassung

Im nachfolgenden Beitrag wird ein neu entwickeltes Assessment-Center für die Schule vorgestellt, das die Beobachtung verschiedener Kompetenzen, insbesondere Problemlöse- und Teamfähigkeit erlaubt und bereits in der gymnasialen Oberstufe erprobt wurde.

### Einleitung

In modernen deutschen Bildungsplänen wird die Förderung verschiedener Schlüsselkompetenzen wie Teamfähigkeit, Problemlösefähigkeit oder selbständiges Lernen gefordert. Die Umstrukturierung des Schulunterrichts durch Verwendung entsprechender Methoden hinkt diesen Forderungen meist weit hinterher. Ein Grund hierfür ist sicherlich, dass diese Kompetenzen, im Gegensatz zum Umgang mit reinem Fachwissen nur schwer mit herkömmlichen Instrumenten (bspw. Klassenarbeiten) zu beurteilen sind. Dementsprechend gehen sie nur selten und in untergeordneter Rolle in die Schulnoten ein und die SchülerInnen erhalten kein entsprechendes Feedback. Dies hat auch zur Folge, dass die SchülerInnen dem Trainieren dieser Kompetenzen keinen hohen Stellenwert einräumen. Im Gegensatz dazu sind Schlüsselkompetenzen in der Berufswelt von sehr hoher Bedeutung. So führen immer mehr Firmen vor der Einstellung mit den Kandidaten ein Assessment-Center durch, um diese Schlüsselkompetenzen zu überprüfen.

Unter einem Assessment-Center (engl. „to assess“ = beurteilen, bewerten) versteht man heute ein eignungsdiagnostisches Verfahren zur Bewertung, Beurteilung und Feststellung der Eignung von Personen für bestimmte Positionen (Obermann, 2009). In der Regel werden hierfür mehrere Kandidaten über eine fest definierte Zeit von mehreren Beurteilern, sog. Assessoren, mithilfe vorgegebener Beobachtungskriterien systematisch beobachtet und bewertet. Für diese Beobachtungen werden den Kandidaten Aufgaben, Problemstellungen oder kreative Übungen vorgelegt, die in einer bestimmten Zeit gelöst werden sollen. Oft wird hierbei durch die Rahmenbedingungen eine gezielte Überforderung hervorgerufen, um bei den Beobachteten eine Stresssituation zu simulieren. Trotz verschiedener Aufgabenstellungen und Ziele bei allen Assessment-Centern werden grundsätzlich ähnliche Schlüsselkompetenzen wie soziales Verhalten, Konzentrationsfähigkeit, Umgang mit Fach- und Allgemeinwissen und Problemlösefähigkeit geprüft und beurteilt. Es ergibt sich fast zwangsläufig die Frage, ob Assessment-Center grundsätzlich auch in der Schule angewendet werden könnten, um Schlüsselkompetenzen bei SchülerInnen zu verbessern und näherungsweise objektiv zu beurteilen. Nachfolgend wird ein neu entwickeltes Assessment-Center für den Physik- oder Naturwissenschaft und Technik-Unterricht (NwT, Profulfach in Baden-Württemberg) der Oberstufe vorgestellt, welches insbesondere auf die Beobachtung der Team- und Problemlösefähigkeit abzielt.

### Der Auftrag

Die SchülerInnen werden in Kleingruppen (drei bis fünf Personen) eingeteilt und schlüpfen in die Rolle von MitarbeiterInnen einer Versicherungsgesellschaft. Sie werden beauftragt einen Schadensfall zu prüfen, in dem behauptet wird, dass während eines Umzuges zwei

wertvolle antike Fensterscheiben zerstört wurden. Vom Tatort wurden von jeder Scheibe zwei Scherben (je eine rote und eine gelbe) sichergestellt und der SchülerInnengruppe übergeben. Außerdem bekommt jede Gruppe einen Schuhkarton mit folgenden Materialien übergeben: drei Laserpointer (blau 405 nm; grün 532 nm; rot 650 nm), eine Solarzelle, ein Multimeter, Stromkabel und Bastelmaterial (Klebeband und Schere). Des Weiteren bekommen die SchülerInnengruppen drei Informationstexte zu den Themen (1) „Glas und Farbe“, (2) „Gold“ und (3) „Spektroskopie“. Zusätzlich werden jeder Gruppe zwei SOS-Karten zur Verfügung gestellt, die eingesetzt werden können, falls die SchülerInnen ohne Hilfe nicht mehr weiterkommen. Mit diesen Materialien und Informationen sollen die Gruppen innerhalb von 90 Minuten in einem Schnellverfahren überprüfen, ob es sich wirklich um antike Scheiben handelt und anschließend ihre Ergebnisse begründet darlegen. In diesem relativ komplexen Auftrag gibt es mehrere Hürden, sodass es für alle Gruppen zunächst zu einer gewünschten Überforderung kommt. Sehr gute Gruppen sind bis zum Schluss stark gefordert, wobei eine perfekte Lösung und Darstellung der Ergebnisse nur selten erreicht wird. Auf der anderen Seite können aber auch schwächere Gruppen Teillösungen des Problems erarbeiten und somit ein Erfolgserlebnis haben. Im Folgenden wird ein möglicher Lösungsweg dargestellt.

#### **Möglicher Lösungsweg**

Bei Fenster 1 handelt es sich um antike Scheiben, die sich dadurch auszeichnen, dass ihre Färbung durch Gold- (rot) bzw. Silber-Nanopartikel (gelb) erreicht wird. Diese Information befindet sich im Text (1). Die Scherben von Fenster 2 sind moderne Gläser, deren Färbung durch Zusätze, wie verschiedene Metalloxide verursacht wird. Der Unterschied zwischen den Glasscheiben kann sehr gut über die spektroskopischen Eigenschaften, insbesondere der roten Scherben, nachgewiesen werden. Hierzu müssen die SchülerInnen zunächst verstehen, wie die Farbe von Glas erzeugt wird. Die grundlegenden Informationen über Farbigkeit finden sich ebenfalls in den Texten. Im Auszug des englischen Originalartikels zum Thema „Nano-Gold“ können sie ein typisches Absorptionsspektrum einer Lösung von Gold-Nanopartikeln entnehmen, welches eine starke Absorptionsbande bei ca. 520 nm aufzeigt. Dass auch Glas, welches Gold-Nanopartikel enthält, ähnliche spektrale Eigenschaften aufweisen sollte, ist eine naheliegende Transferleistung, da in Text 1 dargestellt wird, dass es sich auch bei Glas streng genommen um eine Flüssigkeit handelt. Die Herausforderung besteht also im Nachweis dieser charakteristischen Absorptionsbande. In der Regel wird von den SchülerInnen zunächst qualitativ überprüft, ob das Licht der einzelnen Laser die Scherben passiert oder von ihnen geblockt wird. Die Scherbe von Fenster 2 (roter Kantenfilter) blockt erwartungsgemäß sowohl den blauen, als auch den grünen Laser vollständig, während das rote Laserlicht die Scherbe durchdringt. Das antike Gold-Rubinglas des ersten Fensters blockt keinen der Laser annähernd vollständig. Es ist aber auch zu erkennen, dass das Laserlicht die Scherbe nicht ungehindert passiert. Hier sind also genauere Messungen nötig. Hierzu müssen die SchülerInnen aus den zur Verfügung stehenden Materialien ein einfaches Absorptionsspektrometer bauen. Über die allgemeine Funktionsweise eines Absorptionsspektrometers können sie sich durch den Artikel (3) informieren. Hier müssen sie gleich mehrere Transferleistungen erbringen. Zunächst muss erkannt werden, dass die Solarzelle als Lichtdetektor verwendet werden kann und mit den drei Lasern, drei verschiedene Wellenlängen als Lichtquelle zur Verfügung stehen. Außerdem ist es nicht möglich zwei Strahlengänge aufzubauen, so dass die Referenzmessung und die Messung der Scherbe nacheinander ausgeführt werden müssen. Unter Raumlicht-Bedingungen ist es nicht möglich sinnvolle Messwerte zu erfassen. Die SchülerInnen müssen ihre Versuchsanordnung durch den Einbau in den Karton möglichst effektiv abdunkeln. Je nach Abschwächung der Laserstrahlen fällt eine unterschiedliche Lichtintensität auf die Solarzelle, welche dadurch eine unterschiedlich hohe Spannung

erzeugt; diese wird mit dem Voltmeter gemessen. Ein möglicher Versuchsaufbau ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Tabelle fasst ein Beispiel für die zu erhaltenden Messwerte zusammen. Es zeigt sich, dass das grüne Licht bei 532 nm effektiver absorbiert wird, als das blaue oder rote Licht, so wie es nach dem Absorptionsspektrum aus Text (2) zu erwarten ist. Dies ist der Beweis dafür, dass in diesem Glas Gold-Nanopartikel enthalten sind und es sich somit um ein antikes Glas handeln könnte.

Laser	Nullwert	rotes Gold-rubinglas	roter Kantenfilter
405 nm	30 mV	15 mV	0 mV
532 nm	77 mV	4 mV	0 mV
650 nm	110 mV	90 mV	103 mV

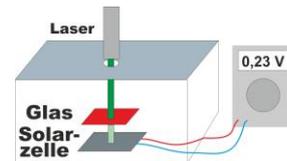


Abb. 1: Beispielhafter Versuchsaufbau (rechts) und erhaltene Messwerte (links). Für die Gläser sind die Differenzen zwischen gemessenen Spannungen und Nullwerten dargestellt.

### Durchführung und Beobachtungen

Das vorgestellte Assessment-Center wurde bislang in zwei Klassen der gymnasialen Oberstufe und zweimal im Rahmen der Nano-Orientierungsakademie ("NOra," 2010) durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass es sowohl in Schulklassen, aber auch für ausgesuchte begabte Schülerinnen gut geeignet ist. In beiden Kontexten gab es Gruppen, die nur einige Teilaspekte bearbeiten konnten, aber auch Gruppen, die eine annähernd perfekte Lösung des Problems präsentieren konnten. Der Lehrkraft bzw. den Assessoren war es gut möglich die Zusammenarbeit zwischen den einzelnen SchülerInnen in einer Gruppe und die verschiedenen Problemlösestrategien zu beobachten. Insgesamt haben fast alle Gruppen sehr konzentriert gearbeitet und waren mit ihren erreichten Ergebnissen zufrieden. Sie empfanden das Projekt, insbesondere das Feedback durch die Lehrkraft oder die Assessoren, als lohnende Erfahrung. Auf den verschiedenen Lösungswegen traten bei den Gruppen am häufigsten folgende Probleme auf: 1) Aus der Information, dass in antiken Gläsern Nano-Metallpartikel verarbeitet sind, folgern viele SchülerInnen, dass diese Gläser den Strom leiten müssten und entwickeln Versuchsaufbauten, um die vermeintliche Leitfähigkeit nachzuweisen. 2) Die Schwankungen auf dem Display des Multimeters werden als reale Messergebnisse interpretiert. An statistische Schwankungen bzw. eine Fehleranalyse wird oft nicht gedacht. 3) Einigen SchülerInnen war nicht klar, dass alle Materialien, auch der Karton selbst, genutzt werden können. 4) Die SOS-Karten wurden oft nicht oder nur sehr zögerlich eingesetzt. Dies lag zum einen daran, dass einige Gruppen den Ehrgeiz hatten, das Problem ganz ohne fremde Hilfe zu lösen; andere Gruppen fiel es schwer, ihr akutes Problem zu definieren und daraus eine geeignete Frage abzuleiten.

Es hat sich gezeigt, dass das entwickelte Assessment-Center nicht nur zur Beobachtung von Schlüsselkompetenzen geeignet ist, sondern auch ein selbstgesteuertes, binnendifferenziertes Arbeiten ermöglicht, da zur Lösung des gesamten Problems viele Zwischenschritte mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad bewältigt werden müssen. Insgesamt ist dieses Assessment-Center in der Schule umsetzbar und kann als Grundlage weiterer Studien dienen.

**Literatur**

- Haiss, W., Thanh, N. T., Aveyard, J., & Fernig, D. G. (2007). Determination of size and concentration of gold nanoparticles from UV-vis spectra. *Analytical Chemistry*, 79(11), 4215–4221.
- nano-orientierungs-akademie. (2010). Retrieved from <http://www.nano-4-women.de/nora/nora-nano-orientierungs-akademie.html>
- Obermann, C. (2009). *Assessment Center*. Springer.

## Fächerübergreifender Unterricht: Interessen- und Kompetenzentwicklung

Seit 2004 wurden in den meisten Bundesländern der BRD Fächer für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht zur Verstärkung der horizontalen Vernetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht implementiert. Dagegen läuft die Einführung von fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern in den höheren Jahrgangsstufen eher zurückhaltend. Lediglich in sieben Bundesländern wurden gesetzlich entsprechende Möglichkeiten geschaffen – zuletzt in Thüringen das Wahlpflichtfach „Naturwissenschaften und Technik“ für die Jahrgangsstufen 9/10 an Gymnasium. Zwar gibt es hierfür eine Reihe an publizierten Unterrichtsvorschlägen, jedoch nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen zur Wirkung fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts (Labudde, 2004).

### Zielsetzung und Design der Studie

Mit der vorgestellten Studie wurde 2015 die unterrichtspraktische Umsetzung des fächerergänzenden Wahlpflichtfaches NWuT in Thüringen und dessen Wirksamkeit u. a. hinsichtlich der Förderung des naturwissenschaftlichen Interesses sowie naturwissenschaftlicher Kompetenzen untersucht. Folgende Fragestellungen werden bearbeitet: Welchen Einfluss hat der fächerergänzende NWuT-Unterricht auf das naturwissenschaftliche Fachinteresse der Schüler? Welchen Einfluss hat der NWuT-Unterricht auf die Entwicklung der untersuchten naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Schüler? Zur Bearbeitung der Forschungsfragen konnten folgende Hypothesen abgeleitet werden:

H-1: Der NWuT-Unterricht führt zu einer Erhöhung des Fachinteresses.

H-2: Der NWuT-Unterricht hat einen nivellierenden Effekt auf das geschlechterspezifische Fachinteresse.

H-4: Der NWuT-Unterricht führt zu einer Förderung der untersuchten Kompetenzen.

Teilnehmer der Studie waren Schüler staatlicher Gymnasien Thüringens am Ende der Jahrgangsstufe 8 (vor Beginn des Wahlpflichtfaches) und am Ende der Jahrgangsstufe 10 (Ende des Wahlpflichtfaches). Das Quasi-Längsschnitt-Design ermöglicht die Erfassung von Trends zwischen den Gruppen. Diese bestehen jeweils aus Schülern des Wahlpflichtfaches NWuT (Interventionsgr.: N = 204) und aus Schülern, die kein naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach belegen, z. B. eine dritte Fremdsprache (Vergleichsgr.: N = 145).

### Testinstrumente und Datenanalyse

Zur Überprüfung der Hypothesen wurden ein Schülerfragebogen und ein Kompetenztest eingesetzt (Dokumentation der Konstruktionen in Hinblick auf die klassischen Testgütekriterien Validität, Reliabilität und Objektivität sowie der Pilotierungen in Busch (2016)). Mithilfe des Schülerfragebogens werden Ausschnitte des naturwissenschaftlichen Interesses erfasst. Ein Schwerpunkt des Fragebogens liegt auf der Erhebung des naturwissenschaftlichen Fachinteresses. Das naturwissenschaftliche Fachinteresse wurde über die Zustimmung zu Aussagen mithilfe von 5-Punkt-Likert-Skalen erfasst (1  $\hat{=}$  „stimmt nicht“ bis 5  $\hat{=}$  „stimmt genau“).

Die theoretische Fundierung des Kompetenztests beruht auf der PISA-Rahmenkonzeption der naturwissenschaftlichen Grundbildung und stellt den Kompetenzbereich *Erkennen von naturwissenschaftlichen Fragestellungen* in den Mittelpunkt. In diesem Bereich geht es um die Identifikation von Sachverhalten, die sich auf naturwissenschaftlichem Wege klären lassen, sowie darum, die entscheidenden Merkmale einer naturwissenschaftlichen Unter-

suchung zu erkennen (OECD, 2007). Aus der Beschreibung der verwendeten Sub-Skala für die vorgenannte Teilkompetenz lassen sich vier Kompetenzbereiche extrahieren: Erkennen und Formulieren naturwissenschaftlicher Fragestellungen, naturwissenschaftliches Messen, Umgang mit Abhängigkeit von Variablen sowie Kontroll- und Störvariablen. Im Ergebnis entstand ein aus 13 Teilkompetenzen bestehendes Raster, von dem angenommen wird, dass es den inhaltlichen Kern zur Erfassung naturwissenschaftlicher Fragestellungen darstellt.

	Fragestellungen	Messen	Abhängigkeit v. Var.	Kontroll-/Störvar.
I	Untersuchungs-zweck	Bestimmung des Gerätes zur Erfassung	Identifikation sich ändernder Größen	Erkennen der Quantifizierbarkeit
II	Fragestellungen zu Versuch	Bestimmung der Messbarkeit	Identifikation von unabhängiger Variable	Erkennen von Störvariablen
III	freie Formulierung zu geg. Thema	Überprüfbarkeit von Aussagen	Identifizierung der Abhängigkeit von Variablen	Berücksichtigung aller Faktoren
IV			Bestimmung der Vergleichbarkeit von Versuchen	

Abb. 1: Raster zur Operationalisierung der Kompetenzen

Zur Untersuchung der Unterschiede zwischen den Jahrgangskohorten und den Schülern verschiedener Wahlpflichtfächer wurde der Mann-Whitney-U-Test gewählt (Hinweise auf die Effektstärke werden durch den Betrag des Korrelationskoeffizienten  $\phi = [0;1]$  gegeben:  $\geq 0,1 \triangleq$  kleiner Effekt;  $\geq 0,3 \triangleq$  moderater Effekt;  $\geq 0,5 \triangleq$  starker Effekt.

#### Ausgewählte Ergebnisse der Studie

Die Ergebnisse der Skalen werden zunächst bezüglich der Jahrgangsstufe und des Wahlpflichtfaches untersucht und danach auf geschlechterspezifische Unterschiede geprüft.

##### Naturwissenschaftliches Fachinteresse

Die Schüler des Wahlpflichtfaches NWuT unterscheiden sich bezüglich der Skala Fachinteresse in beiden Jahrgangsstufen hoch signifikant von den Schülern ohne naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach (Abb. 2). Die Effektstärken weisen mit  $\phi_8 = 0,36$  bzw.  $\phi_{10} = 0,311$  auf moderate Effekte hin. Diese Unterschiede sind erwartungsgemäß, da die Zugehörigkeit der Probanden durch das gewählte Wahlpflichtfach bestimmt ist. Daneben zeigt ein Vergleich der Jahrgangsstufen differenziert nach dem Wahlpflichtfach keine signifikanten Unterschiede. Somit kann die Hypothese H-1 nicht bestätigt werden.

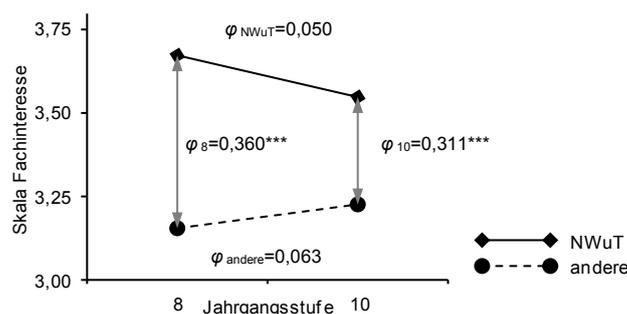


Abb. 2: Fachinteresse nach Wahlpflichtfach (Skala von 1 -5 (kein bis hohes Interesse))

Die zusätzliche Differenzierung der Ergebnisse nach dem Geschlecht der Schüler zeigt für die jeweilige Jahrgangsstufe geschlechterspezifische Unterschiede zugunsten männlicher Schüler. Dabei ist der Unterschied zwischen den männlichen und weiblichen Schülern des

Wahlpflichtfaches NWuT in der Jahrgangsstufe 8 signifikant bei einem moderaten Effekt ( $\varphi = 0,2$ ) und in der Jahrgangsstufe 10 sehr signifikant mit moderatem bis starkem Effekt ( $\varphi = 0,445$ ). Es kann daher vermutet werden, dass die unterrichtspraktische Umsetzung des Faches NWuT nicht zu einer Nivellierung des geschlechterspezifischen naturwissenschaftlichen Fachinteresses führt. Daher kann die Hypothese H-2 nicht bestätigt werden.

#### Naturwissenschaftliche Kompetenzen

Die Jahrgangsunterschiede bezüglich der Gesamtpunkte im Kompetenztest lassen sich sowohl für die NWuT-Schüler als auch für die Schüler ohne naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach nachweisen (Abb. 3). Dabei zeigen die Effektstärken  $\varphi_{\text{NWuT}} = 0,294$  bzw.  $\varphi_{\text{andere}} = 0,278$  auf kleine bis moderate Effekte. Somit kann Hypothese H-4 bestätigt werden, die eine Förderung der naturwissenschaftlichen Kompetenzen in diesem Bereich unterstellt. Mit Blick auf die Unterschiede innerhalb der jeweiligen Jahrgangsstufen unterscheiden sich in der Jahrgangsstufe 8 Schüler des Wahlpflichtfaches NWuT signifikant von Schülern ohne naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach. Das bessere Abschneiden der NWuT-Schüler im Test deutet mit der Effektstärke  $\varphi_8 = 0,149$  auf einen kleinen Effekt hin. Allerdings ist dieser Unterschied in der Jahrgangsstufe 10 nicht nachweisbar ( $p_{10} = 0,102$ ;  $\varphi_{10} = 0,136$ ). Geschlechterspezifische Unterschiede konnten nicht nachgewiesen werden.

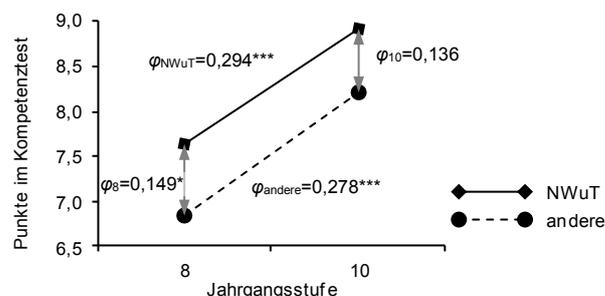


Abb. 3: Kompetenzen nach Wahlpflichtfach (max. Gesamtpunktzahl  $GP_{max} = 13$ )

Inwieweit die nachgewiesene Zunahme der Kompetenzen dem disziplinierten Unterricht oder dem fächerergänzenden Unterricht (NWuT) zuzuschreiben ist, kann nicht abschließend geklärt werden, da sich beide Gruppen bereits am Ende der Jahrgangsstufe 8 unterscheiden. Zwei Grenzfälle der Interpretationen sind denkbar. Entweder der NWuT-Unterricht hat keinen Einfluss auf den Kompetenzbereich, sodass der jahrgangsbedingte Unterschied bei den NWuT-Schülern im Wesentlichen auf einen wirksamen disziplinierten Unterricht zurückzuführen wäre. Oder der NWuT-Unterricht hat neben dem disziplinierten Unterricht für die NWuT-Schüler einen zusätzlichen positiven Einfluss, der eine Weiterentwicklung der Kompetenzen auf einem ohnehin hohen Niveau ermöglicht – ganz im Sinne einer Binnendifferenzierung zwischen NWuT-Schülern und der Vergleichsgruppe.

In der vorgestellten Studien wurden darüber hinaus auch die naturwissenschaftliche Freizeitgestaltung sowie die Wahlmotive, die zur Entscheidung für das Wahlpflichtfach führen, erhoben, ausgewertet und diskutiert sowie der Einfluss der Lehrbefähigung der NWuT-Lehrenden auf die Kompetenzentwicklung der Schüler untersucht (Busch, 2016).

Die Studie ist Teil des BMBF-Forschungsprojektes „Naturwissenschaften integrativ“ der AG Chemiedidaktik der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Hier werden u. a. Teilprojekte durchgeführt, die die Perspektive der Naturwissenschaftslehrenden auf fächerübergreifende Ansätze untersuchen und mittelfristig zu einer Anpassung der ersten und dritten Phase der Lehramtsausbildung an abgeleitete Bedarfe führen sollen (Busch & Woest, 2016).

**Literatur**

- Busch, M. (2016). Empirische Studien zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. Kompetenzförderung, Interessenentwicklung, Wahlmotive und Lehrerperspektive. Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Busch, M. & Woest, V. (2016). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht. Empirische Befunde zu Potential und Grenzen aus Lehrerperspektive. MNU 69, 269–277.
- Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht. Mythen, Definitionen, Fakten. In: Bernholt, S. (Hrsg.). Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Kiel: IPN, 13–24.
- OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development (2007). PISA 2006 – Schulleistungen im internationalen Vergleich. Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen. Bielefeld: Bertelsmann.

### **Experimentieren in Chemie und Physik – mehr als nur ‚hands on‘!**

Das Experimentieren gilt im Chemie- und Physikunterricht als eine zentrale Methode, um sowohl inhalts- als auch prozessbezogene Kompetenzen bei Schülerinnen und Schülern zu entwickeln. In den nationalen Bildungsstandards werden diese Kompetenzen u. a. in den Kompetenzbereichen Fachwissen und Erkenntnisgewinnung definiert (KMK, 2005a, 2005b). Auch in internationalen Curricula werden Kompetenzen beschrieben, die Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren erlangen sollen (z. B. NRC, 2012, 2013). Zu den prozessbezogenen Kompetenzen im Fach Chemie zählen beispielsweise „Die Schülerinnen und Schüler [...] E 2 planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen, E 3 führen qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durch und protokollieren diese, E 4 beachten beim Experimentieren Sicherheits- und Umweltaspekte, E 5 erheben bei Untersuchungen, insbesondere in chemischen Experimenten, relevante Daten oder recherchieren sie“ (KMK, 2005a, S. 12). Beim Lehren prozessbezogener Kompetenzen stehen diese natürlich im Fokus, trotzdem sollen die Schülerinnen und Schüler gleichzeitig inhaltsbezogene Kompetenzen lernen, wie sie etwa durch die Basiskonzepte beschrieben und strukturiert werden, z. B. die Basiskonzepte Materie, Wechselwirkung, System und Energie im Fach Physik (2005b). Im ersten von insgesamt vier Symposiumsbeiträgen wird dieser Aspekt aufgegriffen und es werden von Stender, Schwichow und Härtig Prädiktoren des Fachwissenserwerbs durch Experimentieren analysiert.

Die Definitionen von Kompetenzziele berücksichtigen, dass das Experimentieren im weiteren Sinne ein strukturierter, mehrschrittiger und planvoller Prozess ist, der seitens der Schülerinnen und Schüler die Anwendung unterschiedlicher naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen erfordert. Je nach Ausdifferenzierung des Prozesses umfasst dieser Prozess unterschiedlich viele Phasen bzw. Schritte (vgl. Emden & Sumfleth, 2016). Diese müssen alle oder teilweise durchlaufen werden, wenn das Ziel des Experimentierens die Lösung eines naturwissenschaftlichen Problems oder die Beantwortung einer naturwissenschaftlichen Fragestellung ist. Allen bisherigen Beschreibungen des Prozesses ist gemein, dass sie den ‚klassischen‘ Dreischritt aus Planungs-, Durchführungs- und Auswertungsphase des Experimentierens unterscheiden (Emden & Sumfleth, 2016; Rönnebeck, Bernholt & Ropohl, 2016; s. Abb. 1).

Diesem weiter gefassten Verständnis des Experimentierens steht das enger gefasste Verständnis des Experimentierens gegenüber: Experimentieren i. S. v. planmäßigem Herbeiführen von variablen Bedingungen mit dem Ziel ‚wissenschaftlicher‘ Beobachtungen (Janich, 1995). Damit ist das Experiment ein wiederholbares, objektives Verfahren der Erkenntnisgewinnung, bei dem unter festgelegten und kontrollierten Bedingungen eine Variable systematisch variiert und alle anderen Variablen kontrolliert werden. Dabei wird die Veränderung einer Zielvariablen beobachtet oder gemessen. Das so definierte Experimentieren erfordert seitens der Schülerinnen und Schüler u. a. die Anwendung der Variablen-Kontroll-Strategie (Chen & Klahr, 1999).

Anhand Abb. 1 wird deutlich, dass das Experimentieren im engeren Sinne im Chemie- und Physikunterricht nicht für sich steht, sondern in einen Prozess eingebettet ist, in dem unterschiedliche Denk- und Arbeitsweisen angewendet werden müssen. Im

naturwissenschaftlichen Unterricht hat dieser Prozess zum Aufbau naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen in den vergangenen zwei Jahrzehnten als Konzept des forschenden Lernens (Engl.: inquiry-based learning) Eingang gefunden (Höttecke, 2010; Ropohl, Rönnebeck & Scheuermann, 2015). Aufgrund der vielfältigen Anforderungen von inquiry-based learning wird davon ausgegangen, dass der cognitive load auf Seiten der Schüler bei der Umsetzung des Konzepts hoch ist (Chandler & Sweller, 1991) und deswegen ggf. Maßnahmen zur Reduzierung des cognitive load ergriffen werden müssen z. B. durch die Reduzierung der Komplexität des Prozesses (z. B. Priemer, 2011) oder durch gezielte Unterstützungen (z. B. Lazonder & Harmsen, 2016). Der Symposiumsbeitrag von Scheuermann und Ropohl fokussiert genau auf diese beiden Aspekte: Unterstützung beim inquiry-based learning durch schriftliche Rückmeldungen, insbesondere beim Planen von Experimenten, und Untersuchung des Effekts der schriftlichen Rückmeldungen in unterschiedlich stark vorstrukturierten Lernumgebungen.

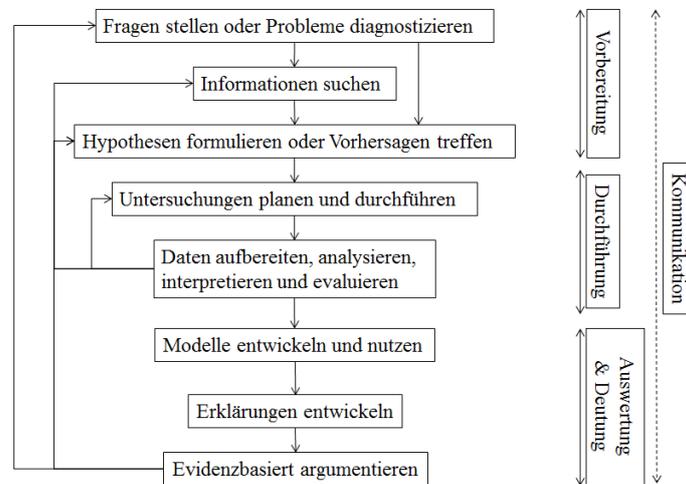


Abb. 1.: Planungs-, Durchführungs- und Auswertungsphase beim forschenden Lernen (Ropohl, Rönnebeck & Scheuermann, 2015; s. a. Rönnebeck, Bernholt & Ropohl, 2016)

Schulz (2011) hat zentrale Ziele und Funktionen der Planungs-, Durchführungs- und Auswertungsphase im Hinblick auf den Kompetenzerwerb der Schülerinnen und Schüler zusammengestellt und gleichzeitig deren Lernschwierigkeiten in den drei Phasen zusammengefasst. In der Planungsphase gilt es zum Beispiel Hypothesen zu formulieren, in der Durchführungsphase gilt es hypothesengeleitet Beobachtungen zu protokollieren und in der Auswertungsphase gilt es die erhobenen Daten mit den eingangs aufgestellten Hypothesen in Beziehung zu setzen. Bei der praktischen Umsetzung haben Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten. Beispielsweise gehen Schülerinnen und Schüler in der Planungs- und Durchführungsphase unsystematisch mit Test- und Kontrollvariablen um. Damit ist eine Überprüfung der eingangs aufgestellten Hypothesen in der Auswertungsphase nicht möglich. Die von Schulz zusammengefassten Schwierigkeiten betonen, dass es beim Experimentieren ganz wesentlich auf die Strukturierung des Lehr-Lern-Prozesses sowie ausreichend Unterstützungsmaßnahmen seitens der Lehrkraft für die Schülerinnen und Schüler ankommt.

Empirische Studien belegen, dass die Höhe der reinen Experimentierzeit im Unterricht Leistungszuwächse beim Aufbau von inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen nicht allein zu erklären vermag (Prenzel et al., 2002). ‚Hands on‘ alleine ist folglich kein geeigneter Prädiktor für den Kompetenzerwerb der Schülerinnen und Schüler. Ziel des

Experimentierens muss vielmehr sein, dass sich Schülerinnen und Schüler auch kognitiv i. S. v. ‚minds on‘ mit dem Prozess auseinandersetzen. Als entscheidend gilt daher die Einbettung des Experiments in den Unterrichtsverlauf und damit in den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler. Diese stand im Fokus des Beitrags von Vorholzer, Hägele und von Aufschnaiter, der die videogestützte Erfassung von Prozessen des Kompetenzaufbaus zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten in unterschiedlich strukturierten Interventionen thematisiert. Der Beitrag von Muth und Erb fokussiert ebenfalls auf die Einbettung des Experiments und die Strukturierung von Unterricht. Es werden unterschiedlich stark strukturierte Auswertephasen kontrastiert und der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler erfasst.

Im Rahmen des Symposiums wurden vier Untersuchungen vorgestellt, die den Kompetenzaufbau der Schülerinnen und Schüler in Abhängigkeit von unterschiedlichen Einflussvariablen und Einbettungen des Experiments in den Lernprozess analysieren. Nachfolgend werden diese im Tagungsband skizziert.

**Literatur**

- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332.
- 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.
- Emden, M. (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich experimentellen Arbeitens*. Berlin: Logos.
- Emden, M. & Sumfleth, E. (2016). Assessing students' experimentation processes in guided inquiry. *International journal of science and mathematics education*, 14(1), 29–54.
- Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht. Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 119, 4–12.
- Janich, P. (1995). Das Experiment in der Psychologie. In H.P. Lengfeldt, R. Lutz (Hrsg.). *Sein, Sollen und Handeln. Beiträge zur Pädagogischen Psychologie und ihren Grundlagen*. Göttingen, 41-51.
- KMK (2005a). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- KMK (2005b). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Prenzel, M., Seidel, T., Lehrke, M., Rimmel, R., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Müller, C. & Widodo, A. (2002). Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht – eine Videostudie. In M. Prenzel, J. Doll (Hrsg.). *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*. Weinheim: Beltz, 139-156.
- Priemer, B. (2011). Was ist das Offene beim offenen Experimentieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 315–337.
- Rönnebeck, S., Bernholt, S. & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161–197.
- Ropohl, M., Rönnebeck, S. & Scheuermann, H. (2015). Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht. Das Konzept des forschenden Lernens. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 64(6), 5-8.
- Schulz, A. (2011). *Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. Eine Videostudie*. Berlin: Logos.

Anita Stender<sup>1</sup>  
 Martin Schwichow<sup>2</sup>  
 Hendrik Härtig<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg Essen  
<sup>2</sup>ehem. IPN Kiel

## Prädiktoren des Fachwissenserwerbs durch Experimentieren

### Theoretischer Hintergrund

Wesentliches Ziel der naturwissenschaftlichen Grundbildung ist neben dem Erwerb von Fachwissen die Vermittlung von Strategien der Erkenntnisgewinnung (KMK, 2005). Unterrichtskonzepte, bei denen der Ansatz des forschend-entdeckenden Lernens zugrunde gelegt wird, zielen im Wesentlichen auf die Vermittlung von Strategien der Erkenntnisgewinnung ab (Abrahams & Millar, 2008). Der Erwerb von Fachwissen wird dabei zum Nebenprodukt, das durch eine aktive Auseinandersetzung mit physikalischen Fragestellungen und Experimenten erlangt werden kann (Abrahams & Millar, 2008). Damit dies gelingen kann müssen die Schülerinnen und Schüler zunächst Strategien der Erkenntnisgewinnung beherrschen, um darauf aufbauend erfolgreich beim forschend-entdeckenden Lernen, Fachwissen erwerben zu können. Eine wichtige zu erlernende Strategie in diesem Zusammenhang ist die Variablenkontrollstrategie [VKS]: Um möglichst eindeutige Aussagen über Ursache-Wirkungsbeziehungen zu erlangen, sollten in Experimenten nur eine Variable verändert, die Auswirkungen auf die potentielle Wirkung beobachtet und sämtliche weiteren Variablen konstant gehalten werden (Chen & Klahr, 1999). Empirische Befunde zur VKS legen nahe, dass die Beachtung der Variablenkontrollstrategie einen positiven Einfluss auf den Erwerb des Fachwissens hat (z.B. Chen & Klahr, 1999; Künsting, Thillmann, Wirth, Fischer, & Leutner, 2008; McElhaney & Linn, 2011). Allerdings werden in diesen Studien unterschiedliche Testformate zur Erfassung der Fähigkeit zur VKS eingesetzt. Dies sind zum einen Paper-Pencil-Formate, die schwerpunktmäßig das Verständnis der VKS erfassen. Zum anderen sind es Hands-On- bzw. computersimulierte Experimente, die schwerpunktmäßig die Fähigkeit zur Umsetzung der VKS erfassen (Schwichow, Croker, Zimmerman, Höffler, & Härtig, 2016). Inwieweit der Einfluss des Verständnisses der VKS vergleichbar mit dem Einfluss der Fähigkeit zur Umsetzung der VKS auf den Lernerfolg ist, bleibt bislang ungeklärt. Aus kognitionspsychologischer Perspektive kann vielmehr angenommen werden, dass ein Verständnis der VKS eine notwendige aber keine hinreichende Voraussetzung für den Fachwissenserwerb beim Experimentieren ist. Vielmehr müssen die Schülerinnen und Schüler zusätzlich die VKS umsetzen können (Renkl, 1996).

Aufgrund der Vielzahl notwendiger kognitiver Operationen und experimentellen Fähigkeiten erscheint eine hohe Anforderung beim Fachwissenserwerb durch Experimente zu bestehen, bei denen die VKS angewendet wird (Paas, Renkl, & Sweller, 2003). Speziell lernschwache oder uninteressierte Schülerinnen und Schüler könnten durch die Vielzahl notwendiger kognitiver Operationen überfordert werden. Dafür spricht, dass empirische Befunde darauf hin deuten, dass die kognitiven Fähigkeiten, das Interesse, und die literalen Fähigkeiten nicht nur den Fachwissenserwerb beeinflussen (Krapp & Prenzel, 2011; O'Reilly & McNamara, 2007; Weßnigk & Neumann, 2015), sondern auch den Erwerb von Strategien der Erkenntnisgewinnung (Boyer, 2015; Nehring, Nowak, Belzen, & Tiemann, 2015). Allerdings wurden diese personenspezifischen Faktoren bislang nur in einer Studie zum Einfluss der Fähigkeit zur Umsetzung der VKS auf den Erwerb von Fachwissen zusätzlich berücksichtigt (Künsting et al., 2008). Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass nur Schülerinnen und Schüler mit hohen kognitiven Fähigkeiten und einem hohen Interesse dem Anspruch im Fachwissenserwerb durch Experimentieren gerecht werden können. Somit sollten diese personenspezifischen Faktoren bei der Analyse von Wirkzusammenhängen

zwischen dem Verständnis der VKS, der Fähigkeit zur Umsetzung der VKS und dem Fachwissenserwerb zusätzlich berücksichtigt werden. Im Rahmen einer Sekundäranalyse von Daten einer Interventionsstudie zur VKS sollen deswegen ergänzende empirische Hinweise zur Beantwortungen folgender Fragestellungen generiert werden:

- Inwieweit wird der Einfluss des Verständnisses der VKS auf den Fachwissenserwerb durch die Fähigkeit zur Umsetzung der VKS mediiert?
- Inwieweit beeinflussen die kognitive Fähigkeiten, das Interesse und die Lesefähigkeit das Verständnis der VKS, die Fähigkeit zur Umsetzung der VKS und den Fachwissenserwerb?

### Methodische Vorgehensweise

Zur Untersuchung der obigen Fragestellungen werden Daten von N=161 Schülerinnen und Schülern der achten Jahrgangsstufe zweier Gemeinschaftsschulen in Schleswig-Holstein, die an einer Interventionsstudie von Schwichow, Zimmerman, Croker, and Härtig (2016) teilgenommen haben, erneut analysiert. Beide Schulen haben eine heterogene Schülerschaft. Im Rahmen der Interventionsstudie wurden die Schülerinnen und Schüler in zwei Interventionsgruppen (Hands-On vs. Papier-Bleistift) eingeteilt. 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. Im Rahmen der Interventionsstudie wurden die in Tab. 1 dargestellten Instrumente eingesetzt:

Pre-Test	Interventionsbedingung	Post-Test
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Verständnis VKS:</b> Multiple- Choice VKS-Test (Schwichow, Christoph, Boone, &amp; Härtig, 2016)</li> <li>• <b>Fachwissen:</b> Verständnisaufgaben (Schwichow, Zimmerman et al., 2016)</li> <li>• <b>Kognitive Fähigkeiten:</b> KFT (Heller &amp; Perleth, 2000)</li> <li>• <b>Literale Fähigkeiten:</b> LGVT (Schneider, Schlagmüller, &amp; Ennemoser, 2007)</li> <li>• <b>Interesse:</b> Interessenskala (adaptiert nach Krapp, 1999)</li> </ul>	Hands-on	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Verständnis VKS:</b> Multiple Choice VKS-Test (Schwichow, Christoph et al., 2016)</li> <li>• <b>Fähigkeit Umsetzung VKS:</b> Hands-On VKS-Test (Schwichow, Zimmerman et al., 2016)</li> <li>• <b>Fachwissen<sup>1</sup>:</b> Verständnisaufgaben (Schwichow, Zimmerman et al., 2016)</li> </ul>
	Papier-Bleistift	

*Tab. 1: Vereinfachtes Design der Interventionsstudie von Schwichow et.al. (2016)*

Die Interventionsstudie war so angelegt, dass aufgrund der Interventionsbedingung unterschiedliche Effekte auf die im Post-Test erfassten Variablen erwartet wurden. Empirisch zeigte sich, dass ein genereller Lerneffekt erzielt wurde. Die Interventionsbedingung aber auf die für die Sekundäranalyse interessierenden Variablen keinen Einfluss hat. Damit eignet sich der Datensatz trotz Interventionsdesign für die Untersuchung der Wirkzusammenhänge zwischen dem Verständnis der VKS, der Fähigkeit zur Umsetzung der VKS und dem Lernerfolg unter Berücksichtigung des Interesses, der kognitiven Fähigkeit und der Lesefähigkeit.

<sup>1</sup> Der Fachwissenserwerb wurde für die vorliegende Sekundäranalyse als Differenz aus Fachwissen-Post zu Fachwissen-Pre modelliert (Wissenszuwachs).

### Ergebnisse

Zur Untersuchung der angenommenen Wirkzusammenhänge wurde ein Strukturgleichungsmodell [SEM] geschätzt, bei dem sowohl alle direkten, als auch indirekten Pfade aller Variablen auf den Wissenszuwachs modelliert wurde. Das angenommene Modell zeigt einen sehr guten Fit ( $\chi^2(44) = 246.551$ ,  $p=0.00$ ; CFI=0.99; TLI=0.97; RMSEA=0.02). Übersichtshalber sind allerdings in Abb. 1. nur die signifikanten Pfade dargestellt.

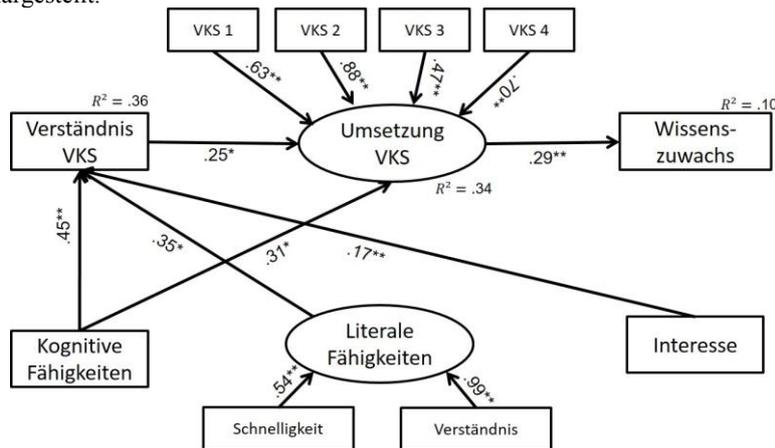


Abbildung 1: Ergebnisse des SEM. Dargestellt sind nur die signifikanten Pfade mit standardisierten Pfadkoeffizienten.

### Diskussion

Die Ergebnisse des geschätzten Strukturgleichungsmodells geben Hinweise darauf, dass es für einen erfolgreichen Fachwissenserwerb nicht ausreicht, dass die Schülerinnen und Schüler die VKS verstanden haben. Sie müssen sie auch umsetzen können. Somit sollten Schülerinnen und Schüler mehr Übungsmöglichkeiten zur Umsetzung der VKS im Unterricht bekommen. Zusätzlich deuten die Ergebnisse an, dass die kognitiven Fähigkeiten, die literalen Fähigkeiten und das Interesse in dieser Interventionsstudie keinen direkten Einfluss auf den Fachwissenserwerb haben, sondern der Einfluss durch das Verständnis und die Umsetzung der VKS mediiert wird. Dies zeigt, dass vor allem kognitiv und literal gut entwickelte und interessierte Schülerinnen und Schüler durch das Experimentieren und die Anwendung der VKS Fachwissen erwerben konnten. Für Schülerinnen und Schüler mit niedriger Ausprägung dieser Personenvariablen stellt dieser Lernprozess allerdings eine größere Herausforderung dar, bei der sie zusätzlich unterstützt werden müssen.

### Limitationen der Sekundäranalyse

Bei der hier dargestellten Analyse handelt es sich um eine Sekundäranalyse von Daten einer Interventionsstudie. Damit ist das Forschungsdesign dieser Studie nicht vollständig für die Analyse von Wirkzusammenhängen geeignet. Es müssten Daten eines vollständigen Längsschnittdesigns mit Lerngelegenheiten zur VKS und der Erhebung des Verständnisses und der Fähigkeit zur Umsetzung der VKS zu allen Messzeitpunkten vorliegen, was im Rahmen der Sekundäranalyse allerdings nicht mehr realisierbar war. Trotzdem kann die hier vorgestellte Analyse erste Hinweise auf Wirkzusammenhänge geben. Sie sollte aber nur als empirisch fundierte hypothesengenerierende Analyse angesehen werden. Eine hypothesenüberprüfende Analyse mit Längsschnittdesign steht somit noch aus.

**Literatur**

- 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(14), 1945–1969. doi:10.1080/09500690701749305
- Boyer, L. (2015). *Individuelle Voraussetzungen für erfolgreiches Experimentieren im Physikunterricht*. unveröffentlichte Masterarbeit.
- 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. doi:10.1111/1467-8624.00081
- Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen [Cognitive abilities test of students from 4th to 12th grade]*. Göttingen: Hogrefe.
- KMK. (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München: Wolters Kluwer Deutschland GmbH.
- Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on Interest in Science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27–50. doi:10.1080/09500693.2010.518645
- Künsting, J., Thillmann, H., Wirth, J., Fischer, H. E., & Leutner, D. (2008). Strategisches Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 55(1), 1–15. Retrieved from [http://www.ruhr-uni-bochum.de/lehrlernforschung/website\\_eng/pdf/kuensting\\_et\\_al\\_2008.pdf](http://www.ruhr-uni-bochum.de/lehrlernforschung/website_eng/pdf/kuensting_et_al_2008.pdf)
- McElhaney, K. W., & Linn, M. C. (2011). Investigations of a complex, realistic task: Intentional, unsystematic, and exhaustive experimenters. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 745–770. doi:10.1002/tea.20423
- Nehring, A., Nowak, K. H., Belzen, A. U. zu, & Tiemann, R. (2015). Predicting Students' Skills in the Context of Scientific Inquiry with Cognitive, Motivational, and Sociodemographic Variables. *International Journal of Science Education*, 37(9), 1343–1363. doi:10.1080/09500693.2015.1035358
- O'Reilly, T., & McNamara, D. S. (2007). The Impact of Science Knowledge, Reading Skill, and Reading Strategy Knowledge on More Traditional "High-Stakes" Measures of High School Students' Science Achievement. *American Educational Research Journal*, 44(1), 161–196. doi:10.3102/0002831206298171
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1–4. doi:10.1207/S15326985EP3801\_1
- Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, 47, 78–92.
- Schneider, W., Schlagmüller, M., & Ennemoser, M. (2007). *LGVT 6-12 Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12 [Reading speed and reading understanding test for grad 6 to 12]*. Göttingen: Hogrefe.
- Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J., & Härtig, H. (2016). The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of-variables strategy. *International Journal of Science Education*, 38(2), 216–237. doi:10.1080/09500693.2015.1137651
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39, 37–63. doi:10.1016/j.dr.2015.12.001
- Schwichow, M., Zimmerman, C., Croker, S., & Härtig, H. (2016). What students learn from hands-on activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(7), 980–1002. doi:10.1002/tea.21320
- Weßnig, S., & Neumann, K. (2015). Understanding Energy - An exploration of the relationship between measures of students' understanding of energy, general cognitive abilities and schooling. *Science Education Review Letter*, 2015, 7–15.

Andreas Vorholzer<sup>1</sup>  
 Jörn Jonathan Hägele<sup>1</sup>  
 Claudia von Aufschnaiter<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Justus-Liebig-Universität Gießen

## Entwicklung prozessbezogener Kompetenzen – eine videogestützte Analyse

Der Aufbau von prozessbezogenen Kompetenzen, z. B. zum experimentellen Denken und Arbeiten, gehört national wie international zu den zentralen Zielen des naturwissenschaftlichen Unterrichts (z. B. KMK, 2005; NRC, 2012). Sowohl in der Forschungsliteratur als auch in Bildungsvorgaben herrscht weitgehend Einigkeit darüber, dass eigenständiges praktisch-experimentelles Arbeiten (inquiry-based teaching) ein geeigneter methodischer Zugang ist, um im Unterricht den Aufbau experimentbezogener Kompetenzen zu fördern (z. B. Bybee & van Scotter, 2007; Minstrell, 2000; NRC, 2012). Dazu, wie das Experimentieren lernwirksam in den Unterricht eingebettet werden kann, lassen sich jedoch mindestens zwei Ansätze unterscheiden: implizite und explizite Ansätze. Implizite Ansätze gehen davon aus, dass die Schüler/innen experimentbezogene Kompetenzen bereits beim eigenständigen Durchführen von Experimenten entwickeln. Konzepte zum experimentellen Denken und Arbeiten werden hierbei nicht explizit thematisiert, sondern sollen beim (strukturierten) Experimentieren entdeckt werden (z. B. Dean & Kuhn, 2007). Im Gegensatz dazu werden bei expliziten Ansätzen die angestrebten Konzepte explizit thematisiert, während des Experimentierens gezielt angeregt und in der Anwendung geübt (z. B. Chen & Klahr, 1999; für eine vergleichende Beschreibung beider Ansätze s. a. Alfieri et al., 2011; Vorholzer, 2016).

Studien zur Wirkung von expliziter und impliziter Instruktion nutzen in der Regel ein (quasi-)experimentelles Design und basieren auf schriftlichen Prä-Post-Vergleichen (z. B. Chen & Klahr, 1999; Lazonder & Egberink, 2014; Lorch et al., 2010). Trotz ähnlicher methodischer Zugänge fallen die Befunde dieser Studien jedoch unterschiedlich aus: Zwar sind explizite Ansätze häufig effektiver als implizite Ansätze (z. B. Chen & Klahr, 1999; Vorholzer, 2016; s. a. Alfieri et al., 2011), jedoch zeigen auch implizite Ansätze unter bestimmten Bedingungen ähnlich große Wirkung (z. B. Dean & Kuhn, 2007; Vorholzer, 2016). Zudem scheinen explizite und implizite Ansätze für verschiedene prozessbezogene (Teil-)Kompetenzen unterschiedlich wirksam zu sein (Vorholzer, 2016). Eine Schwierigkeit bei der Deutung dieser unterschiedlichen Effekte ist, dass bisherige Studien auf Grund ihres Designs kaum Erkenntnisse darüber liefern, wie die Entwicklung prozessbezogener Kompetenzen bei Schüler/innen verläuft und in welcher Weise unterschiedlich strukturierte Lernangebote diese Entwicklung fördern. Ziel der im Beitrag vorgestellten Videostudie ist es, die *Wirkmechanismen* von expliziter und impliziter Instruktion im Prozess zu untersuchen, um so mögliche Ursachen für die variierenden Effekte zu identifizieren.

### Stichprobe und Design

Das dieser Studie zugrundeliegende Forschungsprojekt ist im quasi-experimentellen Design angelegt und wurde mit einer Stichprobe von  $N=204$  Schüler/innen der Einführungsphase (Klasse 11, ~17 Jahre) aus 12 Parallelklassen einer Schule durchgeführt. Jeweils sechs Klassen bildeten die Treatmentgruppe (TG) bzw. die Kontrollgruppe (KG).

Die Studie besteht aus vier Phasen: Prätest, Intervention, Posttest und Follow-up-Test. Im Prä- und Posttest sowie im Follow-up-Test wurden die Fähigkeiten der Schüler/innen im Bereich des experimentellen Denkens und Arbeitens erhoben (Vorholzer et al., 2016). Im Prätest wurden außerdem weitere Instrumente eingesetzt, um u. a. das fachinhaltliche Vorwissen und die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten der Schüler/innen zu erfassen. Die Intervention besteht aus drei Lerneinheiten zu unterschiedlichen Teilkompetenzen des

experimentellen Denkens und Arbeitens mit einem Gesamtumfang von ca. 225 Minuten (Einheit 1: Fragen und Hypothesen formulieren, 45 Min.; Einheit 2: Untersuchungen planen, 90 Min.; Einheit 3: Daten auswerten und interpretieren, 90 Min.). Die Lerneinheiten für die TG und KG umfassen die gleichen fachinhaltlichen Themengebiete und die gleichen Experimente, sie unterscheiden sich ausschließlich bzgl. der Thematisierung experimenteller Denk- und Arbeitsweisen (TG: explizite Instruktion, KG: implizite Instruktion). Die Bearbeitung der Lerneinheiten erfolgte in Teams mit je zwei bis drei Schüler/innen und fand über einen Zeitraum von drei Wochen hinweg im Rahmen des regulären Physikunterrichts statt (eine Lerneinheit pro Woche).

Zusätzlich zu den schriftlich erhobenen Prä-Post-Daten wurden  $N=95$  Schüler/innen (56,8% weiblich, 24 Teams der TG, 18 Teams der KG) bei der Bearbeitung aller Lerneinheiten auf Video aufgezeichnet. Die Teams wurden in Abhängigkeit davon ausgewählt, ob sie sich mit der Aufzeichnung einverstanden erklärt haben. Die im Beitrag vorgestellte Studie fokussiert auf die Auswertung der Prozessdaten dieser Teilstichprobe. Für eine umfassende Darstellung der Ergebnisse des Prä-Post-Vergleichs siehe Vorholzer (2016).

### Methoden

Zur Auswertung der Videodaten wurde ein Kategoriensystem entworfen, das u. a. auf Vorarbeiten von Steckenmesser-Sander (2015) und Hägele (2015) aufbaut (Abb. 1). Das Kategoriensystem soll insbesondere erfassen, wann sich Schüler/innen mit fachmethodischen Aspekten befassen, z. B. Kriterien für eine aussagekräftige Untersuchung benennen oder Regeln zur Auswertung von Daten anführen. Nur, wenn fachmethodische Beiträge der Schüler/innen identifiziert und von anderen verbalen Beiträgen (z. B. fachinhaltlichen Äußerungen oder Handlungsanweisungen zum Aufbau eines Versuchs) abgegrenzt werden können, kann beispielsweise untersucht werden, wann und in welcher Weise der betrachtete Instruktionsansatz zur Auseinandersetzung mit diesen Aspekten (und damit möglicherweise auch zum Kompetenzaufbau) geführt haben könnte.

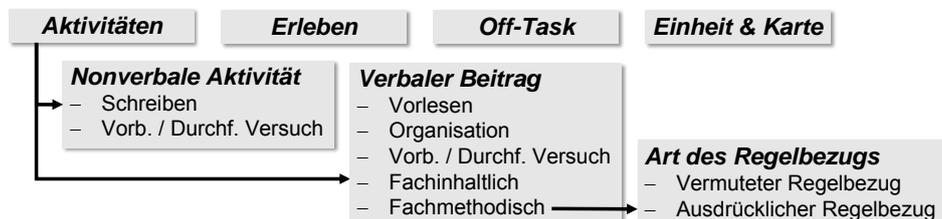


Abb. 1. Schematische Übersicht über die Hauptkategorie des Kategoriensystems und die Subkategorien der Kategorie „Aktivitäten“.

Bei einer ersten Pilotierung des Kategoriensystems hat sich gezeigt, dass gerade die Unterscheidung zwischen versuchsbezogenen Handlungsanweisungen (Kategorie: Vorb. / Durchf. von Versuchen) und fachmethodischen Beiträgen schwierig ist. So handelt es sich z. B. bei der Aussage: „Wir müssen die Kegel von der gleichen Höhe, gleichzeitig und mit der Spitze nach unten fallen lassen“, zunächst „nur“ um eine Handlungsanweisung. Die erkennbare Fokussierung auf das Konstanthalten mehrerer Parameter lässt jedoch vermuten, dass der Schüler Regeln für das Planen einer Untersuchung anwendet (hier: Variablenkontrolle). Da es jedoch keinen ausdrücklichen Regelbezug gibt, lässt sich nicht eindeutig klären, welche Überlegungen die Handlungsanweisungen des Schülers leiten. Um diese „Unschärfe“ in der Auswertung abbilden zu können, wurde bei allen fachmethodischen Beiträgen zusätzlich die Art des Regelbezugs unterschieden: „Vermutet“ bildet Fälle ab, in den Schüler/innen keine auf die Regeln bezogenen Begriffe verwenden, ihre Äußerungen

aber die Nutzung einer Regel nahelegen. „Ausdrücklich“ bildet Fälle ab, in denen die Regel expliziert wird oder durch die Nutzung von für die Regel relevanten Begriffen (z. B. „Das ist eine *Kontrollvariable*“) ein Bezug erkennbar ist (vgl. Abb. 1). Immer, wenn Handlungsanweisungen einen vermuteten Regelbezug aufweisen, wurde zudem eine Doppelkodierung (fachmethodisch *und* Vorb. / Durchf. von Versuchen, z. B. im Beispiel oben) vorgenommen.

### Erste Ergebnisse der Videoanalyse

Die in diesem Beitrag vorgestellten Ergebnisse stammen aus der Pilotierung des Kategoriensystems und basieren ausschließlich auf einer grafischen (nicht statistischen) Auswertung der Zeitanteile ausgewählter Aktivitäten (siehe Bsp. in Abb. 2). Ausgewertet wurden die Bearbeitungsprozesse von sechs Teams (4 aus der TG, 2 aus der KG) zu Einheit 2 der Intervention. Die im Folgenden berichteten Ergebnisse sind daher unbedingt als vorläufig und nicht auf die gesamte Stichprobe verallgemeinerbar anzusehen.

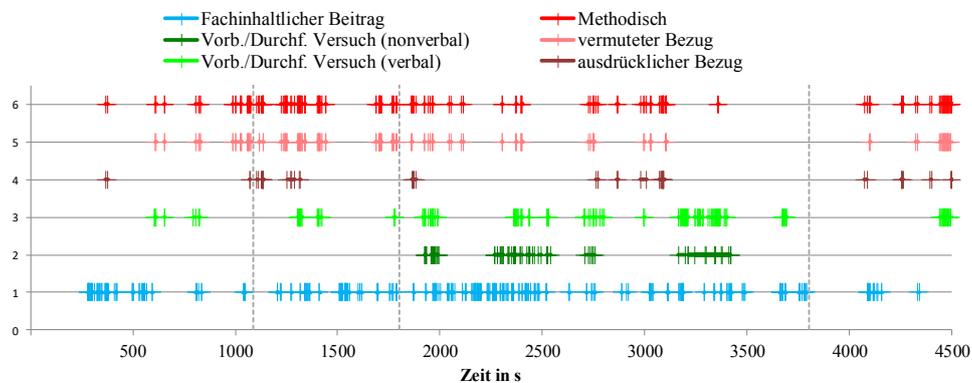


Abb. 2. Exemplarische Auswertung ausgewählter Kategorien eines Teams aus der TG. Dargestellt ist jeweils die Summe aller verbalen bzw. nonverbalen Aktivitäten der drei Schüler/innen des Teams zu einer entsprechenden Kategorie.

Der Vergleich zeigt, dass die Schüler/innen der TG deutlich häufiger fachmethodische Beiträge äußern als die Schüler/innen der Kontrollgruppe; fachmethodische Beiträge mit ausdrücklichem Regelbezug kommen insgesamt selten vor. Für die Kategorie „Vorb. / Durchf. von Versuchen“ ergibt sich ein umgekehrtes Bild. Obwohl sich die Schüler/innen der KG verbal und nonverbal deutlich häufiger mit der Vorbereitung oder Durchführung von Versuchen beschäftigen, finden sich deutlich weniger fachmethodische Beiträge als in der TG. Darüber hinaus zeigen die vorläufigen Ergebnisse, dass ein erheblicher Teil der fachmethodischen Beiträge *nicht* während der Vorbereitung und Durchführung von Versuchen geäußert wird (siehe Abb. 2). Insbesondere scheinen auch solche Teams beim Experimentieren selten über fachmethodische Aspekte zu sprechen, die vor einer „Experimentierphase“ viele Bezüge zu fachmethodischen Regeln hergestellt haben.

### Ausblick

Die vorläufigen Ergebnisse legen nahe, dass das Experimentieren *nicht* automatisch zu einer Auseinandersetzung mit fachmethodischen Aspekten führt. Offen ist jedoch u. a. die Frage, welche Aufgaben und Situationen eine Auseinandersetzung „triggern“ und ob dadurch tatsächlich ein Kompetenzzuwachs entsteht. Ein wichtiger nächster Schritt zur Untersuchung dieser Fragen ist die Weiterentwicklung und Validierung des Kategoriensystems.

Das im Beitrag vorgestellte Projekt wird von der DFG gefördert (AU 155/11-1).

**Literaturverzeichnis**

- 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.
- Bybee, R. W. & van Scotter, P. (2007). Reinventing the Science Curriculum. *Educational Leadership*, 64(4), 43–47.
- 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.
- Dean, D. & Kuhn, D. (2007). Direct instruction vs. discovery. The long view. *Science Education*, 91(3), 384–397.
- Hägele, J. (2015). Prozesse des Kompetenzaufbaus von Schülerinnen und Schülern zum „Planen naturwissenschaftlicher Untersuchungen“ – eine videogestützte Analyse. Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien, Justus-Liebig-Universität Gießen. Gießen.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München: Luchterhand.
- Lazonder, A. W. & Egberink, A. (2014). Children’s acquisition and use of the control-of-variables strategy. Effects of explicit and implicit instructional guidance. *Instructional Science*, 42(2), 291–304.
- Lorch, R. F., Lorch, E. P., Calderhead, W. J., Dunlap, E. E., Hodell, E. C. & Freer, B. D. (2010). Learning the control of variables strategy in higher and lower achieving classrooms. Contributions of explicit instruction and experimentation. *Journal of Educational Psychology*, 102(1), 90–101.
- Minstrell, J. (2000). Implications for teaching and learning inquiry: A summary. In J. Minstrell & E. van Zee (Hrsg.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (S. 471–496). Washington, D.C: American Association for the Advancement of Science.
- National Research Council [NRC]. (2012). A framework for K-12 science education. Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, D.C: National Academies Press.
- Steckenmesser-Sander, K. (2015). Gemeinsamkeiten und Unterschiede physikbezogener Handlungs-, Denk- und Lernprozesse von Mädchen und Jungen. Berlin: Logos Verlag.
- Vorholzer, A. (2016). Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? Eine empirische Untersuchung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes. Berlin: Logos Verlag.
- Vorholzer, A.; von Aufschnaiter, C.; Kirschner, S. (2016): Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1–17. doi:10.1007/s40573-015-0039-3

### **Formatives Assessment zur Förderung der Variablenkontrollstrategie**

Das vorliegende Dissertationsvorhaben untersucht die Frage, inwiefern formatives Assessment die Anwendung der Variablenkontrollstrategie in unterschiedlich strukturierten Lernsituationen fördern kann. Ausgangspunkt für das Vorhaben bildet die Forderung in nationalen und internationalen Bildungsstandards, dass Schülerinnen und Schüler zur Überprüfung einer Hypothese Experimente selbstständig planen und durchführen können sollen (KMK, 2005; NGSS, 2013). Um eine Hypothese vollständig überprüfen zu können, muss ein Experiment die Variierung der unabhängigen Variablen unter kontrollierten Bedingungen beinhalten (Chen & Klahr, 1999; Schulz, Wirtz & Staraschek, 2012). Dieses Vorgehen wird in der sozialpsychologischen Forschung als VOTAT-Strategie (Vary One Thing At a Time) und in der fachdidaktischen Forschung als CVS-Strategie (Control of Variables) genannt (Tschirgi 1980; Chen & Klahr, 1999; Ross, 1988). Schülerinnen und Schüler weisen jedoch Schwierigkeiten im systematischen Variieren der unabhängigen Variable sowie in dem Berücksichtigen von mehreren Störvariablen beim Experimentieren auf (z. B. Arnold, Kremer & Mayer, 2014; Hammann, Phan, Ehmer & Grimm, 2006; Wahser & Sumfleth, 2008). Die Untersuchung von Maßnahmen zur Förderung des Verständnisses und der Anwendung der Variablenkontrollstrategie wird daher stark gefordert (z. B. Arnold, Kremer & Mayer, 2014; Kirchner, 2013; Schwichow, 2015).

Formatives Assessment bietet die Möglichkeit, die Lernbedürfnisse der Schülerinnen und Schüler während einer Lernphase zu diagnostizieren und durch Rückmeldungen den Lernprozess direkt zu unterstützen (vgl. Black & Wiliam, 1998; Harlen, 2013). Die Lernwirksamkeit von formativem Assessment ist jedoch von der Fachdomäne, der Lernsituation und der Rückmeldeform abhängig (Kingston & Nash, 2011). Um zu untersuchen, unter welchen Bedingungen formatives Assessment die Variablenkontrollstrategie beim Planen von Experimenten fördern kann, müssen die Komponenten der Lernsituation und der Rückmeldeform für das Fach Chemie näher betrachtet werden.

Das Experimentieren ist eine wichtige Lernsituation in den naturwissenschaftlichen Fächern. Dabei kann das Experimentieren unterschiedlich strukturiert sein (Priemer, 2011). Bezüglich einer lernförderlichen Strukturierung bestehen in der Forschungsliteratur kontroverse Befunde. Einerseits sollen Schülerinnen und Schüler in wenig strukturierten, schülerzentrierten Lernsituationen einen höheren Lernzuwachs erfahren als in stark strukturierten, lehrerzentrierten Lernsituationen (Blanchard, Southerland, Osborne, Sampson, Annetta & Granger, 2010; Hof, 2011). Andererseits sollen Schülerinnen und Schüler in wenig strukturierten Lernsituationen häufig überfordert sein, wodurch der Lernzuwachs stark gemindert wird (z. B. Kirschner, Sweller & Clark, 2006).

Solch kontroverse Ergebnisse bestehen ebenfalls für die Komponente der Rückmeldeform. Befunde belegen, dass Rückmeldungen einerseits lernwirksam sind, wenn sie den Schülerinnen und Schülern das Lernziel, den Lernstand und nächste Lernschritten aufzeigen (Harks, 2013; Wollenschläger, 2012), und andererseits, wenn sie den Schülerinnen und Schülern lediglich Lernziel und Lernstand aufzeigen (Jaehrig & Miller, 2007; Rheinberg & Vollmeyer, 2005). Weiterhin ist die wahrgenommene Unterstützung durch die jeweilige Rückmeldung ein entscheidender Faktor für den Lernzuwachs (Harks, 2013; Wollenschläger, 2012).

Basierend auf dem aktuellen Forschungsstand wird zunächst untersucht, welche

Rückmeldeform das Planen von Experimenten fördert, um im Anschluss untersuchen zu können, bei welcher Strukturierung der Lernsituation formatives Assessment die Variablenkontrollstrategie beim Planen von Experimenten am stärksten fördern kann. Es werden folgende Forschungsfragen untersucht:

Studie 1

1. Welche Form von Rückmeldung ist beim Planen von Experimenten lernwirksam?
2. Inwiefern beeinflusst dabei die wahrgenommene Kompetenzunterstützung das Planen von Experimenten?

Studie 2

3. Inwiefern unterstützt formatives Assessment das Planen von Experimenten in unterschiedlich strukturierten Lernsituationen?
4. Inwiefern beeinflusst dabei die wahrgenommene Kompetenzunterstützung und Cognitive Load das Planen von Experimenten?

Zur Untersuchung der Fragestellungen wurden zwei Interventionsstudien durchgeführt. In der ersten Interventionsstudie im Prä-, Post-, Follow Up-Testdesign wurde den Forschungsfragen 1) und 2) nachgegangen. Die vierstündige Intervention wurde im Fach Chemie in achten Klassen an Gymnasien durchgeführt ( $N = 243$ ). In drei Interventionsgruppen erhielten Schülerinnen und Schüler auf selbstständig geplante Experimente zur Überprüfung von vorgegebenen Hypothesen Rückmeldungen, die in den Interventionsgruppen hinsichtlich der Informationen zum Lernziel, Lernstand und nächsten Lernschritten unterschiedlich elaboriert waren.

Informationen der Rückmeldung	Interventionsgruppen		
	Experimentalgruppe	Vergleichsgruppe I	Vergleichsgruppe II
Lernziel	✓	✓	✓
Lernstand	✓	✓	-
Nächste Lernschritte	✓	-	-

*Tab. 1 Form der Rückmeldung in den Interventionsgruppen*

Aus den Ergebnissen dieser Studie geht hervor, dass Schülerinnen und Schüler einen deutlichen Lernzuwachs in der Anwendung der Variablenkontrollstrategie erfahren, wenn die Rückmeldungen die Informationen zum Lernziel, zum Lernstand und zu nächsten Lernschritten enthalten. Erhalten Schülerinnen und Schüler lediglich eine Rückmeldung mit der Information des Lernziels, so können sie die Variablenkontrolle beim Planen von Experimenten wenig verbessern. Bei detaillierten Analysen der Experimentplanungen zeigt sich, dass zur Prä-Testung die eine Hälfte der Schülerinnen und Schüler aller drei Interventionsgruppen keine Variation der unabhängigen Variable vorgenommen hat und die andere Hälfte der Schülerinnen und Schüler aller drei Interventionsgruppen die unabhängige Variable unter nicht-kontrollierten Bedingungen variiert hat. Zum Post-Zeitpunkt hingegen variieren 38 % der Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe, 33 % der Schülerinnen und Schüler der Vergleichsgruppe I und lediglich 12 % der Schülerinnen und Schüler der Vergleichsgruppe II die unabhängige Variable unter kontrollierten Bedingungen. Weiterhin zeigen die Schülerinnen und Schüler einen hohen Lernzuwachs, wenn sie die Rückmeldung als unterstützend wahrnehmen. Die wahrgenommene Unterstützung konnte als Mediator für den Lernzuwachs in der Experimentplanung bestätigt werden.

In einer zweiten Interventionsstudie im Prä-, Post-, Follow Up-Testdesign wurde untersucht, inwiefern formatives Assessment die Anwendung der Variablenkontrollstrategie in

unterschiedlich strukturierten Lernsituationen fördern kann. Die dreistündige Intervention wurde im Fach Chemie in achten Klassen an Gymnasien durchgeführt ( $N = 303$ ). In drei Interventionsgruppen erhielten Schülerinnen und Schüler zu selbstständig erstellten Experimentplanungen Rückmeldungen mit Informationen zum Lernziel, Lernstand und nächsten Lernschritten. Die Strukturierung der Lernsituation wurde hinsichtlich der Vorgabe von Fragestellung und Hypothese variiert.

Phasen beim Experimentieren	Interventionsgruppen		
	Experimentalgruppe	Vergleichsgruppe I	Vergleichsgruppe II
Fragestellung	vorgegeben	vorgegeben	offen
Hypothese	vorgegeben	offen	offen
Experimentplanung	offen	offen	offen

*Tab. 2 Strukturierung der Lernsituation in den Interventionsgruppen*

Aus den Ergebnissen dieser Intervention geht hervor, dass Schülerinnen und Schüler einen deutlichen Lernzuwachs in der Anwendung der Variablenkontrollstrategie beim Planen von Experimenten zeigen, wenn ihnen die Fragestellung und die Hypothese vorgegeben werden. Schülerinnen und Schüler zeigen einen geringeren Lernzuwachs, wenn sie ein Experiment bezüglich ihrer selbst formulierten Fragestellung und selbst formulierten Hypothese planen. Bei detaillierter Betrachtung der Anwendung der Variablenkontrollstrategie zeigt sich, dass zum Prä-Testzeitpunkt ca. 85 % der Schülerinnen und Schüler aller drei Interventionsgruppen keine Variation der unabhängigen Variable vorgenommen haben und ca. 15 % der Schülerinnen und Schüler aller drei Interventionsgruppen die unabhängige Variable unter nicht-kontrollierten Bedingungen variiert haben. Zum Post-Zeitpunkt hingegen variieren 40 % der Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe, 37 % der Schülerinnen und Schüler der Vergleichsgruppe I und lediglich 27 % der Schülerinnen und Schüler der Vergleichsgruppe II die unabhängige Variable unter kontrollierten Bedingungen. Die Schülerinnen und Schüler der drei Interventionsgruppen empfinden die Planung des Experiments gleichermaßen als wenig schwierig und wenig anstrengend. Der Cognitive Load beeinflusst in diesen drei Lernsituationen das Planen von Experimenten nicht. Diese Ergebnisse bedeuten für die Unterrichtspraxis, dass Schülerinnen und Schüler zur Förderung der Variablenkontrollstrategie Rückmeldungen mit den Informationen zum Lernziel, Lernstand und nächsten Lernschritten erhalten sollten und das Lernen der Variablenkontrollstrategie in einer stark strukturierten Lernsituation erfolgen sollte, damit Schülerinnen und Schüler die Variablenkontrollstrategie fokussiert lernen können.

### Literatur

- Arnold, J., Kremer, K., Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks?. *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719-2749.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5 (1), 7-75.
- 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 an verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616.
- 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.
- Hammann, M., Phan, Thi T. H., Ehmer, M., & Grimm, T. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 59 (2), 292-299.
- Harks, B. (2013). *Kompetenzdiagnostik und Rückmeldung – zwei Komponenten formativen Assessments*. Dissertation, Goethe-Universität Frankfurt.
- Harlen, W. (2007). *Assessment & Inquiry-Based Science Education: Issues in Policy and Practice*. Trieste: Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP).
- Hof, S. (2010). *Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch Forschendes Lernen. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie*. Dissertation, Kassel: University Press.
- Jaehnic, W. & Miller, M.L. (2007). Feedback types in programmed instruction: a systematical review. *The Psychological Record*, 57, 219-232.
- Kingston, N. & Nash, B. (2011). Formative Assessment: A meta-analysis and a call for research. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 30 (4), 28-37.
- Kirchner, S. (2013). *Der Umgang mit Variablen in offenen Experimentieraufgaben im Physikunterricht. Eine Beobachtungsstudie am Beispiel der Konstruktion von auftriebserzeugenden Profilen für ein Windradmodell*. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: Ananalysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75-86.
- KMK (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.10.2004*. München: Luchterhand.
- NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Priemer, B. (2011). Was ist das Offene beim Experimentieren?. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 315-337.
- Rheinberg, F. & Vollmeyer, R. (2005). A surprising effect of feedback on learning. *Learning and Instruction* 15, 589-602.
- Ross, J. A. (1988). Controlling variables: A meta-analysis of training studies. *Review of Educational Research*, 58(4), 405-437.
- Schulz, A., Wirtz, M., & Starauschek, E. (2012). Das Experiment in den Naturwissenschaften. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel, & A. Schulz (Hrsg.). *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten*. Münster: Waxmann, 15-38.
- Schwichow, M. (2015). *Förderung der Variablen-Kontroll-Strategie im Physikunterricht*. Dissertation, Universität Kiel.
- Tschirgi, J. E. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development*, 51(11), 1–10.
- 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. (2012). *Effekte kompetenziellen Feedbacks auf Performanz (wissenschaftliches Denken), Motivation und Metakognition von Lernenden der Sekundarstufe 1*. Dissertation, Universität Kiel.

Laura Muth<sup>1</sup>  
Roger Erb<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Goethe-Universität Frankfurt  
<sup>2</sup>Goethe-Universität Frankfurt

## **Einfluss der Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht**

### **Einleitung und Motivation**

Forschungsergebnisse aus den letzten Jahren haben gezeigt, dass das Experiment im naturwissenschaftlichen Unterricht eine bedeutende Rolle spielt. Neben der Durchführung haben auch die Vor- und Nachbereitung und deren Einbettung in den Unterrichtsverlauf einen großen Einfluss auf die Qualität des Unterrichts (Tesch & Duit, 2004).

Lehrkräfte versuchen, mit dem Experimentieren in vielfältiger Weise Kompetenzerwerb zu erreichen, so auch im Bereich „Fachwissen“. Allerdings gibt die Forschung bisher wenig Hinweise, wie diese Phasen des Experimentierens (Vor- und Nachbereitung) gestaltet sein sollen, um den größtmöglichen Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler im Fachwissen und bei der experimentellen Kompetenz zu erzielen. Eine Studie von Winkelmann (2015), die den Unterschied zwischen Schüler- und Demonstrationsexperimenten in der Durchführungsphase untersucht hat, konnte mit Hilfe von Kurztests vor der Auswertung von Experimenten im Physikunterricht und Tests nach der Gesamtintervention zeigen, dass Schülerinnen und Schüler auch durch die Auswertung eines Experiments noch dazulernen. Daher erscheint es interessant, die Auswertephase genauer zu betrachten und mittels mehrerer Treatments mit unterschiedlichem Offenheitsgrad zu variieren. Neben dem Kompetenzbereich „Fachwissen“ soll hierbei auch die experimentelle Kompetenz beachtet werden.

Als weiteres Ergebnis konnte Winkelmann (2015) feststellen, dass nicht die Experimentiersituation selbst, sondern vor allem die Wechselwirkung zwischen unterrichtender Lehrkraft und Experimentiersituation bedeutsam ist. Daher werden in dem hier vorgestellten Forschungsprojekt neben dem Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler, auch die Überzeugungen der unterrichtenden Lehrkräfte zum Experiment und zum Unterrichtsfach Physik erhoben, um mögliche Rückschlüsse auf diese Wechselwirkung ziehen zu können.

### **Stand der Forschung**

Nach Vorholzer et al (2016) lassen sich mit dem SDDS-Modell von Klahr und Dunbar (1988) und anderen gängigen Modellen drei Teilkompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens herleiten, die sich mit den drei üblicherweise genannten Phasen des Experiments (Vorbereitung, Durchführung und Auswertung) vereinbaren lassen:

1. Vorbereitung: Fragen, Vermutungen und Hypothesen generieren,
2. Durchführung: Untersuchungen planen und durchführen,
3. Auswertung: Daten auswerten und interpretieren.

Während es in der Forschung über diese drei Teilkompetenzen weitestgehend Einigkeit gibt, werden die dazugehörigen Fähigkeiten und Fertigkeiten nur selten konkret benannt, beziehungsweise unterscheiden sich stark. Daher stand an erster Stelle die Konzeption eines geeigneten Modells, das die Kompetenzen zur Auswertung eines Experiments konkretisiert.

Nach Sichtung des Forschungsstandes (Quellen unter anderem: Asay & Orgill, 2010; Börlin, 2012; Chinn & Malhotra, 2002; Dolan & Grady, 2010; Glug, 2009; Klar & Dunbar, 1988; KMK, 2004; Mayer, 2007; Schreiber, 2012) und eigenen Überlegungen, welche Kompetenzen bei der Auswertung von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht wichtig sind, entstand ein erstes Modell, nach dem die Auswertung in drei Teilschritte zerlegt wird. Im ersten Schritt geht es darum, Messdaten aufzubereiten und zu verarbeiten im Zweiten darum, Ergebnisse zu formulieren und zu interpretieren. Die letzte Teilkomponente umfasst die

Fähigkeit, die Ergebnisse aufgrund der Fehlerbetrachtung zu bewerten. Um das Modell zu überprüfen, wurde es im Rahmen einer Examensarbeit am Institut für Didaktik der Physik der Goethe-Universität Frankfurt einer Expertenbefragung unterzogen. Mit dieser Expertenbefragung konnte sich das konzipierte Modell bestätigen lassen.

### **Forschungsfragen**

Für das vorliegende Forschungsprojekt wurden aufgrund der Ergebnisse der Studie von Winkelmann (2015) drei Forschungsfragen formuliert:

1. F1: Wie wirken sich Auswertesituationen von Experimenten im Physikunterricht mit unterschiedlichem Offenheitsgrad auf die Entwicklung von Schülerinnen und Schülern in den Bereichen Fachwissen und experimentelle Kompetenz aus?
2. F2: Welche Unterschiede zeigen sich bei unterschiedlicher Kombination von Experimentier- und Auswertesituation in Bezug auf die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler in den Bereichen Fachwissen und experimentelle Kompetenz aus?
3. F3: Welchen Einfluss haben Lehrkräfte auf den Fachwissenszuwachs und die Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schülern?

### **Anlage der Studie**

Die Studie ist als Vergleichsstudie angelegt, die den Wissens- und Kompetenzzuwachs von Schülerinnen und Schülern durch angeleitetes und selbstständiges Auswerten von Schüler- und Demonstrationsexperimenten untersucht. Es handelt sich um eine quasi-experimentelle Interventionsstudie im Physikunterricht des 7. beziehungsweise 8. Schuljahrs. Auf eine vollständige Randomisierung der Vergleichsgruppen musste aufgrund der besseren Umsetzbarkeit verzichtet werden. Daher wurden die Tests und Intervention im Klassenverband von den üblichen Lehrkräften durchgeführt.

Zur Auswertung wird ein t-Test mit verbundenen Stichproben durchgeführt, um die allgemeine Lernförderlichkeit des Unterrichtsgangs zu überprüfen, sowie eine Varianzanalyse, um mögliche Unterschiede im Lernzuwachs zwischen den Treatments feststellen zu können.

### *Studiendesign*

Um die obigen Forschungsfragen zu beantworten, wurden drei Treatments mit unterschiedlichem Offenheitsgrad entwickelt:

1. Auswertung „Plenum“: Die Auswertung des Experiments wird von der Lehrkraft angeleitet.
2. Auswertung „Angeleitet“: Die Auswertung des Experiments erfolgt in Schüler-Kleingruppen. Das Vorgehen zur Auswertung ist mit Hilfe von Arbeitsblättern vorskizziert. Die Lehrkraft sollte nur im Notfall als Hilfe herangezogen werden.
3. Auswertung „Selbstständig“: Die Auswertung des Experiments erfolgt in Schülerkleingruppen. Es gibt keinerlei Vorgaben zum Vorgehen.

### *Studienverlauf*

Ziel der Pilotstudie war es, die verwendeten Messinstrumente zu erproben und zu analysieren. In der Hauptstudie, die im Herbst/ Winter 2016/2017 erfolgt, wird der Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler, sowie die Überzeugungen der Lehrkräfte zum Experiment mit den analysierten und angepassten Messinstrumenten gemessen.

### *Messinstrumente*

Zur Feststellung der Heterogenität der Lerngruppe wurde eine Skala des KFT-Tests (Q2) nach Heller & Perletz (2000) verwendet, und es wurden soziodemographische Daten (Alter, letzte Schulnoten etc.) erhoben. Die Überzeugungen der Lehrkräfte zum Unterrichtsfach und zur Wissenschaft Physik wurden mit einem Messinstrument nach Lamprecht (2011) abgefragt. Um das Fachwissen und die Experimentierkompetenz messen zu können, wurden ein Fachwissenstest (nach Winkelmann, 2015) und ein Test zum Messen der

Experimentierkompetenz (nach MeK-LSA, 2013) passend zum Unterrichtshergang neu konzipiert beziehungsweise adaptiert. Da diese beiden Tests noch nicht validiert waren, wurden sie im Rahmen der Pilotstudie einer Testanalyse unterzogen.

### **Ergebnisse der Pilotstudie**

Die Pilotstudie wurde im Herbst/ Winter 2015/ 2016 in sieben Klassen mit fünf Lehrkräften durchgeführt. Insgesamt nahmen 140 Schülerinnen und Schüler (69 weiblich, 68 männlich) der Jahrgangsstufe sieben teil.

#### *Testanalyse und erste Ergebnisse des Fachwissenstests*

Die Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität stellten sich für den Fachwissenstest als gut heraus. Des Weiteren konnte eine Normalverteilung in den Daten ermittelt sowie von einer Varianzhomogenität ausgegangen werden. Daher erfolgte die Entscheidung, erste Ergebnisse zum Lernzuwachs zu betrachten, obwohl die Stichprobe der Pilotstudie noch sehr gering ist und daher Ergebnisse lediglich als wage Tendenz gesehen werden können.

Für die Testung der allgemeinen Lernförderlichkeit des Unterrichts wurde ein t-Test für verbundene Stichproben durchgeführt, der einen signifikanten Anstieg im Fachwissen um 2.77 Punkte zeigte. Bei der Betrachtung der Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen konnte mit einer einfaktorischen ANOVA ( $F(5,133) = 4.075$ ) ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen mit einem großen Effekt festgestellt werden. Die von der Lehrkraft angeleiteten Gruppen zeigten dabei den größten Fortschritt im Bereich Fachwissen. Bei einem Vergleich der Experimentiersituation in der Durchführungsphase (Schüler- vs. Demonstrationsexperiment) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.

#### *Testanalyse des Experimentierkompetenztests*

Zum Messen der experimentellen Kompetenz wurde ein Multiple-Choice Test auf Grundlage des Computersimulations-Tests des MeK-LSA Projekts (bspw. in Dickmann, 2013) entwickelt. Allerdings haben sich die Gütekriterien dieses von uns erstellten Tests als schlecht herausgestellt. Die größten Probleme ergaben sich bei der Reliabilität. Außerdem gab es einen unerwarteten signifikanten Abfall in der erreichten Punktzahl zwischen Pre- und Posttest. Daher fiel die Entscheidung, das Testinstrument komplett zu überarbeiten und es vor allem durch Textkürzung und dem Hinzufügen von Bildern probandenfreundlicher zu gestalten. Das neu gestaltete Testinstrument wurde erneut einer Pilotierung ( $N = 91$ ) unterzogen. Die Gütekriterien des überarbeiteten Tests konnten als gut identifiziert werden, weswegen diese Version nun in der Hauptstudie verwendet werden kann.

### **Ausblick**

Mit den in der Pilotstudie analysierten und überarbeiteten Testinstrumenten wird im Herbst/ Winter 2016/ 2017 die Hauptstudie durchgeführt. Da durch erste Ergebnisse der Pilotstudie festgestellt werden konnte, dass Unterschiede in der Durchführungsphase von Experimenten nicht signifikant werden (Bestätigung der Ergebnisse von Winkelmann) fiel die Entscheidung, in der Hauptstudie auf Schülerexperimente zu verzichten und nur noch Demonstrationsexperimente durchführen zu lassen. Dies hat den Vorteil, dass sich die Anzahl der Untersuchungsgruppen von sechs auf drei reduziert. Dadurch wird die Stichprobe pro Treatment vergrößert, das Studiendesign gestaltet sich deutlich übersichtlicher und mögliche Störvariablen in Schülerexperimenten werden reduziert.

An der Hauptstudie nehmen ca. 20 Lehrkräfte mit 24 Klassen teil. Die Zuteilung der Treatments erfolgt dabei zufällig.

**Literatur**

- Chinn, Clark A.; Malhotra, Betina A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. In: *Sci. Ed.* 86 (2), S. 175–218. DOI: 10.1002/sce.10001.
- Dickmann, Martin, Eickhorst, Bodo, Theyßen, Heike, Neumann, Knut, Schecker, Horst. & Schreiber Nico (2013). Measuring experimental skills in large-scale assessments: developing a simulation-based test instrument. In C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Eds.), *Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning*. Proceedings of the ESERA 2013 Conference.
- Dolan, Erin; Grady, Julia (2010). Recognizing Students' Scientific Reasoning: A Tool for Categorizing Complexity of Reasoning During Teaching by Inquiry. In: *Journal of science teacher education* 21 (1), S. 31–55. DOI: 10.1007/s10972-009-9154-7.
- Emden, Markus (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I*. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemie lernen, 118).
- Glug, Inga (2009). *Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung*. Kiel: Universitätsbibliothek Kiel.
- KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2004). *Bildungsstandards im Fach Phy-sik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München: Luchterhand.
- Schreiber, Nico (2012). *Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells*. Berlin: Logos (Studien zum Physik- und Chemie lernen, 139).
- Tesch, Maike und Duit Reinders. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 10, 2004, S. 51-69
- Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. und Sophie Kirschner. (2016). Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; 2016, S. 1-17
- Winkelmann, Jan (2014). *Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht*. Berlin: Logos Verlag

Daniel-Friedrich Zechlin<sup>1</sup>  
Burkhard Priemer<sup>1</sup>

Humboldt-Universität zu Berlin

## **Ein Instrument zur Videoanalyse von Physikunterricht mit Experimenten: Experimentelle Teilprozesse und kognitive Beteiligung**

### **Motivation und Forschungsstand**

Das Experimentieren als Lehr-Lern-Methode spielt eine zentrale Rolle im naturwissenschaftlichen Unterricht. Experimentieren ist dabei einerseits curriculare Anforderung an den Unterricht (KMK, 2004; NRC, 2012), wird mit einer Vielzahl an Zielen verbunden (z.B. Hodson, 1993; Lunetta, Hofstein, & Clough, 2007) und ist wesentlicher Bestandteil der Unterrichtspraxis (Roth et al., 2006; Tesch, 2005). Andererseits zeigt sich, dass Experimente meist einseitig mit dem Ziel des Fachwissenserwerbs eingesetzt werden (Abrahams & Millar, 2008; Börlin & Labudde, 2014; Welzel et al., 1998) und insbesondere Schülerexperimente insgesamt hinter den (hohen) Erwartungen bzgl. deren Wirksamkeit zurückbleiben (z.B. Hodson, 1993; Hofstein & Lunetta, 1982; Lunetta et al., 2007).

Verschiedene Studien geben Hinweise darauf, dass die Verknüpfung zwischen Theorie und Praxis während bzw. vor und nach der Experimentierphase nicht gelingt. Beispielsweise zeigt eine Analyse von typischen Experimentieraufgaben, dass Schüler\_innen selten zu einer solchen Verknüpfung aufgefordert werden (Tiberghien, Veillard, Le Maréchal, Buty, & Millar, 2001). Im Unterricht mit Experimenten wird der größte Zeitanteil zum Manipulieren von Objekten und Erzeugen von Phänomenen verwendet, die Verknüpfung des Experiments mit relevanter Theorie oder die Konstruktion von Ideen aus dem Experiment findet meist nur implizit statt (Abrahams & Millar, 2008). Experimentellen Aktivitäten, die eine Rekonstruktion von Theorien ermöglichen (wie z.B. das Aufstellen von Hypothesen oder eine geeignete Auswertung und Interpretation der Ergebnisse) werden vernachlässigt (Osborne, 2011), scheinen aber besonders wichtig für erfolgreiches Lernen durch Experimentieren zu sein (Furtak, Seidel, Iverson, & Briggs, 2012). Verschiedene Videostudien haben in den letzten Jahren dazu beigetragen, die Unterrichtspraxis beim Experimentieren im (Physik-)Unterricht genauer zu beschreiben (Börlin, 2012; Roth et al., 2006; Tesch, 2005). Inwiefern oben genannte Aktivitäten im Unterricht eine Rolle spielen, bleibt jedoch bisher unklar. Wenig untersucht ist auch die Frage, wie hoch die kognitive Beteiligung (cognitive engagement, vgl. Chi, 2009) der Schüler\_innen bei den verschiedenen experimentellen Aktivitäten ist.

### **Zielsetzung**

Ziel ist es, ein reliables und valides Instrument zur Videoanalyse von Physikunterricht mit Experimenten zu entwickeln, was es ermöglicht, die (zeitliche) Struktur experimenteller Teilprozesse sowie die kognitive Beteiligung der Schüler\_innen bei der Ausführung dieser Teilprozesse zu erfassen und zu beschreiben.

### **Kategoriensysteme: Experimentelle Teilprozesse und kognitive Beteiligung**

#### *Kategoriensystem I: Experimentelle Teilprozesse*

Zur Erstellung eines vorläufigen Kategoriensystems wurde aufgrund der breiten Forschungsbasis zum Experimentieren ein theoriegeleiteter Ansatz gewählt. Mit der Frage „Welche Teilprozesse werden beim Experimentieren als relevant gesehen?“ wurden unter Sichtung von einschlägiger Literatur zur modellhaften Beschreibung des Experimentierprozesses (z.B. Millar, Le Maréchal, & Tiberghien, 1999) sowie zu experimentellen Teilkompetenzen (z.B. Nawrath, Maiseyenko, & Schecker, 2011) und „scientific practices“ (z.B. Osborne, 2014) Kategorien abgeleitet. Das entstandene Instrument

unterteilt sich in drei Facetten, die sich jeweils in der Detailliertheit der Beobachtungsebene unterscheiden: Experimentierphase (5 Kategorien, z.B. *Auswertung*), experimentelle Teilprozesse (8 Kategorien, z.B. *Interpretation der Ergebnisse*) und Aktivitäten (14 Kategorien, z.B. *Messdaten interpretieren*). Die vorläufigen Kategorien und deren Beschreibungen wurden anschließend in einem zyklischen Prozess mit Hilfe von Videos überarbeitet, spezifiziert und mit Beispielen versehen.

#### *Kategoriensystem II: kognitive Beteiligung*

Chi (2009) stellt mit dem *ICAP-Framework* eine Möglichkeit vor, mit Hilfe derer eine Klassifizierung beobachtbarer Lernaktivitäten bzgl. ihrer *potentiell* zugrunde liegenden kognitiven Prozesse vorgenommen werden kann. Die Einteilung erfolgt in vier Kategorien, die sich im Grad der kognitiven Beteiligung unterscheiden: *passive*, *active*, *constructive*, *interactive*. Aufbauend auf diesem theoretisch und empirisch validierten Konstrukt wurde ein Instrument zur Einschätzung der kognitiven Beteiligung der Schüler\_innen im Unterricht mit Experimenten entwickelt (siehe Tab. 1).

<b>Kategorie (Art der Aktivität)</b>	<b>Typische Aktivitäten</b>	<b>Kognitive Prozesse</b>	<b>Beispiele</b>
passive (aufnehmende)	Aufpassen, zuhören, lesen (jeweils ohne Notizen zumachen o.ä.)	isoliertes Speichern von Informationen	Lehrervortrag zuhören, Ausführen von Aktivitäten ohne Zusammenhang zum Unterricht
active (teilnehmend/ manipulierend)	Paraphrasieren, wiederholen, zusammenfassen Objekte manipulieren	Vorwissen aktivieren, Informationen integrieren	Vorwissen wiedergeben, Kurzantworten bei stark geführten Lehrerfragen
constructive (erzeugend)	Erklären, begründen, verknüpfen, vernetzen Fragen stellen, reflektieren, planen, vorhersagen	Verknüpfen mit Vorwissen und Folgern von neuen Wissens-elementen	Schülerbeiträge auf Lehrerfragen ausreichender Offenheit; Schülerfragen, die über eine inhaltliche Wdh. hinausgehen
interactive (wechselwirkend)	Gegenseitiges Fragen und Antworten, argumentieren und infrage stellen, verteidigen, überarbeiten aufgrund von Feedback	Wechselseitiges Folgern unter Nutzung der Beiträge des Partners	Greifen z.B. in einer Gruppenarbeitsphase die Äußerung eines Partners auf (mind. 2 Wechsel)

*Tab.1: Kategoriensystem zur Einschätzung des Grads der kognitiven Beteiligung auf Basis beobachtbarer Lernaktivitäten auf Grundlage des ICAP-Frameworks (Chi, 2009), Beschreibungen und Beispiele gekürzt*

#### **Beurteilerübereinstimmung**

Die Reliabilität der Instrumente wurde mit Hilfe der Beurteilerübereinstimmung zwischen zwei unabhängigen Kodierern mit 10 Videos von je etwa 45 Minuten geprüft. Bei allen verwendeten Videos handelte es sich um Videos aus dem Physikunterricht der Sekundarstufe I. Bei der Auswahl der Videos wurde die Anforderung gestellt, dass die Videos ein oder mehrere Experimentierphasen enthalten, ohne Spezifizierung der Organisationsform der Experimentierphasen oder der behandelten Themen. Da es sich um eine Re-Analyse

vorhandener Videos handelte, unterschieden die Videos sich in Tonqualität, Anzahl der verwendeten Kameras, Klassenstufe und Themenbereich. In der Phase der Kodiererschulung zeigte sich ein Kodierungsintervall von 30 Sekunden bei intervallbasierter Kodierung als angemessen. Insgesamt wurde mit Werten für Cohens  $\kappa$  zwischen 0.66 und 0.87 eine gute bis sehr gute Übereinstimmung erreicht.

#### **Fazit und Ausblick**

Mit guten bis sehr guten Werten der Beurteilerübereinstimmung spricht die erste Erprobung der entwickelten Instrumente für die Reliabilität der Skalen. Diese Ergebnisse sollen zunächst mit weiterem Videomaterial und/oder einem weiteren Kodierer bestätigt werden. Anschließend wird das Instrument genutzt, um ca. 50 Videos aus dem Physikunterricht mit Experimenten zu kodieren. Basierend auf der Kodierung findet eine quantitative Auswertung über die Struktur von experimentellen Teilprozessen und der kognitiven Beteiligung der Schüler\_innen statt. Im Vergleich zu früheren Videostudien ermöglicht dieser Ansatz eine deutlich detailliertere Deskription von Physikunterricht mit Experimenten, die über die Beschreibung von reinen Oberflächenmerkmalen hinausgeht. Dabei werden die neu entwickelten Instrumente durch weitere Kategoriensysteme (Unterrichtszeit, Funktion des Experiments, Organisationsform, Sequenzierung der Lernprozesse) ergänzt, die aus anderen Studien adaptiert und ggf. angepasst werden.

Die Ergebnisse können dazu beitragen, spezifischere Hypothesen darüber zu entwickeln, an welchen Stellen Physikunterricht mit Experimenten und insbesondere die Theorie-Praxis-Verknüpfung scheitert. Darüber hinaus steht ein reliables und valides Instrument zur Erfassung wesentlicher Facetten von Physikunterricht mit Experimenten bereit, was beispielsweise in Interventionsstudien eingesetzt werden kann.

**Literatur**

- 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(14), 1945–1969.
- Börlin, J. (2012). Das Experiment als Lerngelegenheit: Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 132*. Berlin: Logos.
- Börlin, J., & Labudde, P. (2014). Practical Work in Physics Instruction: An Opportunity to Learn? In H. E. Fischer, P. Labudde, K. Neumann, & J. Viiri (Eds.), *Quality of instruction in physics. Comparing Finland, Germany and Switzerland* (pp. 111–127). Münster, New York: Waxmann.
- Chi, M. T. H. (2009). Active-constructive-interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in Cognitive Science*, 1(1), 73–105.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking Old Ways: Towards A More Critical Approach To Practical Work In School Science. *Studies in Science Education*, 22(1), 85–142.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201–217.
- KMK (Ed.). (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*: Luchterhand.
- Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. P. (2007). Learning and Teaching in the School Science Laboratory: An Analysis of Research, Theory, and Practice. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 393–441). New York: Routledge.
- Millar, R., Le Maréchal, J., & Tiberghien, A. (1999). 'Mapping' the domain: Varieties of practical work. In J. Leach & A. Paulsen (Eds.), *Practical work in science education. Recent research studies* (pp. 33–59). Frederiksberg: Roskilde University Press; Kluwer Academic Publishers.
- Nawrath, D., Maiseyenko, V., & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz: Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 60(6), 42–49.
- NRC (Ed.). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*: National Academies Press.
- Osborne, J. (2011). Science teaching methods: a rationale for practices. *School Science Review*, 93(343), 93–103.
- Osborne, J. (2014). Scientific Practices and Inquiry in the Science Classroom. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (Vol. 2). Routledge.
- Roth, K. J., Druker, S. L., Garnier, H. E., Lemmens, M., Chen, C., Kawanaka, T., . . . Okamoto, Y. (2006). *Teaching Science in Five Countries: Results From the TIMSS 1999 Video Study. Statistical Analysis Report*. Washington, D.C.: U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics.
- Tesch, M. (2005). Das Experiment im Physikunterricht: Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 42*. Berlin: Logos.
- Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J., Buty, C., & Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85(5), 483–508.
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., . . . Aufschnaiter, S. von. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden—Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4, 29–44.

## **Do It Yourself Remote Sensing Ein deutsch-israelisches Schülerprojekt**

### **Zusammenfassung**

Bei einem internationalen Kooperationsprojekt des Schülerlabors DLR\_School\_Lab in Oberpfaffenhofen, der Physikdidaktik der LMU München und der israelischen Ben-Gurion-University, BGU, in Be'er-Sheva konnten deutsche und israelische Oberstufenschüler Methoden der modernen Satellitenfernerkundung praxisnah kennenlernen. Für ihre Messungen nutzten sie einen Quadrocopter als Trägersystem und modifizierte Digitalkameras. Neben der Durchführung der Messkampagne und der digitalen Aufbereitung ihrer Messergebnisse bestand die Aufgabe der Schüler/innen auch in der Kommunikation und Diskussion der physikalischen Grundlagen mit den ausländischen Partnern und der Interpretation der Messdaten. Die Jugendlichen meisterten die Herausforderungen des Projektes sehr gut und zeigten sich besonders interessiert an der Durchführung der eigenen Messkampagnen.

### **Wissenschaftlicher Hintergrund**

Internationale und nationale empirische Studien (vgl. z.B. OECD, 2006; Sjøberg & Schreiner, 2010) belegen, dass sich die große Bedeutung von Naturwissenschaften und Technik für unseren Alltag nach wie vor nur teilweise in den Interessen von Schülerinnen und Schülern widerspiegelt. Für eine spätere Kurs- oder Berufswahl ist dies eine ungünstige Ausgangslage, sind doch das Interesse an Naturwissenschaften ebenso wie das naturwissenschaftsbezogene Fähigkeitsselbstkonzept wichtige Prädiktoren für diese Weichenstellung (Taskinen, 2010). Seit einigen Jahren gibt es daher Versuche, Jugendliche schon früh an Naturwissenschaften und die Faszination Forschung heranzuführen, wie beispielsweise die Schülerlaborbewegung (Euler, Schüttler & Hausmann, 2015), deren längerfristigen Effekte jedoch, auf Grund der kurzen Einwirkungsdauer von meist nur einem Tag, umstritten sind (Mokhonko, Nickolaus & Windaus 2014).

Eine Einbettung solcher außerschulischer Maßnahmen in den regulären Unterricht wird in diesem Zusammenhang ebenso forciert (Streller, 2015), wie eine stärkere Kontextualisierung des Physikunterrichts (Mikelskis-Seifert & Duit, 2010), welche unter bestimmten Voraussetzungen motivierend wirkt, ohne fachlichen Tiefgang einzubüßen. Für Jugendliche beider Geschlechter interessant erwiesen sich Themen aus den Gebieten „Weltall“, „Mensch und Umwelt“ und „Forschung“ (Holstermann & Bögeholz, 2007). Die Satellitenfernerkundung umfasst diese Bereiche in nahezu idealer Weise. Daher wurde im DLR\_School\_Lab Oberpfaffenhofen in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Physikdidaktik der LMU ein „Hands-on“ Experimentalkonzept entwickelt, welches auf kostengünstiger Technik basierend, möglichst realistisch physikalische und technische Hintergründe der optischen Umweltfernerkundung mit Satelliten erfahrbar machen soll.

Studien (Reuschenbach, 2007; Viehrig, 2015) zeigen, dass ein Geographieunterricht zu dieser Thematik nicht nur Fachinhalte vermitteln, sondern darüber hinaus eine Vielzahl von Schülerinteressen ansprechen kann. Eine entsprechende Umsetzung im Physikunterricht steht bislang noch aus, was nicht zuletzt daran liegt, dass es zwar mittlerweile problemlos möglich ist, aktuelle, echte Satellitendaten von Einrichtungen wie der NASA, der ESA oder dem DLR zu erhalten, nicht jedoch, eigene Fernerkundungsmissionen durchzuführen. Bisher

scheiterte dies auch an der Verfügbarkeit spezieller technischer Geräte auf Grund von zu großer Komplexität und zu hohen Kosten.

Die hier eingesetzte Technik basiert auf kostengünstigen, modifizierten Digitalkameras, welche neben sichtbarem Licht auch solches im nahen Infrarotbereich detektieren können. Für Details dieser aus physikalischer Sicht überaus interessanten Technik siehe beispielsweise Rabatel, Gorretta & Labbé (2011) oder Rasmussen et al. (2016). Im Rahmen des vorgestellten Projektes sollten einerseits die Kameras im Zusammenspiel mit einem Quadrocopter im Einsatz mit Schülern und andererseits ein Evaluierungsfragebogen zur Erfassung verschiedener Dimensionen des Interesses, des naturwissenschaftlichen Fähigkeitsselbstkonzeptes und von fachlichen Inhalten erprobt werden. Zudem stellte das Projekt einen ersten Versuch für internationale Kooperationen von Schülerlaboren in Schülerforschungsprojekten dar.

### **Das internationale Kooperationsprojekt**

Die Projektaufgabe bestand darin, mit Hilfe von in Kleingruppen selbst zu modifizierenden Kameras, repräsentative und aussagekräftige optische Messungen der Vegetation von vier verschiedenen, typischen Landschaftsformen der jeweiligen Heimatregion zu erstellen.

- Bei den deutschen Jugendlichen handelte es sich dabei neben dem urbanen Raum Münchens auch um landwirtschaftliche Nutzflächen, Uferregionen von Seen, sowie die alpine Landschaft der bayerischen Voralpen.
- Die israelischen Schüler/innen wählten möglichst vergleichbare Landschaftsformen rund um ihre Heimatstadt Be'er Sheva.

Die Aufnahmen mussten von den Schüler/innen im Anschluss ausgewertet, interpretiert und zur Oberflächenklassifikation mit Hilfe des Vegetationsindex NDVI (vgl. Hamlin & Vaughan, 2010) digital aufbereitet werden. Hinzu kamen die Dokumentation und Präsentation der Forschungsergebnisse im Rahmen einer gemeinsamen Videokonferenz mit ihren ausländischen Partnern in englischer Sprache.

Die Gruppen beider Länder führten vor Ort ihre Messungen durch, dokumentierten diese und werteten ihre Infrarotaufnahmen mit einem online verfügbaren Open Source Bildverarbeitungstool (vgl. <http://publiclab.org>) aus. Die deutschen Schüler/innen erhielten Unterstützung beim sicheren Umgang mit dem Quadrocopter. Auf israelischer Seite wurden die Jugendlichen von Mitarbeitern der BGU betreut. Den notwendigen fachlichen Input erhielten beide Gruppen im Rahmen eines Besuchstages mit Experimentierworkshops und Fachvorträgen an ihrer jeweiligen Forschungseinrichtung, DLR bzw. BGU.

### **Methodik**

Die Jugendlichen wurden vor Beginn und am Ende des Projektes zu ihrem Fachinteresse an Naturwissenschaften und ihrem situationalen Interesse am Projektthema befragt. Hinzu kamen Items zum naturwissenschaftlichen Fähigkeitsselbstkonzept (FSK) und einige offene Fragen zu Fachinhalten des Projektes. Der Fragebogen für den Pretest wurde von einer Studie zur Evaluierung von DLR\_School\_Labs (Pawek, 2009) übernommen, welcher auch die meisten Items des Posttests entstammten. Beide Fragebögen nutzten für geschlossene Antworten eine 5-stufige Likert Skala von 1 (keine Zustimmung) bis 5 (volle Zustimmung). Auf deutscher Seite haben von den ursprünglich 15 Teilnehmer/innen zwölf an beiden Terminen die jeweiligen Fragebögen zum Pre- und Posttest vollständig ausgefüllt, bei den Israelis waren es elf. Von diesen Daten sind zwar keine allgemeingültigen Aussagen abzuleiten, jedoch konnte das Fragebogeninstrument einige Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der Wahrnehmung der Probanden aufzeigen – vgl. Tab.1.

**Ergebnisse**

Kenn- werte	Fachinteresse Naturwissensch. Pretest		FSK Pretest		FSK Posttest		Epistemische Komponente Posttest		Emotionale Komponente Posttest	
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$
DLR	4.0	.9	4.1	.7	4.3	.8	3.6	1.3	4.4	.9
BGU	3.7	1.1	3.8	1.1	3.4	1.1	3.4	.9	3.7	1.0
Pawek	3.4	1.2	3.6	1.2						

Tab. 1: Überblick über ausgewählte Ergebnisse der Fragebogenerhebung

Beide Gruppen bewerteten ihr Interesse an Naturwissenschaften, auch im Vergleich zu der großen Stichprobe von Pawek, mehrheitlich als eher hoch oder hoch, gleiches galt für ihr naturwissenschaftliches Fähigkeitsselbstkonzept. Die Ergebnisse des Posttests fielen ähnlich aus, d.h. das Fähigkeitsselbstkonzept und auch die unterschiedlichen Dimensionen des situationalen Interesses blieben zum Teil deutlich oberhalb des Skalenmittelwerts. Unterschiede zeigten sich zwischen den deutschen und den israelischen Jugendlichen unter anderem im wahrgenommenen Alltagsbezug des Projektthemas: Die israelischen Jugendlichen bewerteten den Alltagsbezug im Mittel als eher hoch ( $\bar{x} = 3.9, \sigma = 0.9$ ), ihre deutschen Partner als eher gering bis mittel ( $\bar{x} = 2.8, \sigma = 1.3$ ).

Das projektbezogene Fachwissen erwies sich bei den deutschen Schüler/innen als gut bis sehr gut. Die durchweg gelungenen praktischen Arbeiten und Präsentationen der Schüler/innen beider Länder ließen Rückschlüsse auf Kompetenzen in den Bereichen „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Bewertung“ (vgl. KMK 2004) zu, welche für die Aufgabe bedeutsam waren. So waren die Jugendlichen in der Lage, ihre Experimente nicht nur selbständig zu planen und auszuwerten, sondern insbesondere diese auch zu bewerten und unter Verwendung fachspezifischer Darstellungsformen wie Falschfarbenbildern und Diagrammen in korrekter Fachsprache zu kommunizieren.

**Interpretation und Resümee**

Die Ergebnisse der Fragebogenerhebung weisen darauf hin, dass das gewählte Projektthema von den beteiligten Jugendlichen als interessant empfunden wurde, wobei anscheinend insbesondere die emotionale Komponente des situationalen Interesses angesprochen wird. Allerdings kann der auffällige Unterschied zur epistemischen Komponente auch dahingehend gedeutet werden, dass nach über zwei Monaten Projektlaufzeit eine gewisse Sättigung eingetreten ist. Die unterschiedliche Wahrnehmung des Alltagsbezugs durch die deutschen und israelischen Jugendlichen könnte naheliegender Weise auf die unterschiedlichen Umweltbedingungen und die damit einhergehenden Herausforderungen verbunden sein. Für die in einer ariden Wüstenregion lebenden israelischen Jugendlichen hat die Fernerkundung von Vegetation offenbar einen höheren Alltagsbezug, was bestätigt, dass ein Kontext nicht per se und auch nicht für alle Schüler/innen gleichermaßen alltagsbezogen sein kann – ein Umstand, der im Weiteren bei der Ausarbeitung von entsprechenden Unterrichtskonzepten zur Satellitenfernerkundung zu berücksichtigen sein wird.

Insgesamt konnten im Rahmen dieses Projektes eine Vielzahl von Erfahrungen zur Gestaltung und der Evaluierung einer internationalen Schülerkooperation gesammelt werden. Die verwendete Technik erwies sich als einerseits überaus valide andererseits aber auch als motivierend. So antworteten zehn von zwölf der deutschen Schüler/innen auf die Frage, was ihnen am Projekt am besten gefallen habe, „die Durchführung der Messkampagne“. Beides bestätigt uns darin, die Einsatzmöglichkeiten von Fernerkundungs-sensorik in einem kontextorientierten Physikunterricht weiter zu forcieren und zu erforschen.

**Literatur**

- Euler, M., Schüttler, T. & Hausmann, D. (2015). Schülerlabore: Lernen durch Forschen und Entwickeln. In E. Kircher, R. Girwitz, & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik*. Springer-Lehrbuch, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 759–782
- Hamlin, J. & Vaughan, R. (2010). *Remote Sensing of Vegetation*. Oxford University Press, Oxford
- Holtermann, N. & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 13, 71–86
- KMK (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand, 16.12.2004.
- Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2010). *Physik im Kontext – Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht*. Seelze: Friedrich Verlag.
- Mokhonko, S., Nickolaus, R. & Windaus, A. (2014). Förderung von Mädchen in Naturwissenschaften: Schülerlabore und ihre Effekte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Volume 20, Issue 1, S. 143-159
- OECD (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy. A framework for PISA 2006*. Paris: OECD Publishing.
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessesfördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe (Dissertation)*, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Rabatel, G., Gorretta, N. & Labbé, S. (2011). Getting NDVI Spectral Bands from a Single Standard RGB Digital Camera: A Methodological Approach, *CAEPIA, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 7023, 333–342
- Rasmussen, J., Ntakos, G., Nielsen, J., Svendsgaard, J., Poulsen, R. N. & Christensen, S. (2016). Are vegetation indices derived from consumer-grade cameras mounted on UAVs sufficiently reliable for assessing experimental plots? *European Journal of Agronomy*, 74, 75–92.
- Reuschenbach, M. (2007). *Entwicklung und Realisierung eines Konzepts zur verstärkten Integration der Fernerkundung, insbesondere von Luft- und Satellitenbildern, in den Geographieunterricht. (Dissertation) Universität Zürich*
- Sjøberg, S. & Schreiner, C. (2010). *The ROSE project - An overview and key findings*. University of Oslo
- Streller, M. (2015). *The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories. (Dissertation) Technische Universität Dresden*
- Taskinen, P. (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.
- Viehrig, K. (2015). *Exploring the effects of GIS use on students' achievement in geography (Dissertation)*. Pädagogische Hochschule Heidelberg

John Hamacher<sup>1</sup>  
 Lena Nikodemus<sup>1</sup>  
 Heidrun Heinke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen

## Messunsicherheiten in graphischen Auswertungen

### Studie zum Umgang mit Messunsicherheiten in der Auswertephase von Physikpraktika

Ein zentrales Ziel physikalischer Praktika an Universitäten besteht in der Vermittlung experimenteller Kompetenzen an Studierende (Psillos & Niederrerr, 2003). Dabei ist der adäquate und verständnisgeleitete Umgang mit Messunsicherheiten als eine der wichtigsten Kompetenzen im Bereich der Auswertung von Experimenten zu identifizieren (Heinicke, 2012). Im Unterschied zu vielen anderen experimentellen Kompetenzen eignen sich Studierende jedoch ein vertieftes Verständnis von Messunsicherheiten nicht primär in der Phase der Versuchsdurchführung an der Universität an, sondern vor allem in der sich daran anschließenden Datenanalyse und beim Erstellen der Versuchsberichte außerhalb der universitären Praktikumsräume. Allerdings offenbaren mehrere Studien, dass viele Studierende große Schwierigkeiten und Verständnisprobleme bei der adäquaten Berücksichtigung von Messunsicherheiten in ihren Datenauswertungen besitzen (Séré et al., 1993; Lippmann Kung, 2005; Heinicke, 2012). Dadurch ergibt sich meistens sowohl für die Studierenden als auch für die Lehrenden in den Praktika eine unbefriedigende Situation: Viele der eingereichten Versuchsberichte sind zum einen unter einem unverhältnismäßig hohen Zeitaufwand entstanden, beinhalten zum anderen aber häufig auch qualitativ unzureichende Datenauswertungen und müssen deshalb in vielen Fällen überarbeitet werden. Von dieser Problematik sind insbesondere auch physikalische Nebenfachpraktika betroffen. Hier mangelt es vielen Studierenden nicht nur an den notwendigen mathematischen und physikalischen Vorkenntnissen, sondern oft auch an der Motivation, um sich angemessen mit Messunsicherheiten auseinanderzusetzen (Hamacher et al., 2015).

Um diesem Missstand effektiv entgegenwirken zu können ist eine detaillierte Analyse der in der Regel zu Hause stattfindenden Arbeits- und Lernprozesse der Studierenden zum Thema Messunsicherheiten während der Erstellung von Versuchsberichten notwendig. In Hamacher et al. (eingereicht) wurde ein Erhebungsinstrument vorgestellt, mit dem auch die Phase der Auswertung zu Hause ökologisch valide erfasst und einer Analyse zugänglich gemacht werden konnte. Dabei kamen in den teilnehmenden Teams von je zwei Studierenden jeweils ein Smartpen und ein Laptop mit vorinstallierter Screen Recorder Software zum Einsatz. Die Testung des Instrumentes wurde im Rahmen einer Pilotstudie im Wintersemester 2015/16 im physikalischen Praktikum für Studierende der Biologie und Biotechnologie an der RWTH Aachen durchgeführt. Dabei führten sechs studentische Zweiertteams alle ihre Arbeitsprozesse zu jeweils drei Praktikumsversuchen vollständig unter Nutzung der bereitgestellten Aufnahmegeräte durch. Insgesamt konnten so 18 nachvollziehbare Erstellungsprozesse von Versuchsberichten aufgezeichnet werden. Im Folgenden wird das Verfahren zur Analyse des Datenmaterials vorgestellt.

### Fokussierung auf Analyse von Messunsicherheiten in graphischen Auswertungen

Als zentrale Aufnahmegeräte der Pilotstudie dienten ein Laptop, auf dem neben einem Office-Paket auch eine Screen Recorder Software installiert war, und ein Smartpen. Durch die Kombination dieser beiden Geräte war es möglich neben dem Tipp- und Klick-Verhalten der Studierenden am Laptop auch ihre handschriftlichen Arbeiten auf Papier sowie ihre verbale Kommunikation digital aufzuzeichnen. Dabei liefern sowohl die Screen Recorder Software als auch der Smartpen audiovisuelle Dateien in Form von Videos und Audioaufnahmen als analysierbares Rohmaterial (linker Teil Abb. 1). Da nach unserem Kenntnisstand mit der detail-

lierten Erfassung der Arbeitsprozesse von Studierenden während der Erstellung von Versuchsberichten zu Hause Neuland betreten wurde, musste ein geeignetes Verfahren entwickelt werden, um das umfangreiche Datenmaterial effektiv auszuwerten. Besonders vielversprechend erschien dabei die Fokussierung der Auswertung auf die Untersuchung des Umgangs der Studierenden mit Messunsicherheiten in graphischen Auswertungen, was im Folgenden begründet wird.

Die Durchführung graphischer Auswertungen mittels der Erstellung und Interpretation von Diagrammen stellt eine Kernkompetenz wissenschaftlichen Arbeitens dar. So können beispielsweise durch Diagramme große Datenmengen übersichtlich dargestellt und einer visuellen Bewertung zugänglich gemacht werden (Beichner, 1994). Weiterhin dienen sie auch als zentrales Medium wissenschaftlicher Kommunikation weltweit (Nixon et al., 2016). Zusätzlich ist der Einbezug von Messunsicherheiten in Diagramme durch die Nutzung von Fehlerbalken einfach realisierbar, und ihre Verwendung stellt eine Norm in allen physikalischen Fachbereichen dar. Entsprechend der Bedeutung von graphischen Auswertungen und Diagrammen in den Naturwissenschaften allgemein sollen auch Studierende in physikalischen Nebenfachpraktika Kompetenzen im Bereich der Diagrammerstellung und -interpretation erwerben respektive ausbauen. Infolgedessen werden regelmäßig graphische Auswertungen inklusive der Berücksichtigung von Messunsicherheiten in den studentischen Versuchsauswertungen verlangt.

Für die durchzuführenden Auswertungen wird davon ausgegangen, dass der Umgang der Studierenden mit Messunsicherheiten in Diagrammen einen guten Indikator für ihren Umgang mit Messunsicherheiten im Allgemeinen darstellt. Diese Annahme stützt sich auf die Tatsache, dass Fehlerbalken graphische Repräsentationen von Messunsicherheiten darstellen, für deren Erstellung somit (zumindest partiell) auf das gleiche theoretische Hintergrundwissen zurückgegriffen werden muss wie bei der Ermittlung von Messunsicherheiten im Allgemeinen.

Darüber hinaus ist uns keine Studie bekannt, in der primär der Einbezug von Messunsicherheiten in die Arbeits- und Lernprozesse bei der Erstellung von Diagrammen mit physikalischem Kontext untersucht wurde. Auch diese Forschungslücke soll durch die vorliegende Arbeit ein Stück weit geschlossen werden.

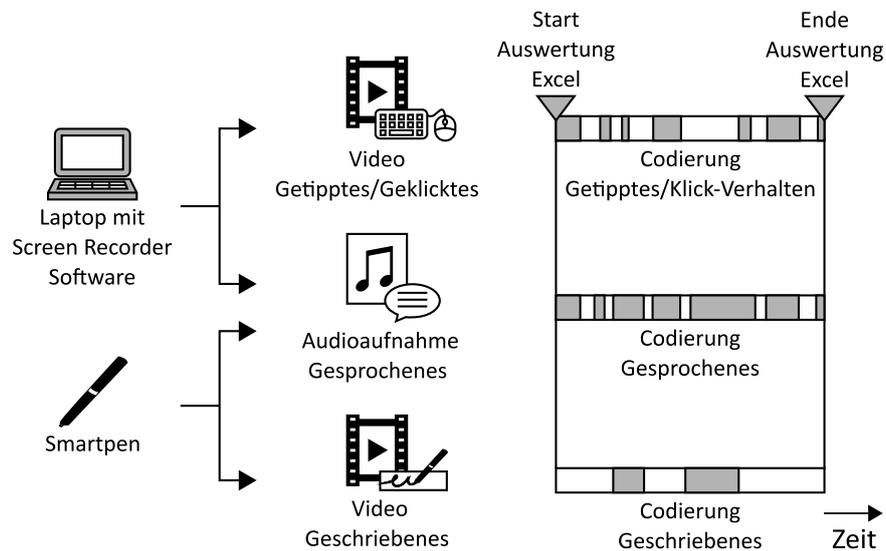


Abb. 1: Aufnahmegерäte der Pilotstudie und aus ihnen gewonnene digitale Daten, die zeitlich synchronisiert und ausgewertet werden können.

### **Methodik zur Analyse graphischer Auswerteprozesse**

Die vorgenommene Fokussierung auf die Untersuchung graphischer Auswertungen mit Messunsicherheiten bot die Möglichkeit einer arbeitsökonomischen Gestaltung der Analyse des umfangreichen Datenmaterials: Diagramme mit Fehlerbalken sind in Versuchsberichten optisch eindeutig und leicht zu identifizierende Elemente. Eine Durchsicht der von den Studierenden abgegebenen Versuchsberichte ermöglicht somit eine schnelle Identifikation von Diagrammen, deren Erstellungsprozesse ausgewertet werden sollen, da das Vorliegen von Fehlerbalken in Diagrammen voraussetzt, dass sich die Studierenden vor oder während der Diagrammerstellung mit Messunsicherheiten auseinandergesetzt haben.

Nach der Identifikation dieser relevanten Diagramme können in den Videos die zugehörigen Zeitintervalle für die Erstellungsprozesse eingegrenzt werden. Da fast alle Studierendenteams ihre Diagramme am Laptop mit Microsoft Excel erstellt haben, beschränkte sich die Suche nach den Erstellungsprozessen der Diagramme für alle Teams bis auf eines vollständig auf eine Durchsicht der Screen Recorder Videos. Nachdem Start- und Endzeitpunkt einer Datenauswertung mit Excel bestimmt sind, können die Prozesse der zugehörigen Diagrammerstellung mit der Software Videograph eventbasiert codiert, transkribiert und analysiert werden (rechter Teil Abb. 1). Dabei sind verschiedene Auswertansätze sinnvoll:

In einem ersten Schritt ist es möglich die Oberflächenmerkmale der Diagrammerstellung ausschließlich anhand des Tipp- und Klick-Verhaltens in Microsoft Excel zu untersuchen. So können beispielsweise die zeitliche Dauer einer Diagrammerstellung, die Reihenfolge der durchgeführten Arbeitsschritte oder verworfene Ansätze der Auswertung bei der Erstellung der Diagramme ermittelt werden. Mit diesen Informationen ist es bereits möglich grundlegende Unterschiede in den Arbeitsweisen der verschiedenen Studierendenteams offenzulegen, die z.B. durch Arbeitsprozessdiagramme veranschaulicht werden können.

Eine zusätzliche Berücksichtigung der verbalen Kommunikation der Studierenden untereinander erlaubt zudem eine Bewertung der Qualität der Arbeitsprozesse. So können in der Regel aus den Kommentaren der Studierenden Antworten beispielsweise auf folgende wichtige Fragen gefunden werden: Warum wurde der gewählte Analyseansatz ausgewählt? Sind die Studierenden von der Korrektheit ihres gewählten Analyseansatzes überzeugt? Welche Bedeutung haben Messunsicherheiten für das ermittelte Endergebnis? Besitzen die Studierenden fehlerhafte Präkonzepte über Messunsicherheiten? Ohne die Berücksichtigung der verbalen Kommunikation wäre eine Beantwortung der meisten dieser Fragen nicht möglich.

Um darüber hinaus detailliertere Informationen aus der Kommunikation der Studierenden zu gewinnen, werden ihre Aussagen in einem nächsten Schritt einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen, die wiederkehrende Argumentationen und Fehlvorstellungen in und zwischen den einzelnen Gruppen offenlegen kann.

### **Fazit und Ausblick**

Es wurde ein Erhebungsinstrument entwickelt und erprobt, dass es ermöglicht, studentische Arbeitsprozesse während der Erstellung von Versuchsberichten zu Hause umfassend aufzuzeichnen (Hamacher et al., eingereicht). Im Fokus des Interesses steht dabei der Umgang der Studierenden mit Messunsicherheiten. Hierzu wird mit Smartpens und Laptops mit vorinstallierter Screen Recorder Software umfangreiches Datenmaterial erhoben, das vor dem Hintergrund des Forschungsinteresses am Umgang mit Messunsicherheiten anhand von Diagrammen mit Fehlerbalken sehr effektiv eingegrenzt und detaillierter analysiert werden kann. Nach Durchführung der Pilotstudie stehen nun sowohl ein geeignetes Erhebungsinstrument als auch eine geeignete Auswertemethodik zur Analyse des studentischen Umgangs mit Messunsicherheiten während der Erstellung von Versuchsberichten zur Verfügung. Im Wintersemester 2016/17 folgt die Hauptstudie in einem ähnlichen Studiendesign mit modifizierten Versuchsinhalten.

**Literatur**

- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematic graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750-762
- Hamacher, J., Erkelenz, J., & Heinke, H. (2015). Messunsicherheiten mit Hilfe von Lehrvideos verstehen. In: Nordmeier, V., & Grötzebauch H. (Hrsg.), *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Wuppertal*
- Hamacher, J., & Heinke, H. (eingereicht). Analyse studentischer Lernprozesse zu Messunsicherheiten im Physikpraktikum. In: Nordmeier, V., & Grötzebauch H. (Hrsg.), *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Hannover*
- Heinicke, S. (2012). *Aus Fehlern wird man klug. Eine Genetisch-Didaktische Rekonstruktion des "Messfehlers"*. Berlin: Logos Verlag
- Lippmann-Kung, R. (2005). Teaching the concepts of measurement: An example of a concept-based laboratory course. In: *American Journal of Physics*, 73(8)
- Nixon, R. S., Godfrey, T. J., Mayhew, N., T., & Wiegert, C. C. (2016). Undergraduate student construction and interpretation of graphs in physics lab activities. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 010104
- Psillos, D., & Niederrerr, H. (2003). *Teaching and Learning in the Science Laboratory*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher
- Séré, M., Journeaux, R., & Larcher, C. (1993). Learning the statistical analysis of measurement errors. In: *International Journal of Science Education*, 15(4)

## Auf der Suche nach Strategien bei der Manipulation von Experimenten

Bei der Untersuchung experimenteller Prozesse stand bisher die praktische Durchführung des Experiments selten im Vordergrund, da es an geeigneten Instrumenten zur Erhebung der relevanten Prozessdaten mangelte. Insbesondere müssen bei einer prozessfokussierten Erfassung am Realexperiment die Instrumente auf die experimentelle Aufgabe abgestimmt werden, was dies in der Regel zu einem aufwendigen Unterfangen macht. Die neue Technologie des *Smartpens* (van Schaack, 2009) bzw. der neue Erhebungsansatz der sogenannten *objekt-fokussierten Erfassung* (vgl. Fraß & Heinke, 2016) ermöglichen die Entwicklung neuer Instrumente, um den bisherigen Erhebungsproblematiken entgegenzutreten und die bestehende diagnostische Lücke zu schließen. Um den Prozess der Durchführung eines Experiments an einem realen Versuchsaufbau mit seinen wesentlichen Parametern erfassen und bewerten zu können, wurden daher am Beispiel der Justage optischer Bauteile als integralem Bestandteil vieler optischer Experimente zwei Instrumente entwickelt, die beide in der Lage sind, den experimentellen Prozess adäquat abzubilden. Ausgehend von einer inhaltlichen und chronologischen Strukturierung werden in diesem Beitrag diese zwei Instrumente zur Erfassung experimenteller Prozesse vorgestellt und eine Aufbereitungs- und Auswertungsmethodik umrissen, die es erlaubt, die entstandenen Prozessdaten für größere Probandengruppen einer explorativen Analyse zu unterziehen. Durch diese Analyse gelingt es, beschreibende Merkmale des experimentellen Prozesses und damit auch von den Probanden verfolgte Strategien bei der Manipulation des Experiments zu identifizieren.

### Strukturierung

Im konkreten Fall soll der Justageprozess von optischen Bauteilen eines Versuchsaufbaus zum Photoeffekt von Probanden in Partnerarbeit durchgeführt werden. Um diesen (experimentellen) Prozess abbilden zu können, ist es zweckmäßig, ihn zunächst sowohl inhaltlich als auch chronologisch zu strukturieren. Die inhaltliche Dimension dieser optischen Justage besteht dabei aus einer Menge von *Aktionen*, in denen die optischen Bauteile auf die optische Bank gesetzt oder gemäß der einstellbaren Parameter, wie horizontale bzw. vertikale Position, Öffnung der Blenden oder Wahl des Farbfilters, justiert werden. Die chronologische Strukturierung erfolgt anhand einer Einteilung in aufeinanderfolgende experimentelle Schritte. Ein solcher Schritt ist dabei als die ununterbrochene Ausführung einer solchen Aktion definiert (vgl. Fraß, Weyers & Heinke, 2014).

### Instrumente zur Prozesserfassung

Im Folgenden werden zwei Erhebungsansätze vorgestellt, bei denen diese Strukturierung umgesetzt wurde: ein probandenfokussierter und ein objektfokussierter Ansatz.

*Probandenfokussierte Erhebung:* Bei dieser Erhebungssystematik steht der Proband mit seinen Aktionen oder Gesprächen, die bei der Durchführung des Experiments erfasst werden, im Mittelpunkt (vgl. Abb. 1). Dieser Ansatz wurde bereits in vielfältiger Art und Weise realisiert: Beispielsweise wurden Erhebungsformate entwickelt, bei denen der Prozess von Dritten erfasst wird, etwa mittels direkter Beobachtung (vgl. bspw. Lock, 1989; Shavelson, Baxter & Pine, 1991) oder durch Videostudien (vgl. bspw. Emden, 2011; Neumann, 2004; Walpuski, 2006). In anderen Erhebungen dokumentieren die Probanden den Prozess selbst, beispielsweise durch Versuchsberichte, die im Anschluss analysiert werden (vgl. bspw. Shavelson, Ruiz-Primo & Wiley, 1999) oder durch vorstrukturierte Protokolle (vgl. bspw.

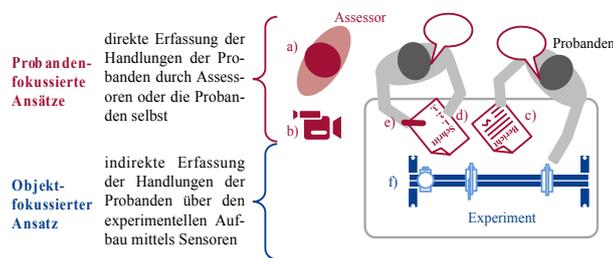


Abb. 1: Ansätze zur Erfassung von experimentellen Prozessen. *Probandenfokussiert:* (a) direkte Beobachtung, (b) Videostudien, (c) von den Probanden angefertigte Berichte und (d) vorstrukturierte Protokolle (e) in Kombination mit dem Smartpen. *Objekt-fokussiert:* (f) mittels Sensoren.

Emden, 2011; Hofstein, 2004), deren Formate bereits eine chronologische Struktur des Prozesses abbilden, sodass lediglich inhaltliche Aspekte durch die Probanden eingetragen werden müssen.

Mit dem Einsatz eines sogenannten *Smartpens*, der die Entstehung des Schriftbildes und das dabei von den Probanden Gesprochene synchron erfasst und einer Auswertung zugänglich macht, können die bisherigen Protokollformate zu vorstrukturierten Smartpen-Verlaufsprotokollen weiterentwickelt werden (Fraß u. a., 2014). In diesem Protokollformat sind die experimentellen Schritte a priori gegeben, indem diese als Schrittfelder abgebildet sind. Die inhaltliche Zuschreibung der durchgeführten Aktionen zu den Schrittfeldern erfolgt dann durch die Probanden selbst während der eigentlichen Durchführung. Der Einsatz hat gezeigt: Je weniger die Probanden in ein solches Schrittfeld eintragen müssen, also je niederschwelliger die Vervollständigung eines solchen Schrittfeldes im Laufe des zu dokumentierenden Prozesses ist, desto genauer werden einerseits zeitliche Aspekte des Prozesses abgebildet, aber umso weniger kommunizieren andererseits auch die Probanden über die vollzogene Handlung. Durch die Gestaltung des Protokollformulars ist es somit steuerbar, welche Informationen erfasst werden sollen und wie detailgetreu der Prozess selbst aufgelöst wird.

*Objektfokussierte Erfassung:* Bei diesem Erhebungsansatz wird der Erhebungsfokus vom Probanden (vgl. Abb. 1 rot) auf den experimentellen Aufbau (vgl. Abb. 1 blau) verlagert. Hierbei erfolgt die Erfassung der von den Probanden durchgeführten Aktionen mit dem experimentellen Aufbau indirekt über den experimentellen Aufbau selbst. Hierfür werden prozedurale Objektdaten, die die zeitliche Entwicklung der Einstellungen des experimentellen Aufbaus beschreiben, mit einer geeigneten Sensorik am Aufbau erfasst (vgl. Fraß & Heinke, 2014, 2016). Diese lassen einen Rückschluss auf die Aktionen der Probanden zu. Im Fall der optischen Justage führt dieser Erhebungsansatz zu einem zeitlich und örtlich hoch aufgelösten Abbild der einzustellenden relevanten Freiheitsgrade jedes involvierten Bauteils. Im Gegensatz zu den Smartpen-Verlaufsprotokollen erfolgt die Strukturierung des erfassten Prozesses in experimentelle Schritte nicht während der Durchführung des Experiments, sondern a posteriori anhand der Prozessdaten. Diese offenbaren, wann welcher Freiheitsgrad des experimentellen Aufbaus manipuliert wurde. Eine automatisierte Analyse mittels zeitlicher und örtlicher Schwellenwerte liefert die gewünschte Strukturierung in unterscheidbare experimentelle Schritte.

### Methodik zur Prozessanalyse

In Übereinstimmung mit bisherigen Aufbereitungsformaten (vgl. bspw. Schreiber, 2012; Walpuski, 2006) werden die erfassten Prozesse in einem zweidimensionalen Format für jeden Probanden dargestellt (siehe Abb. 2 *Individualebene*): Die Abszisse beinhaltet den chronologischen Aspekt in Form der experimentellen Schritte, die mit Zahlen kodiert wurden, und die Ordinate stellt die mit dem experimentellen Aufbau möglichen Aktionen dar. Diese werden im Beispiel mit Buchstaben kodiert. Anhand einer solchen Darstellung lassen sich zwar die Prozesse auf Individualebene beschreiben und bewerten, für die Gruppe typi-

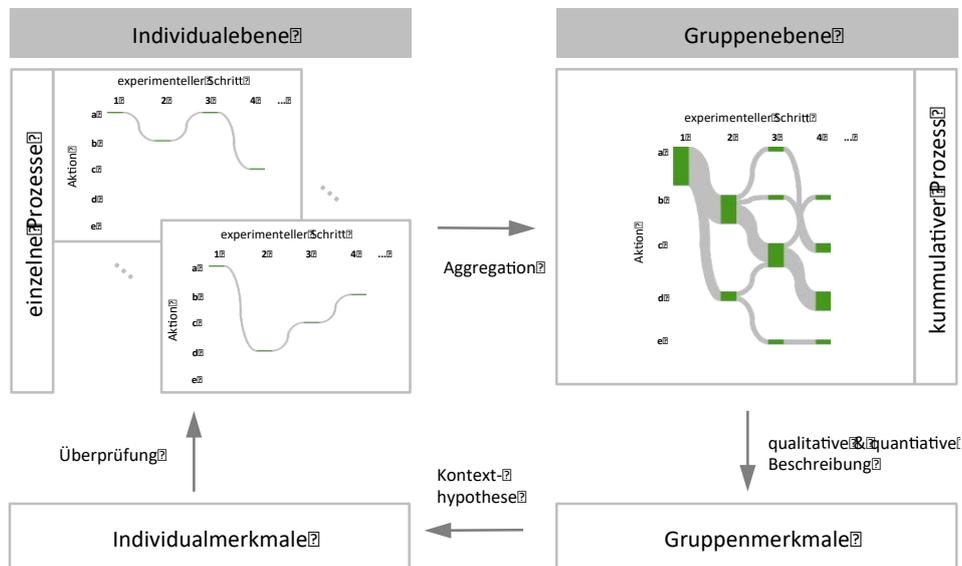


Abb. 2: Genese der Merkmale zur Beschreibung der im Prozess genutzten Strategien

sche strategische Merkmale, in Form von charakteristischen Abfolgen von Aktionen, lassen sich aber nur schwer diagnostizieren.

Die in anderen Fachdisziplinen bereits eingesetzten Mengenflussdiagramme (vgl. bspw. Sankey, 1898; Schmidt, 2006), sog. Sankey-Diagramme, bieten hierfür bisher ungenutzte Möglichkeiten der Prozessanalyse. Ausgehend von gängigen Darstellungsprinzipien wurde daher eine Adaption von Sankey-Diagrammen entwickelt, die auf Basis der oben vorgenommenen Einteilung in experimentelle Schritte in der Lage ist, durch Aggregation der einzelnen Datensätze die Abfolge der Prozessaktionen auf Gruppenebene abzubilden (siehe Abb. 2 *Gruppenebene*). Merkmale auf Gruppenebene können so erkannt und einer weiteren Analyse zugänglich gemacht werden. Anhand des Darstellungsformates sind dann sowohl qualitative Beschreibungen in Form von Aktionsfolgen, die im Lichte der experimentellen Aufgabe betrachtet werden können, als auch deren quantitative Untersuchungen möglich. Sind für die untersuchte Gruppe typische Gruppenmerkmale identifiziert, so können diese im einfachsten Fall auch für die Beschreibung der Prozesse auf Individualebene herangezogen werden. Allerdings müssen entsprechende Schlussfolgerungen auf Individualebene mit Hilfe der einzelnen Datensätze gesondert überprüft werden.

### Fazit und Ausblick

In den von den beiden Instrumenten erfassten Datensätzen können jeweils mittels der oben beschriebenen Methodik charakteristische Merkmale gesucht werden, die strategische Aspekte des experimentellen Prozesses (hier der Justage eines optischen Aufbaus) beschreiben. Dies ist mit beiden Methoden bereits erfolgreich an dem vorgestellten experimentellen Beispiel erfolgt. Obwohl die in diesem Beitrag vorgestellten Erhebungs- und Auswertemethoden anhand des konkreten Prozesses der Justage eines optischen Aufbaus erläutert wurden, lassen sie sich auch auf andere Experimente (vgl. bspw. Büsch, Schöneberg & Heinke, im Druck) übertragen. Zudem wird erwartet, dass die Auswertung mit Sankey-Diagrammen auch in weiteren Bereichen fachdidaktischer Forschung, wie z.B. bei der Ermittlung von Lösungsstrategien komplexerer Aufgaben, nutzbringend eingesetzt werden kann.

### Literatur

- Büsch, L., Schöneberg, M. & Heinke, H. (im Druck). Einblick in Prozesse im Realexperiment: Chancen für Forschung & Lehre. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. Kiel: IPN.
- Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlichen-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. (H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth, Hrsg.) *Studien zum Physik- und Chemielernen* (Bd. 118). Berlin: Logos Verlag.
- Fraß, S. & Heinke, H. (2014). Diagnostik experimenteller Fertigkeiten bei optischen Versuchen. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 301–303). Kiel: IPN.
- Fraß, S. & Heinke, H. (2016). Object-Focused Assessment Of Experimental Processes In Optical Experiments. In E-Book Proceedings of the ESERA 2015 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Part 11 (Jens Dolin & Per Kind) (S. 1714–1724). Helsinki.
- Fraß, S., Weyers, C. & Heinke, H. (2014). Können IBE experimentelle Fertigkeiten vermitteln? - Entwicklung eines prozessorientierten Analyseinstrumentes. In V. Nordmeier & H. Grötzebach (Hrsg.), *Didaktik der Physik Frühjahrstagung*. Frankfurt.
- Hofstein, A. (2004). The Laboratory In Chemistry Education: Thirty Years Of Experience With Developments, Implementation, And Research. *Chemistry Education, Research and Practice*, 5(3), 247–264.
- Lock, R. (1989). Assessment of Practical Skills Part 1. The Relationships between Component Skills. *Research in Science & Technological Education*, 7(2), 221–233.
- Neumann, K. (2004). Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. (H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth, Hrsg.) *Studien zum Physiklernen* (Bd. 38). Berlin: Logos Verlag.
- Sankey, M. H. P. R. (1898). Introductory Note on the Thermal Efficiency of Steam-Engines. (No. 134). *Minutes of Proceedings of The Institution of Civil Engineers*. Vol. CXXXIV, Session 1897-98. Part IV.
- Schmidt, M. (2006). Der Einsatz von Sankey-Diagrammen im Stoffstrommanagement. (A. Häfner, N. Jost, K.-H. Rau, R. Scherr, C. Wehner & R. Maurer, Hrsg.) *Beiträge der Hochschule Pforzheim*. Pforzheim.
- Schreiber, N. (2012). Diagnostik experimenteller Kompetenz: Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells. (H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth, Hrsg.) *Studien zum Physik- und Chemielernen* (Bd. 139). Berlin.
- Shavelson, R. J., Baxter, G. P. & Pine, J. (1991). Performance Assessment in Science. *Applied Measurement in Education*, 4(4), 347–362.
- 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.
- van Schaack, A. (2009). *Livescribe in K – 12 Education: Research Support*.
- Walpuski, M. (2006). Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback. (H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth, Hrsg.) *Studien zum Physik- und Chemielernen* (Bd. 49). Berlin: Logos Verlag.

## Experimente mit Geschmack

### Konzept „Kulinarische Chemie“

Kulinarische Chemie ermöglicht appetitanregende Gerüche im Labor und essbare Veranschaulichung abstrakter Vorgänge.

Die Arbeitsgruppe für Didaktik der Chemie an der Universität Erlangen-Nürnberg entwickelt das Konzept „Kulinarische Chemie“, bei der zehn Experimente vielen Unterrichtenden in Lehrerfortbildungen vorgestellt und statistisch ausgewertet wurden.

Anknüpfend an die globalen Herausforderungen „Wasser, Energie und Nahrungsmittel“ (BMZ, 2014) können die Experimente mit Geschmack andere Fächer über die naturwissenschaftliche Domäne hinaus (Frederking, Schwedt & Kometz, 2013) mit dem Chemieunterricht verbinden (s. Abb. 1).



Abb. 1: Einbettung innerhalb des Fächerkanons

Experimente mit Geschmack können viele Lehrplanthemen einleiten, vertiefen oder auch vollständig abhandeln, wie eine mögliche Zuordnung der Experimente zu einzelnen Themen im bayerischen LehrplanPlus (s. Tabelle 1) zeigt.

LehrplanPlus Chemie NTG (BY)	Experiment
C8 Lernbereich 1: Wie Chemiker denken und arbeiten	Zwiebel-Tränen, Schlagsahne
C9 Lernbereich 4: Wechselwirkungskonzept	Eischnee, Teigelastizität, Wasserbindevermögen, Vanillepudding, Blanchieren, Schärfe
C11 Lernbereich 5: Chemisches Gleichgewicht	Perfekte Kruste
C12 Lernbereich 3.1: Natürliche Makromoleküle	Vanillepudding, Eischnee, Enzymatische Bräunung

Tab. 1: Zuordnung der Experimente mit Geschmack zum bayerischen LehrplanPlus Chemie für Naturwissenschaftlich-Technische Gymnasien

Den Experimenten liegen Darstellungen der chemischen Prozesse der Nahrungszubereitung aus didaktischer (Schwedt, 2009; Riethmüller & Demuth, 2009; Rajendran, 2002) und lebensmittelchemischer Sicht (Baltes, 1995; Ternes, 1994) zu Grunde.

Bei Fortbildungen für Lehrkräfte der Chemie wurden zehn kulinarische Experimente einer Vielzahl von Multiplikatoren vorgestellt und mittels Fragebogen evaluiert. Die überarbeiteten Experimentieranweisungen wurden als Vorstudie bereits im Schulunterricht erprobt; die Hauptstudie folgt noch.

### Experimente mit Geschmack

Die zehn Experimente mit Geschmack sind:

- Schlagen von Eischnee: Ab dem ersten Schlag mit dem Schneebesen kann die Luftfixierung, die Verfestigung und die Farbveränderung als Folge der Denaturierung des Ovalbumins beobachtet werden. Freigesetzte polare Stellen der Proteine halten die Wassermoleküle fest, freigesetzte unpolare Stellen die Luftblasen (Rajendran, 2002, S. 30f; Ternes, 1994, S. 361f).
- Blanchieren: Beim Garen von grünem Gemüse kommt das Enzym Chlorophyllase mit dem grünen Blattfarbstoff Chlorophyll in Kontakt und zersetzt diesen zu olivgrünen bis olivbraunen Farbstoffen. Durch plötzliche Denaturierung der Chlorophyllase bei annähernd 100°C kann diese Erscheinung vermieden werden. Allerdings hat das Enzym ein Temperaturoptimum von 75°C, die bei zu starker Abkühlung des Kochwassers durch große Gemüseportionen in zu wenig Wasser schnell erreicht sind (Rajendran, 2002, S. 20f; Ternes, 1994, S. 473).
- perfekte Kruste: Das Mangelprodukt der ersten Stufe der aroma- und krustenbildenden Maillard-Reaktion ist der reduzierende Zucker und nicht die freie Aminosäure. Entsprechend erhält man eine schönere Kruste bei Behandlung mit Honig, Bier oder Mehl (Rajendran, 2002, S. 35; Ternes, 1994, S. 214f).

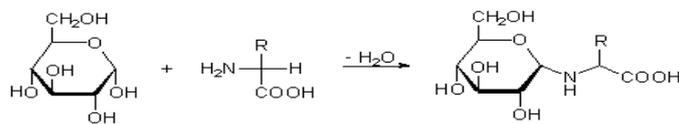


Abb. 2: Beginn der Maillard-Reaktion

- Wasserbindevermögen von Fleisch ist die „Fähigkeit des Fleisches, das eigene bzw. bei Be- und Verarbeitung zugesetztes Wasser ganz oder teilweise festzuhalten.“ (Fleischportal DACH, 2013): Hier kann quantitativ und objektiv Bio-Fleisch mit konventionell hergestelltem Fleisch verglichen werden. Die Bio-Variante mit dichterem Proteinstruktur bietet mehr polare Stellen zur Wasserbindung an (Rajendran, 2002, S. 39; Ternes, 1994, S. 283-285, 310).
- Vanillepudding: Der mit echter Vanille selbst gekochte Pudding zeigt die Wasserimmobilisierung durch die polaren Stärkemoleküle (Amylose + Amylopektin), wodurch der Pudding sturzfest wird (Rajendran, 2002, S. 93; Ternes, 1994, S. 137-140).
- Zwiebeltränen:  
Das Tränengas Thiopropionaldehyd-S-oxid wird nach dem Anschneiden einer Zwiebel durch intrazelluläre enzymatische Umwandlungen freigesetzt (Rajendran, 2002, S. 102f; Ternes, 1994, S. 250; Baltes, 1995, S. 390).  
Im Versuch wird ermittelt, welche Methoden zur Tränenvermeidung sinnvoll sind.

- Teigelastizität:

Das Kneten des Teiges bewirkt eine Verstreckung der Kleberproteine, wodurch der zu Beginn elastische Teig immer plastischer wird (s. Abb. 3). Es zeigen sich Analogien zum Verstrecken von Gummi (Ternes, 1994, S. 549ff, 558ff).

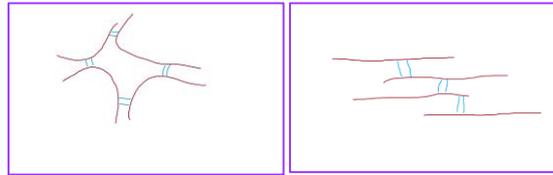


Abb. 3: Verstreckung der Kleberproteine beim Kneten; verändert nach Ternes, 1994, S. 550; links: vor dem Kneten, rechts: nach dem Kneten

- Schlagsahne:

Steife Sahne entsteht, wenn eingeschlagene Luftblasen von Milchproteinen adsorbiert werden und diese selbst wiederum Verbindungen mit Bruchstücken des Butterfettes eingehen, wodurch sich ein Lamellensystem bildet.

Sahne wird beim Schlagen umso schneller steif, je niedriger das Sahnevolumen, je leistungsstärker das elektrische Handrührgerät, je höher der Fettgehalt und je niedriger die Temperatur ist (Rajendran & Kometz; 2016; Rajendran, 2002, S. 76f; Ternes, 1994, S. 283f, 310f).

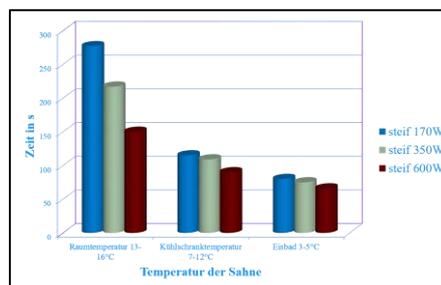


Abb. 4: Schlagzeiten von Sahne

- Enzymatische Bräunung:

Beim Zerdrücken, Erhitzen oder Schneiden von Obst oder Gemüse startet die enzymatische Melanin-Bildung. Die Aminosäure Tyrosin aus einem Zellkompartiment und das Enzym Tyrosinase (= Phenoloxidase) aus einem anderen Kompartiment kommen zusammen, und die Enzym-Substrat-Reaktion beginnt (Rajendran, 2002, S. 22f; Ternes, 1994, S. 283f, 310f).

- Schärfe:

Das Schmerzphänomen der Schärfe wird durch die lipophilen Stoffe Capsaicin (Chili) und Piperin (Pfeffer) verursacht. Mit lipophilen Lösungsmitteln wie Öl, Schokolade oder fetthaltigen Milchprodukten können sie aus dem Mund- und Rachenraum gelöst werden (Rajendran, 2002, S. 82f; Ternes, 1994, S. 283f, 310f).

**Zusammenfassung und Ausblick**

Experimente mit Geschmack sind im Chemieunterricht sehr motivierend und können abstrakte Lerninhalte gut veranschaulichen. Es muss noch geprüft werden, ob sich diese positiven Voraussetzungen auch in nachhaltigen Chemiekenntnissen bei den Schülerinnen und Schülern niederschlagen.

**Literatur**

- Baltes, W. (1995). Lebensmittelchemie. Heidelberg: Springer Verlag
- Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung BMZ (2014). [www.water-energy-food.org/en/whats\\_the\\_nexus/press.html](http://www.water-energy-food.org/en/whats_the_nexus/press.html). 1 (Letzter Zugriff: 30. September 2015)
- Fleischportal DACH GmbH (2013). [www.forum.fleischbranche.de/forum/wissenswertes-archiv/formeln-berechnungen-spezifikationen/2723-wasserbindevermogen-von-fleisch](http://www.forum.fleischbranche.de/forum/wissenswertes-archiv/formeln-berechnungen-spezifikationen/2723-wasserbindevermogen-von-fleisch) (Letzter Zugriff: 12. Oktober 2016)
- Frederking, V., Schwedt, G., Kometz, A. (2013). Chemie, Sprache & Literatur. NiU-C 138. 7
- Schwedt, G. (2009). Kochen, Braten und Backen - Chemisch-physikalische Vorgänge beim Garen. PdN-ChiS 58 (6). 26ff
- Rajendran, N. (2002). Kulinarische Biologie und Chemie. Landau: Knecht Verlag
- Rajendran, N., Kometz, A. (2016). Kulinarische Chemie – Experimente zum Aufessen. PdN-ChiS , 65 (2). 33-38
- Riethmüller, D., Demuth, R. (2009). Wichtige Lebensmittel und ihre chemischen Veränderung durch Kochen und Backen, PdN-ChiS 58 (6), S. 34ff
- Ternes, W. (1994). Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung. Hamburg: Behr's Verlag

## **Kautschuk aus Löwenzahn im Chemieunterricht selbst gewinnen Curriculare Innovationsforschung anhand eines praktischen Beispiels**

### **Einleitung**

Im Rahmen der curricularen Innovationsforschung werden aktuelle und zukunftssträchtige Inhalte aus Wissenschaft, Technik, Umwelt und Leben für den Unterricht erschlossen (vgl. Tausch, 2004, S. 18). In einem ersten Schritt werden neue experimentelle Zugänge zum Fachinhalt geschaffen. Als Nächstes werden sie in didaktische Konzepte eingebunden. Lernsequenzen werden entwickelt und mit Materialien und Medien (sowohl in gedruckter, als auch in elektronischer Form ergänzt) ausgestattet. Anschließend werden die neu entwickelten Unterrichtsbausteine erprobt, in Hinblick auf die Durchführbarkeit der Experimente und die Eignung des Themas für den Unterricht evaluiert und immer wieder optimiert. Für das Ziel, Naturkautschuk aus Löwenzahnwurzeln als technische Innovation in den Chemieunterricht zu tragen, bietet sich diese Forschungsmethodik besonders an.

### **Quellen für Naturkautschuk**

Naturkautschuk ist einer der wichtigsten Rohstoffe. Er findet in einer Vielzahl von Produkten des täglichen Lebens Anwendung. Gewonnen wird das Polymer durch Anritzen der Rinde des tropischen Kautschukbaumes *Hevea brasiliensis*, der in Südamerika und Südostasien im sogenannten Kautschukgürtel wächst. Allerdings wird weder heute noch in Zukunft der Bedarf an Naturkautschuk durch synthetische Alternativen ersetzt werden können. Der weiter ansteigende Bedarf hat in den vergangenen Jahren die Forschung an alternativen Quellen für Naturkautschuk angefacht und zwei vielversprechende Kautschukträger in den Vordergrund gerückt.

Als alternative Quellen für Naturkautschuk kommt zum einen die Guayule (*Parthenium argenatum*), ein Strauch, der in der mexikanischen Wüste beheimatet ist und in den USA zurzeit intensiv beforscht wird, in Betracht. Zum anderen existiert eine russische Löwenzahnart (*Taraxacum kok-saghyz*), die in ihren Wurzeln Naturkautschuk von ebenso hoher Qualität wie *Hevea brasiliensis* führt. Diese Löwenzahnart ließe sich in beinahe allen Gebieten des gemäßigten Klimas anbauen, benötigt nur eine kurze Wachstumsperiode bis zur Ernte und hat enormes Potenzial in der Züchtung. Unter anderem diese Gründe machen den russischen Löwenzahn in Europa attraktiv.

### **Aktualität des Themas**

Im Rahmen einer curricularen Innovationsforschung verdient die Kautschukgewinnung aus der Löwenzahnart *T. kok-saghyz* besondere Beachtung, da es sich hierbei um aktuelle Forschungsinhalte handelt. So hat sich beispielsweise in Deutschland ein Forschungsverbund unter anderem mit Wissenschaftlern der Universität Münster, verschiedenen Fraunhofer Instituten, Züchtungsbetrieben und der Reifenfirma Continental gebildet, in dem bereits ein erster Reifenprototyp mit Löwenzahnkautschuk entwickelt und getestet wurde. Eine Pilotanlage zur Extraktion des Kautschuks sowie ein Motorlager aus Löwenzahnkautschuk zur Reduktion von Motorschwingungen wurden ebenfalls bereits gebaut (vgl. Continental, 2015).

Aber nicht nur aufgrund seiner besonderen Aktualität eignet sich das Thema Löwenzahnkautschuk für einen modernen Chemieunterricht, sondern auch, weil sich

Nachhaltigkeit und Aspekte von *nature of science* und Naturwissenschaftsgeschichte (vgl. Göbel & Gröger, 2017 (in diesem Band), Göbel & Gröger, zur Veröffentlichung in PdN-ChiS angenommen) daran kritisch thematisieren lassen.

So können Lernende beispielsweise herausarbeiten, dass der russische Löwenzahn mit Blick auf das Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit gegenüber dem tropischen Kautschukbaum im Vorteil ist. Auf der Seite der Ökologie ist unter anderem die Möglichkeit der Kultivierung des Löwenzahns auf Marginalböden zu nennen, auf der Seite der Ökonomie fallen kurze Transportwege zur Weiterverarbeitung der Wurzeln sowie die Möglichkeit zur Mehrfachnutzung (Kautschuk, Inulin, Fructose, Ethanol) ins Gewicht. Nicht zuletzt ist auf der Seite des Sozialen die Schaffung von neuen Arbeitsplätzen vor allem im Anbau und in der Forschung zu verzeichnen.

Für die Thematisierung von *nature of science* in einem Unterricht zu Löwenzahnkautschuk bietet sich insbesondere der von Lederman et al. genannte Aspekt des sozialen und kulturellen Einflusses auf naturwissenschaftliches Wissen an (vgl. Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002, S. 501). Mithilfe von Primär- und Sekundärliteratur können Schülerinnen und Schüler in einem NOS-sensiblen Chemieunterricht Fragen beantworten, woher das Wissen über den Löwenzahn als Kautschukträger, das wir heutzutage haben und nutzen, stammt, wie Wissenschaft zur Zeit des Zweiten Weltkriegs funktionierte und wie Wissenschaft heute funktioniert.

#### **Experimente für eine Unterrichtseinheit im Sinne der curricularen Innovation**

Zum experimentellen Einstieg in das Thema bietet sich ein einfaches, aber eindrucksvolles Experiment an. Die Lernenden erhalten ein Stück einer getrockneten Wurzel des russischen Löwenzahns und sollen dieses langsam knicken (siehe Abb. 1). Dieser erste Kontakt mit dem Kautschuk soll die Motivation wecken und Ideen aufwerfen, wie der Kautschuk aus der Wurzel isoliert werden könnte.



Abb. 1 Kautschukfäden in einer getrockneten Wurzel von *T. kok-saghyz*

Im weiteren Verlauf der Unterrichtseinheit führen die Schülerinnen und Schüler Experimente durch, in denen der Kautschuk sowohl auf mechanischem Weg, als auch chemisch gewonnen wird.

So können einige dünne getrocknete Wurzeln so lange gemörsert werden, bis der darin befindliche Kautschuk zu kleinen Partikeln zusammenhaftet. Der holzige Wurzelstaub wird ausgewaschen und die Kautschukpartikel bis zum Zusammenhängen im Mörser bearbeitet. Das getrocknete Produkt kann anschließend durch Ziehen auf Elastizität geprüft oder als Radiergummi getestet werden.

Auf chemischem Weg existieren zwei Möglichkeiten zur Gewinnung des Rohstoffs aus Wurzeln. Zum einen können seine unpolaren Eigenschaften ausgenutzt werden, indem der Kautschuk zunächst in Petroleumbenzin oder n-Heptan gelöst und anschließend durch Abdampfen des Lösemittels isoliert wird.

Zum anderen kann der in der Wurzel befindliche Kautschuk durch Lösen der holzigen Hülle in Natronlauge zugänglich gemacht werden. Nach einstündigem Kochen in verdünnter Natronlauge und Auswaschen in heißem Wasser erhält man ein feines elastisches Netz aus Kautschukfäden, die gleichzeitig die Struktur der Milchröhren in den Wurzeln abbilden (siehe Abb. 2).



Abb. 2 Netz aus Kautschukfäden aus einer Wurzel des *T. kok-saghyz*

Zur Analyse des in den vorgestellten Experimenten gewonnenen Kautschuks besteht die Möglichkeit, eine IR-Spektroskopie der Pyrolyseflüssigkeit auszuwerten und mit Referenzspektren der Hauptspaltprodukte von Naturkautschuk Isopren und Dipenten zu vergleichen (vgl. Madorsky, 1964, S. 216).

#### **Zusammenfassung und Ausblick**

Kautschuk aus Löwenzahn ist ein vielseitiges und gewinnbringendes Thema für den Chemieunterricht, das Anknüpfungspunkte an aktuelle fachdidaktische Forderungen an Chemieunterricht bietet. Es erfüllt Anforderungen an einen modernen und curricular innovativen Chemieunterricht in Hinblick auf Authentizität, Bildung für nachhaltige Entwicklung sowie *nature of science*.

Die im Beitrag vorgestellten Experimente werden im Rahmen von Unterrichtsprojekten erprobt und in Hinblick auf Funktionalität, Durchführbarkeit und Interesse der Lernenden evaluiert. Dazu haben bereits 24 Schülerinnen und Schüler der Einführungsphase eines nordrhein-westfälischen Gymnasiums an Projekttagen nicht nur theoretisch zu verschiedenen Kautschukquellen gearbeitet, sondern auch eigenständig Experimente mit Löwenzahnwurzeln zur Gewinnung des Kautschuks durchgeführt und über Fragen der Nachhaltigkeit der Kautschuke diskutiert. Als ein erstes Ergebnis kann unter anderem das aktuelle Interesse zu diesem aktuellen Fachinhalt, auch bei Schülerinnen und Schülern, die Chemie in der Oberstufe abgewählt haben, positiv vermerkt werden.

**Literatur**

- Continental (2016). Continental ist bei Reifen aus Löwenzahn einen Schritt weiter (<http://www.continental-reifen.de/autoreifen/media-services/newsroom/20160913-automechanika-ffm/20160913-reifen-aus-loewenzahn>, letzter Abruf: 10.10.2016)
- Göbel, M., Gröger, M. (2017). Kautschuk aus Löwenzahn als Ersatzstoff im Zweiten Weltkrieg. Lernen über Chemie durch Verknüpfung von Geschichte und Chemie. In C. Maurer (Ed.) Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Zürich 2016. Kiel: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (Beitrag in diesem Tagungsband)
- Göbel, M., Gröger, M. (zur Veröffentlichung in PdN-ChiS angenommen). Kautschukforschung am russischen Löwenzahn in der Zeit um den Zweiten Weltkrieg.
- 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
- Madorsky, S. L. (1964). *Thermal Degradation of Organic Polymers*, New York/London/Sydney: John Wiley & Sons
- Schecker, H., Parchmann, I., Staraschek, E. (2016). Fachlichkeit der Fachdidaktik - Standortbestimmung und Perspektiven (Workshop). In S. Bernholt (Ed.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Berlin 2015. Kiel: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, 25-28
- Tausch, M. W. (2004). Curriculare Innovation. *PdN-ChiS* 53 (8), 18-21

### **Symposium: Experimentelle Kompetenzen in den Naturwissenschaften (ExKoNawi)**

International wie auch in der Schweiz gewinnt die an Kompetenzen orientierte Bildungssteuerung und -evaluation zunehmend an Bedeutung. Um zu überprüfen, inwieweit der naturwissenschaftliche Unterricht die in Lehrplänen und Bildungsstandards beschriebenen experimentellen Kompetenzen bei Schülerinnen und Schülern fördert, werden sowohl für die Individualdiagnostik als auch für large-scale Assessments entsprechende Experimentiertests benötigt. Insbesondere sind hands-on Assessments gefragt, bei denen die Schülerinnen und Schüler beim Lösen der Aufgaben einen authentischen Experimentier- und Erkenntnisgewinnungsprozess durchlaufen (z. B. Shavelson, Baxter & Pine, 1991). Gegenüber Papier- und Bleistift-Tests weisen solche Tests zum einen eine erhöhte Inhaltsvalidität auf, zum anderen können sie als Vorbild für eine zeitgemäße, konstruktivistisch ausgerichtete Experimentierpraxis im Unterricht dienen (z. B. Aschbacher, 1991; Stebler, Reusser & Ramseier, 1998). Zur Erfassung fächerübergreifender experimenteller Kompetenzen, wie sie in der Schweiz im integrierten Naturwissenschaftsunterricht der Volksschule im Vordergrund stehen, fehlen bisher jedoch ausreichend reliable und valide Performanztests. Dies liegt unter anderem daran, dass theoriebasierte Konzepte fehlen, um Kompetenzprogressionen a priori zu modellieren und so die Konstruktion anforderungshomogener Experimentieraufgaben sicherzustellen. Spezifisch für interdisziplinäre Experimentiertests wird zudem eine Hauptursache in den zugrundeliegenden strukturellen Kompetenzmodellierungen vermutet, die sich bisher zu wenig an den für die Aufgabenlösung erforderlichen, über Aufgaben zu verschiedenen naturwissenschaftlichen Fachkontexten transferierbaren Problemlösestrategien orientieren. Außerdem schränken messtechnische Probleme die Validität von Experimentiertests zusätzlich ein (vgl. Gut, 2012; Gut et al., 2014; Theyssen et al., 2014).

#### **Kompetenzmodellierung bei ExKoNawi**

Im Rahmen des Projektes *ExKoNawi* (Experimentelle Kompetenzen in den Naturwissenschaften) wurde ein interdisziplinäres Kompetenzstrukturmodell entwickelt, das auf dem Problemtypenansatz (z. B. Gott & Duggan, 1995; Shavelson & Ruiz-Primo, 1999) beruht. Der Problemtypenansatz ermöglicht, die verschiedenen experimentellen Aktivitäten in der Schulpraxis fächerübergreifend und curriculumsvalide zu beschreiben und deren Progressionen a priori zu modellieren, indem diese Aktivitäten nach ihren Problemstellungen differenziert und idealisierten Problemtypen zugeordnet werden. In diesem Sinne wurden auf der Basis des Lehrplans und aufgrund einer Analyse bestehender hands-on-Tests (z. B. Archenhold, 1988; Schofield, 1989; Erickson et al., 1992; Harmon et al., 1997; Shavelson & Ruiz-Primo, 1999; Gut, 2012) verschiedene idealisierte Problemstellungen unterschieden, von denen zunächst vier Problemtypen modelliert wurden (siehe Tab. 1): kategoriengeleitetes Beobachten (vgl. Stevens, 1978; Gott & Welford, 1987; Solano-Flores, Shavelson, Ruiz-Primo et al., 1997; Hammann, 2002), skalenbasiertes Messen (Millar et al., 1994; Lubben & Millar, 1996; Masnick & Klahr, 2003; Lippman Kung, 2005; Volkwyn, Allie & Buffler, 2008; Buffler, Lubben & Ibrahim, 2009; Heinicke, Glomski, Priemer & Riess, 2010; Munier, Merle & Brehelin, 2011; Hellwig, 2012), fragengeleitetes Untersuchen (Kuhn & Phelps, 1982; Linn, Clement & Pulos, 1983; Donnelly, 1987; Schauble, Glaser, Raghavan & Reiner, 1991; Schauble, Klopfer & Raghavan, 1991; Schauble, Glaser, Raghavan & Reiner, 1992; Song & Black, 1992; Kanari & Millar, 2004; Hammann, Phan, Ehmer & Bayrhuber,

2006; Furtak, Seidel, Iverson & Briggs, 2012; Schwichow, Croker, Zimmerman et al., 2016) und effektbasiertes Vergleichen (Erickson, 1994; Solano-Flores, 1994; Meyer & Carlisle, 1996).

Problemtyp	Beschreibung
kategoriengeleitetes <b>Beobachten</b>	Phänomene anhand gegebener Kategorien (Begriffe) beschreiben und vergleichen
skalenbasiertes <b>Messen</b>	quantitative Größen mit gegebenen Messinstrumenten (Skala) genau messen
fragengeleitetes <b>Untersuchen</b>	korrelative Zusammenhänge zwischen gegebenen Variablen (Frage) untersuchen
effektbasiertes <b>Vergleichen</b>	Objekte anhand einer gegebenen Eigenschaft experimentell (ohne direkte Messung der Eigenschaft) vergleichen

Tab. 1: Strukturmodellierung von ExKoNawi

Das Modell kann prinzipiell durch Hinzunahme weiterer bereits angedachter Problemtypen, wie beispielsweise funktionsgeleitetes Konstruieren, effektbasiertes Testen oder kriteriengeleitetes Klassifizieren, erweitert werden. Die Kompetenzprogression wird für jeden Problemtyp separat modelliert, wobei maximal fünf Leistungsniveaus unterschieden werden. Mit typenspezifischen Progressionsmodellen können spezifische, aus der Theorie und Erfahrung hergeleitete Qualitätsstandards einheitlich bewertet werden. Post hoc kann zudem überprüft werden, ob eine empirische Schwierigkeitsprogression der verschiedenen Qualitätsstandards festgelegt werden kann (Progressionsmodellierung). Experimentieraufgaben desselben Problemtyps sind so über die Kontexte hinweg vergleichbar.

#### ExKoNawi-Experimentiertest

Passend zum Kompetenzmodell wurden für jeden der oben beschriebenen Problemtypen je zwei Experimentieraufgaben zu einem biologischen, chemischen und physikalischen Kontext entwickelt. Alle Aufgaben sind ausschließlich hands-on Experimente für die Sekundarstufe I, welche von den Schülerinnen und Schülern in 18 Minuten Einzelarbeit zu lösen sind. Um die kompetenzirrelevanten Aufgabenanforderungen möglichst konstant zu halten, wurde auf größtmögliche Homogenität der schriftlichen Aufgabenstellungen und Antwortformate innerhalb der Problemtypen geachtet. Um den Einfluss von kontextspezifischem Fachwissen zu minimieren, wurden vorwiegend Alltagskontexte und alltagssprachliche Formulierungen verwendet. Die Aufgaben bestehen je nach Problemtyp aus zwei bis drei Teilaufgaben (Fragen), die meist aufbauend gelöst werden (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

	kategoriengeleitetes <b>Beobachten</b>	skalenbasiertes <b>Messen</b>	fragengeleitetes <b>Untersuchen</b>	effektbasiertes <b>Vergleichen</b>
Teilaufgaben	<ul style="list-style-type: none"> <li>ein einzelnes Phänomen beschreiben</li> <li>Unterschiede und Gemeinsamkeiten zweier Phänomene beschreiben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>adäquates Messinstrument wählen (um die Genauigkeit zu erhöhen)</li> <li>eine quantitative Größe möglichst genau messen</li> <li>Messwiederholungen berücksichtigen (um die Genauigkeit zu erhöhen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>einen gegebenen Zusammenhang untersuchen</li> <li>einen zweiten Zusammenhang unter Berücksichtigung des ersten untersuchen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>zwei Objekte anhand einer gegebenen Eigenschaft qualitativ vergleichen</li> <li>drittes Objekt qualitativ mit vergleichen</li> <li>alle drei Objekte quantitativ vergleichen, um Differenzen abzuschätzen</li> </ul>

Tabelle 2: Aufgabenkonstruktion: Abfolge der Teilaufgaben/Inhalt der Fragestellungen

Die Ergebnissicherung erfolgt mittels Eigenrapportierung in gedruckte Testhefte. Dabei werden die Jugendlichen zunächst jeweils aufgefordert, ihre Beobachtungen, Messungen, Untersuchungen oder Vergleiche zu protokollieren. Diese Protokolle werden durch explizite Fragen nach den Resultaten, Reflexionen über die Durchführung und das erhaltene Ergebnis sowie abschließende Kontrollfragen ergänzt. Jede Experimentieraufgabe wird als ein Item kodiert (Vermeidung lokaler Itemabhängigkeiten), wobei je nach Problemtyp drei bis fünf Qualitätsstandards bewertet werden. Jeder Qualitätsstandard setzt sich in der Regel aus mehreren dichotom kodierten Kriterien zusammen, zu deren Beurteilung die Antworten zu allen Teilaufgaben berücksichtigt werden. Ein Qualitätsstandard ist erreicht, wenn eine a priori normativ festgelegte Zahl der Kriterien (zwischen der Hälfte und zwei Drittel der möglichen Punktzahl) erfüllt sind.

### **Pilotierung der Experimentieraufgaben und Validitätsprüfungen**

Nachdem zwei Teilvalidierungen mit je drei Experimentieraufgaben zu je zwei Problemtypen durchgeführt wurden (Gut et al., 2014; Hild et al., 2015; Metzger et al., 2014), wurde das Modell mit weiteren je drei Experimentieraufgaben pro Problemtyp validiert (Gut et al., in diesem Band). Zusätzlich wurde die Konstruktvalidität für „effektbasiertes Vergleichen“ geprüft (Hild et al., in diesem Band). Anschließend wurde der ExKoNawi-Experimentiertest so überarbeitet, dass er nun in einer groß angelegten Studie validiert werden kann (Bonetti et al., in diesem Band).

### **Literatur**

- Archenhold, F. (Hrsg.). (1988). *Science at age 15: a review of APU survey findings 1980-84*. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Aschbacher, P. R. (1991). Performance assessment: state activity, interest, and concerns. *Applied Measurement in Education*, 4(4), 275-288.
- Buffler, A., Lubben, F. & Ibrahim, B. (2009). The relationship between students' views of the nature of science and their views of the nature of scientific measurement. *International Education Journal*, 31(9), 1137-1156.
- Donnelly, J. F. (1987). Fifteen-year-old pupils' variable handling performance in the context of scientific investigations. *Research in Science & Technological Education*, 5(2), 135-147.
- Erickson, G. (1994). Pupil's understanding of magnetism in a practical assessment context: the relationship between content, process and progression. In P. Fensham, G. Richard & R. White (Hrsg.), *The content of science* (S. 80-97). London: Falmer.
- Erickson, G., Bartley, A. W., Blake, L., Carlisle, R. W., Meyer, K. & Stavy, R. (1992). *British Columbia assessment of science 1991 technical report II: Student performance component*. Victoria: Queen's Printer.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329.
- Gott, R. & Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham: Open University Press.
- Gott, R. & Welford, G. (1987). The assessment of observation in science. *School Science Review*, 69, 217-227.
- Gut, C. (2012). *Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz - Analyse eines large-scale Experimentiertests*. Berlin: Logos.
- Gut, C., Metzger, S., Hild, P. & Tardent, J. (2014). Problemtypenbasierte Modellierung und Messung experimenteller Kompetenzen von 12- bis 15-jährigen Jugendlichen. *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 9 S.
- Hammann, M. (2002). *Kriteriengeleitetes Vergleichen im Biologieunterricht*. Innsbruck: StudienVerlag.
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M. & Grimm, T. (2008). Assessing pupil's skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42(2), 66-72.
- Harmon, M., Smith, T. A., Martin, M. O., Kelly, D. L., Beaton, A. E., Mullis, I. V. S., . . . Orpwood, G. (1997). *Performance Assessment in IEA's Third International Mathematics and Science Study*. Chestnut Hill: Boston College.
- Heinicke, S., Glomski, J., Priemer, B. & Riess, F. (2010). Aus Fehlern wird man klug. Über die Relevanz eines adäquaten Verständnisses von "Messfehlern". *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 59(5), 26-33.

- Hellwig, J. (2012). *Messunsicherheiten verstehen - Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik*. Ruhr-Universität Bochum, Bochum. Zugriff unter <http://www-brs.ruhr-uni-bochum.de/netahtml/HSS/Diss/HellwigJulia/diss.pdf>
- Hild, P., Tardent, J., Gut, C. & Metzger, S. (2015). Projekt ExKoNawi: Typenspezifische Kompetenzprogressionen bei hands-on Testaufgaben. In: Bernholt, Sascha (Hrsg.). *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*, 145-147.
- Kanari, Z. & Millar, R. (2004). Reasoning from data: how students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 748-769.
- Kuhn, D. & Phelps, E. (1982). The development of problem-solving strategies. *Advances in Child Development and Behavior*, 17, 1-44.
- Linn, M. C., Clement, C. & Pulos, S. (1983). Is it formal if it's not physics? The influence of content on formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(8), 755-770.
- Lippman Kung, R. (2005). Teaching the concepts of measurement: an example of a concept-based laboratory course. *American Journal of Physics*, 73(8), 771-777.
- Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955-968.
- Masnack, A. M. & Klahr, D. (2003). Error matters: an initial exploration of elementary school children's understanding of experimental error. *Journal of Cognition and Development*, 4(1), 67-98.
- Metzger, S., Gut, C., Hild, P. & Tardent, J. (2014). *Modelling and assessing experimental competence: an interdisciplinary progress model for hands-on assessments*. Konferenzbeitrag ESERA, Nikosia.
- Meyer, K. & Carlisle, R. W. (1996). Children as experimenters. *International Journal of Science Education*, 18(2), 231-248.
- Millar, R., Lubben, F., Gott, R. & Duggan, S. (1994). Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education*, 9(2), 207-248.
- Munier, V., Merle, H. & Brehelin, D. (2011). Teaching scientific measurement and uncertainty in elementary school. *International Journal of Science Education*, 1-32, iFirst Article.
- Schauble, L., Glaser, R., Raghavan, K. & Reiner, M. (1991). Causal models and experimentation strategies in scientific reasoning. *The Journal of the Learning Sciences*, 1(2), 201-238.
- Schauble, L., Glaser, R., Raghavan, K. & Reiner, M. (1992). The integration of knowledge and experimentation strategies in understanding a physical system. *Applied Cognitive Psychology*, 6, 321-343.
- Schauble, L., Klopfer, L. E. & Raghavan, K. (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 859-882.
- Schofield, B. (Hrsg.). (1989). *Science at age 13: a review of APU survey findings 1980-84*. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T. & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: a meta-analysis. *Developmental Review* 39, 37-63.
- Shavelson, R. J., Baxter, G. P. & Pine, J. (1991). Performance assessment in science. *Applied Measurement in Education*, 4(4), 347-362.
- Shavelson, R. J. & Ruiz-Primo, M. A. (1999). Leistungsbewertung im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Unterrichtswissenschaft*, 27(2), 102-127.
- Solano-Flores, G. (1994). *A logical model for the development of science performance assessments*. University of California, Santa Barbara. Solano-Flores, G., Shavelson, R. J., Ruiz-Primo, M. A., Schultz, S. E. & Wiley, E. W. (1997). On the development and scoring of classification and observation science performance assessments. *CSE Technical Report* (Vol. 458). Los Angeles: National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing.
- Song, J. & Black, P., J. (1992). The effects of concept requirements and task contexts on pupils' performance in control of variables. *International Journal of Science Education*, 14(1), 83-93.
- Stebler, R., Reusser, K. & Ramseier, E. (1998). Praktische Anwendungsaufgaben zur integrierten Förderung formaler und materialer Kompetenzen. *Bildungsforschung und Bildungspraxis*, 20(1), 28-53.
- Stevens, P. (1978). On the Nuffield philosophy of science. *Journal of Philosophy of Education*, 12, 99-111.
- Theysen, H., Schecker, H., Gut, C., Hopf, M., Kuhn, J., Labudde, P., . . . Vogt, P. (2014). Modelling and assessing experimental competencies in physics. In C. Bruguère, A. Thibergien & P. Clément (Hrsg.), *Topics and trends in current science education. 9th ESERA conference selected contributions* (S. 321-338). Dordrecht: Springer.
- Volkwyn, T. S., Allie, S. & Buffler, A. (2008). Impact of conventional introductory laboratory course on the understanding of measurement. *Physical Review Special Topics - Physical Education Research*, 4, 1-10.

Christoph Gut<sup>1</sup>  
 Pitt Hild<sup>1</sup>  
 Susanne Metzger<sup>1</sup>  
 Josiane Tardent<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Zürich

## Vorvalidierung des *ExKoNawi*-Modells

### *ExKoNawi*-Experimentiertest: Pilottests 1, 2 und 3

Im Projekt *ExKoNawi* wurde ausgehend von einem problemtypenbasierten Strukturmodell (vgl. Metzger & Gut, in diesem Band) in drei Schritten 24 Experimentieraufgaben entwickelt, die jeweils in drei disjunkten Tests pilotiert wurden (siehe Abb. 1). Während bei den Pilottests 1 und 2 das Testdesign eine dimensionale Überprüfung der Struktur der Tests nicht zuließ (Gut et al., 2014; Hild et al., 2015; Metzger et al., 2014), wurde das Design beim Pilottest 3 derart vergrößert, dass eine über alle vier Problemtypen reichende strukturelle Vorvalidierung des *ExKoNawi*-Modells vorgenommen werden kann. Anhand der Erfahrungen und Ergebnisse aus den Pilottest 1 und 2 mit Aufgaben zu den vier Problemtypen wurden für den Pilottest 3 die Aufgabenstellungen und die Kodiermanuale weiter standardisiert und somit teilweise verändert. Nichtsdestotrotz kann mit dem Pilottest 3 überprüft werden, inwieweit Ergebnisse zu typenspezifischen Progressionsmodellierungen aus den Pilottests 1 und 2 im Pilottest 3 mit Aufgaben zu anderen Fachkontexten reproduziert und somit generalisiert werden können.

Problemtypen	kategoriengeleitetes	Phänomene anhand gegebener Kategorien (Begriffe) beschreiben und vergleichen	<b>Pilottest 1</b>	<b>Pilottest 3</b>
	<b>Beobachten</b>			
skalenbasiertes	quantitative Größen mit gegebenen Messinstrumenten (Skala) genau messen			12 zusätzliche Aufgaben (8 gelöste Aufgaben pro SuS)
<b>Messen</b>				
fragegeleitetes	korrelative Zusammenhänge zwischen gegebenen Variablen (Frage) untersuchen		<b>Pilottest 2</b>	
<b>Untersuchen</b>			6 Aufgaben (4 gelöste Aufgaben pro SuS)	
effektbasiertes	Objekte anhand einer gegebenen Eigenschaft (ohne Messung) experimentell vergleiche			
<b>Vergleichen</b>				

Abb. 1: Strukturmodell und Übersicht über die Pilottests zu *ExKoNawi*

### Pilottest 3: Reproduzierbarkeit der Ergebnisse typenspezifischer Progressionen

Beim Pilottest 3 bearbeiteten 190 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 7 und 9 aus nichtgymnasialen Anforderungsniveaus pro Problemtyp 2 Aufgaben zu unterschiedlichen Fachkontexten. Jeder Schüler löste somit 8 von insgesamt 12 Aufgaben. Dabei wurde jedes Teampaar bei mindestens 58 Schülerinnen und Schülern eingesetzt.

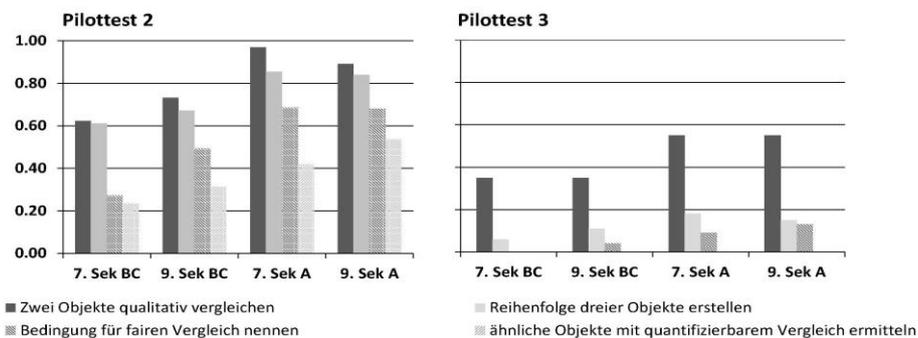


Abb. 2: Vergleich der Häufigkeiten der erreichten Qualitätsstandards über alle Aufgaben zum «effektbasierten Vergleichen» bei den Pilottests 2 und 3

Pro Aufgabe wurden bis zu vier Qualitätsstandards anhand verschiedener Indikatoren dichotom bewertet (Standard erreicht oder nicht erreicht). Im Vergleich zu den Pilottests 1 und 2 reproduziert der Pilottests 3 bei allen Problemtypen dieselbe empirische Schwierigkeitsprogression zwischen den kodierten Qualitätsstandards, wobei beim Pilottest 3 die «schwierigeren» Standards im Gegensatz zu den Vorgängertests nicht oder nur sehr selten erreicht werden (vgl. die Situation beim «effektbasierten Vergleichen» in Abb. 2).

**Pilottest 3: Gütekriterien des raschskalierten Tests**

Für die Rasch-Skalierung des Tests werden die einzelnen Aufgaben als partial credit-Items behandelt, wobei die Anzahl der erreichten Qualitätsstandards als Itemwert eingesetzt wird. Da der Test für die Stichprobe generell zu schwierig ist (vgl. Abb. 2), werden jeweils nur die 2 einfachsten Qualitätsstandards pro Aufgabe in die Auswertung miteinbezogen. Somit werden 24 kodierte Qualitätsstandards berücksichtigt (vgl. Interrater-Reliabilität in Abb. 3).

<b>Rater-Übereinstimmung</b>	≥ 0.78		
<b>Interrater-Reliabilität</b>	bei 3 Qualitätsstandards: κ ≤ 0.58 bei 21 Qualitätsstandards: κ > 0.58		
<b>Infit</b>	0.97-1.20;  T  ≤ 1.4		
<b>Outfit</b>	1 Item:  MNSQ-1  > 0.25;  T  > 2		
<b>Trennschärfe</b>	.34 – .63		
<b>Item Separation Reliability</b>	.98	<b>EAP/PV-Reliabilität</b>	.65
<b>Person Separation Reliability (MLE)</b>	.58	<b>Varianz</b>	0.53

Abb. 3: Kennwertes des 1-dimensional raschskalierten Pilottests 3

Die Skalierung ergibt bis auf ein Item gute Fitwerte und akzeptable Testkennwerte (Skalierung mit ConQuest gemäß Wu et al., 2007: vgl. Abb. 3). Die Wright-Map gibt qualitativ die Struktur der Schwellenwerte wieder, die bereits bei den Pilottests 1 und 2 festgestellt wurden. Ausnahme bilden Aufgaben zum «fragegeleiteten Untersuchen», die im Pilottest 3 im Verhältnis zu den anderen Aufgaben besonders schwierig ausgefallen sind.

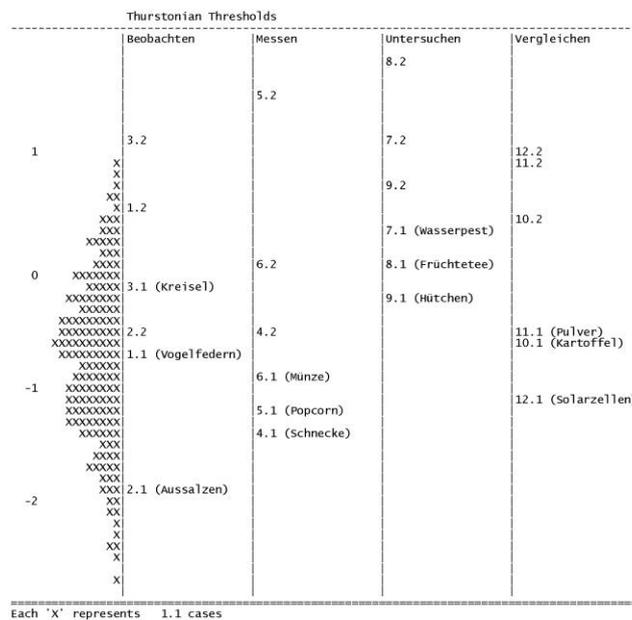


Abb. 4: Wright-Map des 1-dimensional rasch-skalierten Pilottest 3

### Pilottest 3: Strukturelle Vorvalidierung

Für die Überprüfung der Struktur des Tests wurden 4 Modelle gerechnet. Dem 1-dimensionalen Modell wurden zwei 2-dimensionale Modelle (Modell B mit den Aufgaben zum «kategoriegeleiteten Beobachten» als separate Dimension und Modell M mit den Aufgaben zum «skalenbasierten Messen» als separate Dimension) und ein 4-dimensionales Modell gegenübergestellt. Der Vergleich deutet eine zweidimensionale Struktur an, wobei keine klare Überlegenheit gegenüber dem 1-dimensionalen Modell besteht (vgl. Abb. 4).

	1D-Modell Beo-Mes-Unt-Ver	2D-Modell B Beo / Mes-Unt-Ver	2D-Modell M Mes / Beo-Unt-Ver	4D-Modell Beo / Mes / Unt / Ver
<b>N</b>	190	190	190	190
<b>df</b>	25	27	27	34
<b>Devianz</b>	2734	2728	2729	2723
<b>AIC</b>	2784	2782	2783	2791
<b>BIC</b>	2791	2789	2791	2801

Abb. 5: Dimensionaler Modellvergleich beim Pilottest 3

Die Detailanalyse der beiden 2D-Modelle zeigt, dass die Unterdimensionen mit teilweise ansprechend hoher Reliabilität gemessen werden können (vgl. Abb. 6). Während die Aufgaben zum «kategoriegeleiteten Beobachten» nur geringe Varianz erzeugen, weist die Performanz bei den Aufgaben zum «skalenbasierten Messen» eine sehr hohe Varianz auf.

	Beobachten	Messen Untersuchen Vergleichen		Messen	Beobachten Untersuchen Vergleichen
<b>Beobachten</b>	Rel = .63 (Var = 0.25)	r = .98	<b>Messen</b>	Rel = .70 (Var = 1.29)	r = .82
<b>Messen Untersuchen Vergleichen</b>		Rel = .67 (Var = 0.70)	<b>Beobachten Untersuchen Vergleichen</b>		Rel = .60 (Var = 0.46)

Abb. 6: 2D-Modell B (links) und 2D-Modell M (rechts) im Vergleich: Reliabilität, Varianz und Korrelation zwischen den Dimensionen

### Zusammenfassung und Fazit

*Standardisierung der Aufgaben:* Der Pilottest 3 erweist sich als deutlich zu schwierig für die getestete Stichprobe. Dies betrifft insbesondere die Untersuchungsaufgaben. Es wird vermutet, dass sich dieses Ergebnis auf eine strengere Kodierung und «schwierigere» Fachkontexte, in die die Aufgaben eingebettet wurden, zurückführen lässt. Trotz der schlechten Passung haben sich zumindest bei den Problemtypen «skalenbasiertes Messen», «fragengeleitetes Untersuchen» und «effektbasiertes Vergleichen» die Aufgabenkonstruktion und die Kodiermanuale im Hinblick auf eine Standardisierung der Anforderungen bewährt. Dies zeigt sich unter anderem an der mit den Ergebnissen aus den Pilottests 1 und 2 vergleichbaren Struktur der Schwellenwerte.

*Dimensionale Teststruktur:* Dem Test unterliegt eine 1-dimensionale Struktur, wobei 2-dimensionale Modelle die Daten gleich gut fiten. In den 2-dimensionalen Modellen fallen einerseits die teilweise ansprechend hohen Reliabilitäten (.60-.70) der Dimensionen und die großen Varianzunterschiede zwischen den Problemtypen auf. Die Reliabilität des 1-dimensional skalierten Tests liegt trotz hoher Standardisierung der Aufgabenanforderungen mit .65 nicht höher als die Reliabilität, die mit dem halb so langen Pilottest 2 erzielt wurde. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwieweit und ob überhaupt mit einem solchen Testformat (Experimentiertest) höhere Reliabilitäten erreicht werden können.

**Literatur**

- Gut, C., Metzger, S., Hild, P., & Tardent, J. (2014). Problemtypenbasierte Modellierung und Messung experimenteller Kompetenzen von 12- bis 15-jährigen Jugendlichen. *PhyDid B, Didaktik der Physik*, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2014, 9 S.
- Hild, P., Gut, C., Metzger, S., & Tardent, J. (2015). Projekt ExKoNawi: Typenspezifische Kompetenzprogressionen bei hands-on Testaufgaben. 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
- Metzger, S., Hild, P., Gut, C., & Tardent, J. (2014). Projekt ExKoNawi: Aufgaben und erste Ergebnisse der hands-on Assessments. In S. Bernholt (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 174 - 176). Kiel: IPN
- Wu, M. L., Adams, R. J., Wilson, M. R., & Haldane, S. A. (2007). *ACER ConQuest Version 2.0*. Camberwell: ACER Press

Pitt Hild<sup>1</sup>  
 Maja Brückmann<sup>1</sup>  
 Christoph Gut<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Zürich

## **Aussagen zur Konstruktvalidität beim experimentellen Problemtyp „Effektbasiertes Vergleichen“**

### **Einführung**

Die Beschreibungen experimenteller Fähigkeiten und Fertigkeiten von 12- bis 15-jährigen SchülerInnen sind an nationale und curriculare Auflagen gebunden (Norris & Phillips, 2003; Hodson, 2009). Unterschiedliche Kompetenzbeschreibungen beziehen sich auf unterschiedliche Formen von Experimentaltests und verlangen den Einsatz unterschiedlicher Instrumente zur Messung der Performanz (Ayala et al., 2002; Schreiber, Theyßen, & Schecker, 2016). Ein häufig eingesetztes Testformat (vgl. APU; NAEP oder TIMSS) besteht aus der Analyse von Schülerbeiträgen, die während und/oder nach dem Lösen von problemorientierten hands-on Testaufgaben erstellt werden. Die Aussage, dass solche Aufgaben kognitiv anspruchsvolle Denkprozesse auslösen (Gott & Duggan, 2002) und allgemein erwünschte überfachliche Kompetenzen fördern, konnte nur zum Teil verifiziert werden (Germann & Aram, 1996; Ruiz-Primo & Shavelson, 1996; Vorholzer, 2016). Es stellt sich folglich die Frage, ob die eingesetzten Instrumente valide sind und in Vergleichsstudien eingesetzt werden können. Im folgenden Beitrag wird untersucht, wie das Zusammenspiel von Schülerprotokollen, Videos, leitfadengestützten Interviews und Fragebögen, evidenzbasierte Aussagen zur Validität solcher Instrumente liefern (Miller & Linn, 2000).

### **Validität von hands-on Testaufgaben**

Es gibt eine Vielzahl an Argumenten, die bei Aussagen zur Konstruktvalidität herangezogen werden können (Messick, 1989;1996; Leuders, 2014). Für die vorliegende Studie werden 3 Aspekte genauer betrachtet und mit den Forschungsdaten in Verbindung gebracht.

*Kognitive Validität.* Bezüglich der Passung der kognitiven Prozesse bei der Kompetenzerfassung zum postulierten theoretischen Kompetenzmodell, unterscheiden Baxter und Glaser (1997) 3 Messsituationen: (1) die Aufgaben lösen passende kognitive Prozesse aus und die Aktivierung korreliert mit den Testscores, (2) die Aufgaben lösen passende kognitive Prozesse aus, die Testscores hängen aber nicht mit Aufgabenstellungen, Zielen oder kognitiven Prozessen zusammen und (3) die Aufgaben werden so gestellt, dass kognitive Denkprozesse umgangen werden können.

*Verallgemeinerbarkeit.* Kodierer (vgl. Cronbach et al., 1997) und Testpersonen werden häufig als die beiden Hauptfehlerquellen betrachtet, die eine über die Aufgaben- und Personengruppe hinausgehende angemessene Interpretation der Testscores einschränken.

*Externe Validität.* Die Angemessenheit mit Blick auf konvergente, diskriminante und prädiktive Zusammenhänge mit anderen Konstrukten kann untersucht werden, indem u.a. unterschiedliche Messungen der gleichen Expertise verglichen, der Einfluss unterschiedlicher Variablen auf die Testscores, sowie allgemeine Aussagen zur Fairness analysiert werden

### **Der Problemlöseansatz bei ExKoNawi**

Die hier vorgestellte Studie befasst sich exemplarisch mit 8 Aufgaben aus dem Projekt ExKoNawi der PH Zürich zum experimentellen Problemtyp „Effektbasiertes Vergleichen“ (Gut, Metzger, Hild & Tardent, 2014). SchülerInnen mussten in jeweils 18 Minuten Objekte anhand einer gegebenen Eigenschaft vergleichen und ihre Beobachtungen, Reflexionen und Resultate protokollieren. Mit Hilfe eines Kompetenzstrukturmodells (Schecker & Parchmann, 2006) wurde *a-priori* festgelegt, welche Expertise (Qualitätsstandards QS) seitens der

Schülerschaft bei diesen Aufgaben erwartet wird (Tab. 1). Alle Aufgaben wurden mittels einer standardisierten Vorlage entwickelt und als ein item kodiert. Ein QS wurde als „erreicht“ eingestuft, wenn 2 von 3 Kriterien erfüllt wurden.

Teilprozesse	quantitativer Vergleich von 3 Obj.				QS erreicht
	qualitativer Vergleich von 3 Obj.				
	qualitativer Vergleich von 2 Obj.	QS erreicht			
		...ein theoretisch funktionierender Vergleich beschreiben	...eine qualitative Reihenfolge von 3 Objekten aufstellen	...Bedingungen für einen fairen Vergleich beschreiben	...Objekte mithilfe qualitativer Aussagen vergleichen

*a priori Hierarchie*

Tab. 1.: Die 4 Qualitätsstandards beim „Effektbasierten Vergleichen“ (Hild et al., 2015)

**Design und Stichprobe**

Insgesamt haben 418 Schülerinnen (49%) und Schüler der Sekundarschule zwei Testaufgaben gelöst und protokolliert. 77 Schülerinnen und Schüler mussten zusätzlich noch einen Fragebogen ausfüllen. 8 Schülerpaare haben zwei weitere Aufgaben gelöst und wurden während des Experimentierens gefilmt und anschliessend interviewt (Tab. 1). Die Protokolle und Videodaten wurden jeweils mit dem gleichen Manual kodiert. Tabelle 2 zeigt, welche Testformate herangezogen wurden, um die drei Validitätsaspekte zu untersuchen.

Testformat (n)	Schülerprotokolle (418)	Fragebögen (76)	Videos (16)	Interviews (16)
Erhebung	I-IV	III	IV	IV
kognitive Validität	I-III			
Verallgemeinerbarkeit	I-IV		IV	
externe Validität	III		IV	
	IV		IV	

Tab. 2.: Stichprobengrösse und Erhebungen zur Untersuchung der drei Validitätsaspekte

**Resultate**

*Kognitive Validität.* Die *a-priori* festgelegte Progression konnte in den Erhebungen I-III nachgewiesen werden. Die QS unterscheiden sich in 22/27 Fällen signifikant (Abb.1 und 2).

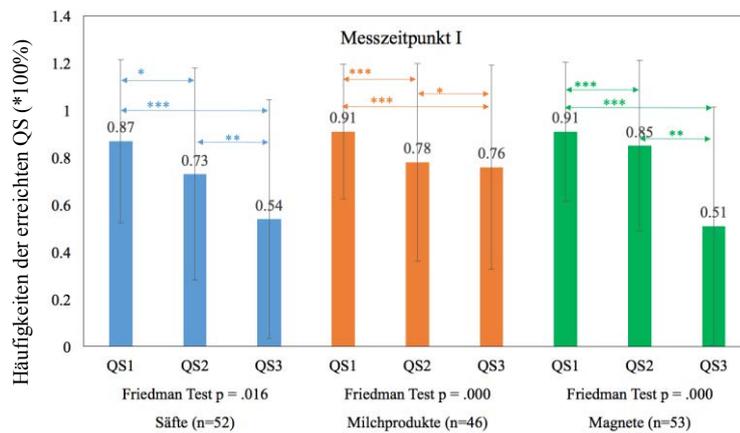


Abb.1.: Nachgewiesene Progressionen bei Erhebung 1 (3 Testaufgaben)

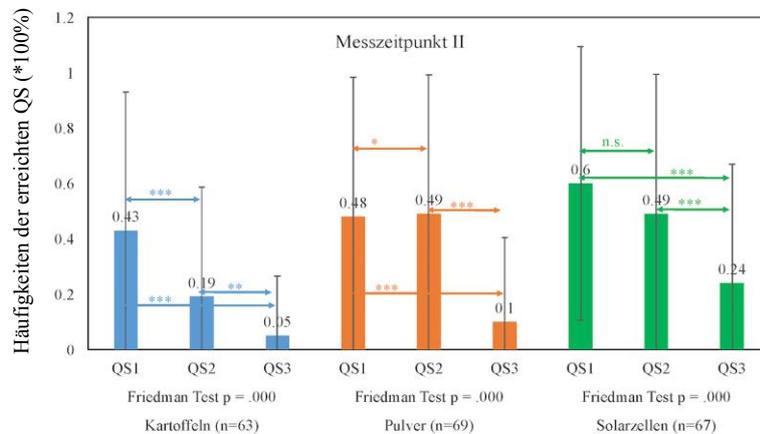


Abb. 2.: Nachgewiesene Progressionen bei Erhebung 2 (3 Testaufgaben)

*Verallgemeinerbarkeit.* Die Interrater-Übereinstimmungen der kodierten Schülerprotokolle und Videos liegt in einem akzeptablen bis sehr guten Bereich (Abb.3). Was hier nicht gezeigt wird, sind die tiefen, jedoch teils signifikanten Testkorrelationen bei den einzelnen Probanden.

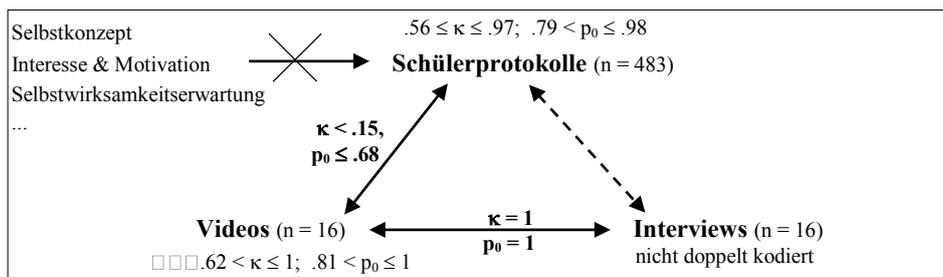


Abb. 3.: Übereinstimmungen zwischen drei Testformaten

*Externe Validität.* Der Test zeigt keine signifikanten Zusammenhänge zwischen affektiven und konativen Variablen mit den Testscores. Anhand eines Vergleichs zwischen Schülerprotokollen, Videodaten und leitfadengestützten Interviews (Abb. 3) konnte gezeigt werden, dass mit dem gleichen Kodiermanual keine Übereinstimmungen zwischen Schülerprotokollen und den Videos bzw. Interviews besteht.

## Diskussion

*Kognitive Validität.* Obwohl man in den Videos eine andere Expertise misst, als mit den Schülerprotokollen, können valide Aussagen zur kognitiven Validität des Messinstruments dank der Progressionen gemacht werden.

*Verallgemeinerbarkeit.* Die sehr geringen Testkorrelationen (Schülerprotokolle) bestätigen Befunde aus ähnlichen Studien (vgl. Gao, Shavelson, & Baxter, 1994; Gut, 2012). Höhere Korrelationen sollten durch weitere Standardisierungen der Testhefte erreicht werden können.

*Externe Validität.* Die Studien bestätigen das bekannte Ergebnis (Gott & Duggan, 2002), dass die in Schülerprotokollen herauslesbare Expertise nicht mit der in Videos sichtbaren und mit Interviews erfassten Expertise übereinstimmt.

Generell ist die Betrachtung der Validitätsaspekte in der Triangulation der Forschungsdaten eine gewinnbringende Perspektive, um Testaufgaben und die damit zusammenhängenden Ergebnisse besser zu interpretieren.

**Literatur**

- Baxter, G. P. & Glaser, R. (1998). Investigating the cognitive complexity of science assessments. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 17(3), 37-45.
- Cronbach, L. J., Linn, R. L., Brennan, R. L., & Haertel, E. H. (1997). Generalizability analysis for performance assessments of student achievement or school effectiveness. *Educational and Psychological Measurement*, 57(3).
- Gao, X., Shavelson, R. J., & Baxter, G. P. (1994). Generalizability of large-scale performance assessments in science: promises and problems. *Applied Measurement in Education*, 7(4).
- Germann, P. J. & Aram, R. J. (1996). Student performances on the science processes of recording data, analyzing data, drawing conclusions, and providing evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(7).
- Gott, R. & Duggan, S. (2002). Problems with the assessment of performance in practical science: which way now? *Cambridge Journal of Education*, 32(2).
- Gut, C. (2012). Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz: Analyse eines large-scale Experimentiertests. Dissertation. Logos Verlag: Berlin.
- Gut, C., Metzger, S., Hild, P., & Tardent, J. (2014). Problemtypenbasierte Modellierung und Messung experimenteller Kompetenzen von 12- bis 15-jährigen Jugendlichen. *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2014*, S.9.
- Hild, P., Gut, C., Metzger, S., & Tardent, J. (2015). Typenspezifische Kompetenzprogressionen bei hands-on Testaufgaben. Beitrag an der GDGP Jahrestagung zum Thema Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bremen.
- Hodson, D. (2009). *Teaching and learning about science: language, theories, methods, history, traditions and values*. Sense Publishing: Rotterdam.
- Leuders, T. (2014). Modellierungen mathematischer Kompetenzen - Kriterien für eine Validitätsprüfung aus fachdidaktischer Sicht. *Journal für Mathematikdidaktik*.
- Messick, S. (1989). Validity. In R. L. Linn (Ed.), *Educational measurement* (3rd ed., pp. 13-103). Macmillan: New York.
- Messick, S. (1996). Validity of performance assessments. In G.W. Philips (Ed.), *Technical issues in large-scale performance assessment*. NCES: Washington DC.
- Miller, M. D. & Linn, R. L. (2000). Validation of performance-based assessments. *Applied Psychological Measurement*, 24(4).
- Norris, S. P. & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240.
- Ruiz-Primo, M. A. & Shavelson, R. J. (1996). Rhetoric and reality in science performance assessments: An update. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(10).
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12.
- Schreiber, N., Theyßen, H., & Schecker, H. (2016). Process-oriented and product-oriented assessment of experimental skills in physics: A comparison. In N. Papadouris et al. (Ed.), *Insights from research in science teaching and learning*. Springer: Schweiz.
- Solano-Flores, G. & Shavelson, R. J. (1997). Development of performance assessments in science: Conceptual, practical, and logistical issues. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 16(3).
- Vorholzer, A. (2015). *Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern?* Dissertation. Universität Gießen.

Angela Bonetti<sup>1</sup>  
 Susanne Metzger<sup>1</sup>  
 Christoph Gut<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Zürich

### **Validierung des ExKoNawi-Modells (Experimentelle Kompetenzen in den Naturwissenschaften)**

#### **Überblick**

Im Rahmen einer SNF-finanzierten Studie wird ein reduziertes *ExKoNawi*-Modell (Experimentelle Kompetenzen in den Naturwissenschaften, siehe Beitrag von Metzger und Gut, in diesem Band) validiert. Hierbei werden auf der Grundlage von drei Pilotstudien (siehe auch Beitrag von Gut et al., in diesem Band) die drei Problemtypen „skalenbasiertes Messen“, „effektbasiertes Vergleichen“ und „fragengeleitetes Untersuchen“ für den Haupttest zusammengefasst und ab Herbst 2016 untersucht. 24 Klassen der Sekundarschule A, B und C und des Langzeitgymnasiums werden hierfür im Fach Natur und Technik (Sekundarschulen) oder in einem der Disziplinen Biologie, Chemie und Physik (Langzeitgymnasium) besucht. Ziel der Studie ist die Untersuchung der internen und der externen Validität des ExKoNawi-Modells (Messick, 1996; Leuders, 2014).

#### **Die Items: Auswahl und Konstruktion**

Die Auswahl für den Haupttest umfasst pro Problemtyp sechs Experimentieraufgaben (siehe Tab. 1), wobei die Fachkontexte über die drei naturwissenschaftlichen Disziplinen äquivalent verteilt sind. Jeder Schüler / jede Schülerin wird neben 4 Begleittests (KFT, Sprach- und Strategietest (NAW), Fragebogen zu Motivation und Selbstwirksamkeit) 12 Experimentieraufgaben bearbeiten. Hierbei wird das Protokoll der Schülerin / des Schülers analysiert, welches in vorgedruckten Testheften festgehalten wird. Auf die Aufgaben zum Problemtyp „kategoriegeleitetes Beobachten“ wurde aufgrund messtechnischer Mängel verzichtet.

<b>Problemtypen</b>	skalenbasiertes <b>Messen</b>	quantitative Grössen mit gegebenen Messinstrumenten (Skala) genau messen <b>6 Experimentieraufgaben</b>	<b>Haupttest (2016-2018)</b>
	fragengeleitetes <b>Untersuchen</b>	korrelative Zusammenhänge zwischen gegebenen Variablen (Frage) untersuchen <b>6 Experimentieraufgaben</b>	
	effektbasiertes <b>Vergleichen</b>	Objekte anhand einer gegebenen Eigenschaft (ohne direkte Messung) experimentell vergleichen <b>6 Experimentieraufgaben</b>	

*Tab. 1: Strukturmodell und Übersicht über die eingesetzten Experimentieraufgaben im Haupttest zu ExKoNawi. Einteilung nach Lubben & Millar (1996), RuizPrimo & Shavelson (1996), Hammann et al. (2008), SolanoFlores (1994)*

Bei der Itemkonstruktion über alle Experimentieraufgaben wurde ein Minimum an technischen Begriffen und möglichst eine alltägliche Sprache bzw. Kontext verwendet. Ausserdem steht am Anfang jedes Items eine kurze Erklärung des dahintersteckenden Phänomens, sodass die Aufgabe ohne nötiges Vorwissen gelöst werden kann. Als letztes werden über alle Problemtypen hinweg hochstandardisierte Aufgabeformate angewandt. Jedem Problemtypen liegt somit ein Itemkonstruktionsschema zugrunde, mittels welchem

die Prozessqualität in partial credits erhoben werden kann; es können pro Problemtyp bis zu vier Qualitätsstandards dichotom bewertet werden. Dieses Itemkonstruktionsschema spiegelt sich in den Testheften, in welchen die Schülerinnen und Schüler aufgefordert werden die gewonnenen Resultate und Beobachtungen bei den Messungen, Untersuchungen oder Vergleiche in Form eines Eigenrapports festzuhalten und genau zu erklären, wie sie dabei vorgegangen sind.

### Geplantes Testdesign

Die 18 ausgewählten Experimentieraufgaben werden auf 6 Units eingeteilt, wobei pro Unit jeweils eine Mess-, eine Vergleichs- und eine Untersuchungsaufgabe enthalten sind. Außerdem beinhaltet jede Unit eine Aufgabe zu einem chemischen, biologischen und physikalischen Kontext, wobei auch die Disziplinen pro Problemtyp gleich oft auftreten und durchmischt werden (Abb. 1 unten rechts).

An jedem von vier Testtagen werden eine Unit und ein zusätzlicher Test (Fragebogen) erhoben. Beispielsweise wird an Tag 2 neben einer Experimentieraufgabe zu jedem der drei Problemtypen auch noch der KFT figurale Test (Heller & Perleth, 2000) durchgeführt (Abb. 1 linke Seite). Dieses Testdesign folgt dem Youden Square Design (Frey, Hartig & Rupp, 2009) und ermöglicht, dass von den 450 Schülerinnen und Schülern jede Unit (und somit jede Experimentieraufgabe) von mindestens 300 Schülerinnen und Schülern bearbeitet wird. Außerdem wird jede Unit-Kombination von mindestens 150 Schülerinnen und Schülern gelöst.

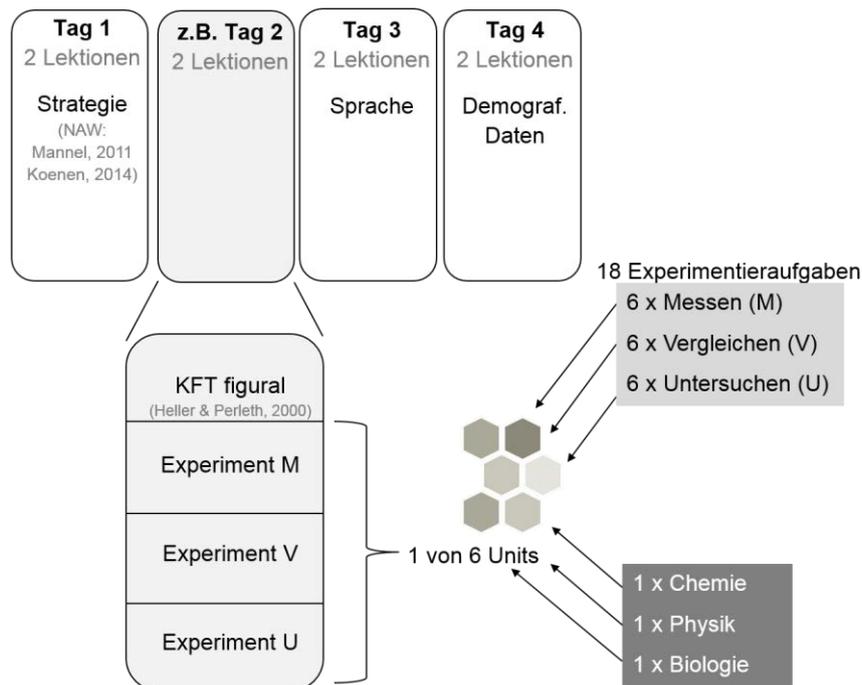


Abb. 1: Geplantes Testdesign am Beispiel von Tag 2.

Durch diese Testanordnung kann eine strukturelle Dimensionsanalyse durchgeführt werden. Außerdem werden weitere strukturelle Einflüsse wie Positionseffekte oder Klasseneffekte durch das Design ausbalanciert.

### Forschungsfragen

Mit dem beschriebenen Projektdesign wird die strukturelle Validität des ExKoNawi-Modells untersucht (Abb. 2 oberer Pfeil & graue Farbe). Hierbei wird verglichen, ob eine übergeordnete Experimentierkompetenz (links) oder die drei untersuchten Problemtypen (rechts) als unabhängige Teilkompetenzen die Resultate besser erklären können. Geplant ist ein Rasch-analytischer dimensionaler Modellvergleich. Als weitere Forschungsfrage wird untersucht, inwiefern die miterhobenen Größen des naturwissenschaftlichen Strategiewissens, der kognitiven und der sprachlichen Fähigkeiten mit den erhobenen Daten zum Problemlösen korrelieren. Hierbei wird die externe Validität des ExKoNawi-Modells mittels Hintergrundmodell und DIF-Analysen untersucht (Abb. 2 linker Pfeil & schwarze Farbe). Zusätzlich folgen weitere Datenanalysen, wie z. B. der Vergleich über die Schulniveaus (Sek A, B, C bzw. Gymnasium).

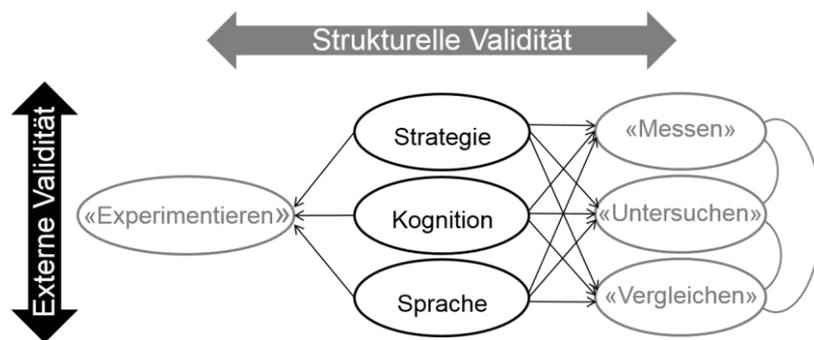


Abb. 2: Forschungsfragen: Überprüfung der strukturellen und der externen Validität

**Literatur**

- Frey, A., Hartig, J. & Rupp A. A. (2009). An NCME instructional module on booklet designs in large-scale assessments of student achievement: theory and practice. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 28(3), 39-53
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M. & Grimm, T. (2008). Assessing pupil's skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42(2), 66-72
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). KFT 4-12+ R. Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision. Göttingen: Beltz Test
- Koenen, J. (2014). Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen. Berlin: Logos
- Leuders, T. (2014). Modellierungen mathematischer Kompetenzen - Kriterien für eine Validitätsprüfung aus fachdidaktischer Sicht. *Journal für Mathematikdidaktik*
- Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955-968
- Mannel, S. (2011). Assessing scientific inquiry. Development and evaluation of a test for the low-performing stage. Berlin: Logos
- Messick, S. (1996). Validity of Performance Assessments. In G.W. Philips (Ed.), *Technical Issues in Large-Scale Performance Assessment*. Washington DC: NCES
- Ruiz-Primo, M. A. & Shavelson, R. J. (1996). Rhetoric and reality in science performance assessments: an update. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(10), 1045-1063
- Solano-Flores, G. (1994). A logical model for the development of science performance assessments. University of California, Santa Barbara

## Qualitative Inhaltsanalyse von Gesprächen – ohne Transkription

Gespräche bieten einen authentischen Einblick in stattfindende Prozesse, wie sie beispielsweise in Lehr-Lern-Arrangements stattfinden. Daher sind sie Forschungsgegenstand vieler Untersuchungen verschiedener Fachbereiche. Einen Forschungsbereich stellen Eltern-Kind-Gespräche, wie sie an außerschulischen Lernorten und beim häuslichen Lernen stattfinden, dar (z.B. NRC, 2009; Szechter & Carey, 2009; Sumfleth & Nicolai, 2008; Sumfleth & Nicolai, 2009; Solomon, 2003; Ellenbogen et al., 2004; Crowley et al., 2001; Ostlund et al., 1985).

Die Untersuchung von Gesprächen erfährt jedoch Einschränkungen, da eine Aufbereitung in Form einer Transkription zeitlich aufwändig ist. Bestehende Untersuchungen beziehen sich daher meist auf kleine Stichproben, Momentaufnahmen und Fallbeispiele (Knoll & Stigler, 1999; Jacobs et al., 1999).

### Zielsetzung

Ziel des Beitrages ist, ein methodisches Vorgehen vorzustellen, welches eine effiziente Untersuchung von Gesprächen durch die „digitale Anwendung“ der Qualitativen Inhaltsanalyse (QIA) (Mayring, 2015) erlaubt, so dass keine Transkription notwendig ist. Aufgrund der starken Regelgeleitetheit der QIA ist dies grundsätzlich möglich. Durch das methodische Vorgehen wird die Generierung qualitativer und quantitativer Daten über Gesprächsaufnahmen ermöglicht und die Vereinbarung von Aufnahmen und großen Stichproben geschaffen. Dies wird anhand einer Pilotierung des Vorgehens an Gesprächsaufnahmen aus KEMIE<sup>®</sup> (Sommer et al., 2013) verdeutlicht.

### Technische Umsetzung der QIA von Gesprächen ohne Transkription

#### *Annotatoren*

Insbesondere für die Analyse von Videoaufnahmen gibt es zahlreiche Programme (sog. Annotatoren), die eine digitale Bearbeitung erlauben (z.B. Catmovie, ELAN, Interact, MaxQDA, Observer, Videograph) (Brückmann & Duit, 2014; Glüer, 2015a, 2015b). Diese lassen sich ebenfalls auf Audioaufnahmen anwenden.

In der Literatur werden verschiedene Programme genannt und im Hinblick auf jeweilige Vor- und Nachteile diskutiert (Glüer, 2015a, 2015b). Für die Umsetzung der QIA ohne Transkription wurde die Software ELAN (Eudico Linguistic Annotator, <https://tla.mpi.nl/tools/tla-tools/elan/>) (Hellwig et al., 2016; Glüer, 2015c) ausgewählt. Entscheidende Vorteile von ELAN sind der Preis (Open Source) sowie Umfang und Komfort der Funktionen. Dies erleichtert die Nutzung von ELAN durch Hilfskräfte oder die Umsetzung des Vorgehens im Rahmen anderer Abschlussarbeiten (z.B. Braun et al. 2016). ELAN wurde am MPI für Psycholinguistik, Nijmegen (NL), entwickelt und bietet die für die QIA notwendigen Funktionen. Lediglich eine Übersetzung zwischen der Sprache der Psycholinguistik und der Sprache der QIA sowie eine Auswahl der von ELAN für die QIA zu nutzenden Funktionen waren erforderlich (Grewe, 2016).

#### *Nutzung von ELAN für die QIA*

Das ELAN-Fenster (Abb. 1) beinhaltet neben der Zeitleiste mit einer Visualisierung der zu analysierenden Datei einen Steuerungsbereich und einen Bereich für so genannte Annotationen. Dabei handelt es sich um Markierungen, welche eine Anmerkung enthalten. Eine Annotation kann ebenfalls eine Kodierung im Sinne der QIA enthalten.

In ELAN können für die Annotationen Zeilen (auch mit einer Hierarchie) und vorgegebene Eintragungen für die Zeilen hinterlegt werden, die automatisch als Anmerkung für eine gesetzte Markierung angewählt werden können. Die vorgegebenen Eintragungen können pro Zeile definiert und nach Markierung automatisch angewählt werden. So können Oberkategorien sowie untergeordnete (Unter-)Kategorien sinnvoll in ELAN eingepflegt und die Kodierungen von Aufnahmen vorgenommen werden.

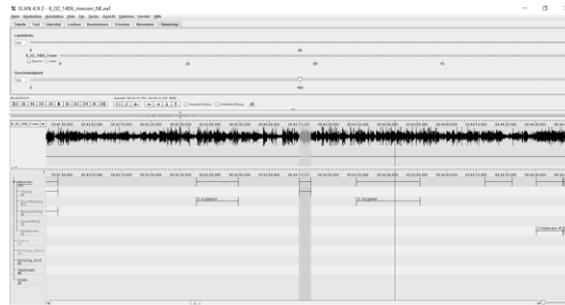


Abb. 1: ELAN-Fenster

Nach erfolgter Kodierung lassen sich durch ELAN verschiedene Ausgaben und Berechnungen bzgl. der Kodierungen vornehmen (z.B. Erstellung eines Protokolls der Kodierungen, Intercoderreliabilität). Für einen Überblick eignet sich die Erstellung einer sog. Statistik der Annotationen, über welche pro Kategorie bzw. Ober-/Unterkategorie u.a. folgende Zahlenwerte ausgegeben werden:

- *Vorkommen*: Anzahl der Aufnahmeabschnitte mit der jew. Kodierung
- *Gesamtdauer*: Summe der Längen der Aufnahmeabschnitte mit der jew. Kodierung

Auf Basis der Kodierungen können zudem gezielt Aufnahmeabschnitte einer bestimmten Kategorie identifiziert werden, um diese einer detaillierteren Betrachtung wie einer inferenteren Codierung (Brückmann & Duit, 2014) zu unterziehen, um spezifischere Charakteristika eines Events (Knoll & Stigler, 1999) herauszustellen. Hier eignet sich bspw. eine paraphrasierende QIA zur Untersuchung von Details bestimmter Gesprächsabschnitte.

## **Pilotierung**

### *Kontext und Erhebung*

Das Eltern-Kind-Angebot „KEMIE® - Kinder Erleben Mit Ihren Eltern“ besteht aus neun aufeinander aufbauenden Einheiten von jeweils 3 Stunden Länge (Sommer et al., 2013). Die Einheiten bestehen aus verschiedenen Phasen. In den Experimentierphasen, welche pro Einheit eine Zeit von ca. 2 Stunden einnehmen, experimentieren die teilnehmenden Eltern-Kind-Paare weitgehend selbstständig. Kakoschke (2015) stellte fest, dass die Lehrziele der KEMIE®-Einheiten von Eltern und Kindern unterschiedlich wahrgenommen werden. Dies wirft die Frage nach den Gesprächsinhalten während der Experimentierphasen auf, über welche bisher subjektive Eindrücke, jedoch keine fundierten Erkenntnisse vorliegen.

Im Rahmen der KEMIE-Jahrgänge 2014/15 und 2015/16 wurden daher die Gespräche von ca. 160 Eltern-Kind-Paaren audiographiert.

### *Pilotierungssequenz*

Für die Pilotierung des methodischen Vorgehens wurde eine 25-minütige Sequenz aus der KEMIE®-Einheit „Mit Messwerten antworten“ (Kakoschke et al., 2013) ausgewählt. In dieser soll der Zuckergehalt von Kinderpunsch über die Messung mit einem Forschungstaucher bestimmt werden. Dabei handelt es sich um ein Low Cost-Aräometer aus einem Strohhalm, welcher unten mit einem Knetball verschlossen wird (Schunk et al., 2008).

So schwimmt der Forschungstaucher in Lösungen; die Schwimmhöhe unterscheidet sich entsprechend der Dichte der jeweiligen Lösung. Mit fünf Zuckerlösungen unterschiedlicher Konzentration wird durch Markierung der Schwimmhöhe eine Skala am Forschungstaucher erstellt, so dass der Zuckergehalt des Kinderpunsch bestimmt werden kann.

Die Gespräche während dieser Phase wurden hinsichtlich methodischer Aspekte des Messens (u.a. Metzger et al., 2013) analysiert.

#### *Kategoriensystem und Grundsatzentscheidungen*

Für die Kodierung wurde ein deduktiv entwickeltes Kategoriensystem zu methodischen Aspekten des Messens verwendet. Durch die fünf Kategorien wurden das Prinzip der Messung, Details der Durchführung, die Erfassung und Bedeutung der Skalenstriche, die Auswertung sowie die Diskussion der Methode und möglicher Fehlerquellen unterschieden. Den Kategorien sind jeweils Unterkategorien zugeordnet, die eine detailliertere Betrachtung ermöglichen.

Für die Kodierung der Gespräche wurden folgende Grundregeln festgelegt:

- Es werden ausschließlich Gespräche zwischen Kind und Elternteil gewertet.
- Die Kodierung erfolgt event-basiert (Brückmann & Duit 2014). Ein Event bzw. eine Kodiereinheit stellt jeweils ein Aufnahmeabschnitt dar, in dem sich Elternteil und Kind mit einem methodischen Aspekt des Messens beschäftigen.
- Sprechpausen, die zwischen Gesprächsabschnitten zum gleichen Thema liegen, werden als Teil des Events gewertet. Sprechpausen, in denen ein Themenwechsel erfolgt, werden nicht gewertet.

#### *Beispielhafte Ergebnisse*

Im Rahmen der technischen Optimierung wurden zunächst ca. 25 % der Aufnahmen (n=42 Eltern-Kind-Paare) durch zwei Kodierer (WMA und WHK, Lehramt Chemie) kodiert (Intercoderreliabilität: 0.76). Die von ELAN angezeigte Statistik sowie die daraus errechnete durchschnittliche Dauer der einzelnen Kodiereinheiten wurden nach den fünf Kategorien aufgeschlüsselt (Tab. 1).

*Tab. 1: Ergebnisse der Kodierungen zu n=42 Gesprächsaufnahmen*

	<b>Insges.</b>	<b>Prinzip</b>	<b>Durchführung</b>	<b>Beobachtung</b>	<b>Auswertung</b>	<b>Diskussion</b>
<b>Anzahl der Kodiereinheiten</b>	<b>42,7</b>	1,2	25,8	5,6	3,4	6,7
<b>Ø Gesamtdauer [sek.]</b>	<b>393</b>	19	250	38	36	50
<b>Ø Dauer pro Kodiereinheit [sek.]</b>	<b>9</b>	16	10	7	11	7

Die Gespräche zu methodischen Aspekten des Messens machen insgesamt mit ca. 6,5 min. (393 sek.) 26 % der Gesamtdauer der Pilotierungssequenz aus. Damit beschäftigen sich Eltern-Kind-Paare hier in hohem Maße mit der zu vermittelnden Methode.

Am häufigsten und in Summe am längsten sprechen die Eltern-Kind-Paare über Aspekte der Durchführung. Am seltensten wird über das Prinzip der Messung gesprochen, jedoch sind die Aufnahmeabschnitte zum Prinzip durchschnittlich länger. Diese Abschnitte können nun bspw. gezielt hinsichtlich der Details zum Prinzip (z.B. richtige Grundregel für Verhältnis von Dichte der Lösung und Schwimmhöhe des Forschungstauchers) betrachtet werden. Zudem können durch die Betrachtung der Details der Diskussion Schwierigkeiten der Teilnehmenden bei dem Experiment ermittelt werden.

**Literatur**

- Braun, S., Strippel, C. & Sommer, K. (2016): Erkenntnisgewinnung in Schülervideos. GDCP-Tagungsband-Beitrag
- Brückmann, M. & Duit, R. (2014): Videobasierte Analyse unterrichtlicher Sachstrukturen. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Methoden der naturwissenschafts-didaktischen Forschung. Berlin & Heidelberg: Springer Spektrum, 189-201
- Crowley, K., Callanan, M. A., Jipson, J. L., Galco, J., Topping, K. & Shrager, J. (2001): Shared Scientific Thinking in Everyday Parent-Child Activity. In: Science Education 85 (6), 712-732
- Ellenbogen, K. M., Luke, J. J. & Dierking, L. D. (2004): Family Learning Research in Museums: An Emerging Disciplinary Matrix? In: Science Educaion 88 (1), 48-58
- Glüer, M. (2015a): Software zur Videoanalyse: Ein Überblick. Online-Ressource: [www.videodatenanalyse.de/software](http://www.videodatenanalyse.de/software) [02.03.2016]
- Glüer, M. (2015b): Annotatoren in der Videoanalyse: Ein Überblick. Online-Ressource: [www.videodatenanalyse.de/software/annotatoren](http://www.videodatenanalyse.de/software/annotatoren) [02.03.2016]
- Glüer, M. (2015c): Eudico Linguistic Annotator (ELAN): Ein vielseitiger Annotator zur Videodatenanalyse. Online-Ressource: [www.videodatenanalyse.de/software/annotatoren/elan](http://www.videodatenanalyse.de/software/annotatoren/elan) [02.03.2016]
- Grewe, J. (2016): Die Qualitative Inhaltsanalyse mit ELAN. Unveröffentlichte Masterarbeit, Ruhr-Universität Bochum
- Hellwig, B., Van Uytvanck, D., Hulsbosch, M., Tacchetti, M., Somasundaram, A. & Geerts, J. (2016): Eudico Linguistic Annotator – version 4.9.4. Online-Ressource: <http://www.mpi.nl/corpus/manuals/manual-elan.pdf> [07.09.2016]
- Jacobs, J. K., Kawanaka, T. & Stigler, J. W. (1999): Integrating qualitative and quantitative approaches to the analysis of video data on classroom teaching. In: International Journal of Educational Research 31 (8), 717-724
- Kakoschke, A., Kleinhorst, H., Russek, A., Efing, N. & Sommer, K. (2013): Mit Messwerten antworten. In: CHEMKON 20 (5), 243-254
- Kakoschke, A. (2015): Wahrnehmung intendierter Lehrziele in einer Eltern-Kind-Intervention mit dem Schwerpunkt nature of science. Göttingen: Sierke
- Knoll, S. & Stigler, J. W. (1999): Management and analysis of large-scale video surveys using the software vPrism™. In: International Journal of Educational Research 31 (8), 725-734
- Mayring, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Weinheim & Basel: Beltz
- Metzger, S., Hild, P., Gut, C. & Tardent, J. (2013): Projekt ExKoNawi: Aufgaben und erste Ergebnisse der hands-on Assessments. GDCP-Tagungsband-Beitrag, 174-176
- NRC (National Research Council) (2009): Learning Science in Informal Environments. Washington, DC: The National Academies Press
- Ostlund, K., Gennaro, E. & Dobbert, M. (1985): A Naturalistic study of Children and Their Parents in Family Learning Courses in Science. In: Journal of Research in Science Teaching 22 (8), 723-741
- Schunk, A., Proske, W., Röder, J., Jansen, W. & Peper-Bienzeisler, R. (2008): Experimente rund um die Cola. In: CHEMKON 15 (3), 137-138
- Solomon, J. (2003): Home-School Learning of Science: The Culture of Homes, and Pupils' Difficult Border Crossing. In: Journal of Research in Science Teaching 40 (2), 219-233
- Sommer, K., Russek, A., Kleinhorst, H., Kakoschke, A. & Efing, N. (2013): KEMIE. In CHEMKON 20 (5) (Sonderheft)
- Sumfleth, E. & Nicolai, N. (2008): Hausaufgaben – Allgemeines und Spezifisches mit Blick auf die Naturwissenschaften. In: MNU 61 (4), 195-199
- Sumfleth, E. & Nicolai, N. (2009): Kooperative Hausaufgaben im Chemieunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. In: MNU 62 (1), 46-51
- Szechter, L. E. & Carey, E. J. (2009): Gravitating Towards Science: Parent-Child Interactions at a Gravitational-Wave Observatory. In: Science Education 93 (5), 846-858

## Erhebungsinstrument zu den Mindsets von Lernenden im Fach Physik Oder: „Albert Einstein – der war schon so ein bisschen begabt...“

### Hintergrund

Anspruch von Schulunterricht muss es sein, die wachsende Heterogenität in den Klassen zu berücksichtigen, um allen Jugendlichen einen Zugang zu Bildung zu ermöglichen. Gerade für den Lernerfolg von SchülerInnen, die einer im Fachbereich unterrepräsentierten Gruppierung angehören, sind nach den Forschungsergebnissen von C. S. Dweck folgende Aspekte in besonderem Maße entscheidend: allgemeine Vorurteile beeinflussen die eigenen Überzeugungen zum Leistungsvermögen in einem Fach, das sogenannte Mindset. Man unterscheidet zwei Typen, deren Reaktion in fünf Kategorien (auf Herausforderungen, auf Anstrengungen, auf Rückschläge, auf Beanstandungen und auf Konkurrenz) jeweils unterschiedlich ausfällt (Dweck, 2006): Lernende mit einem **Fixed-Mindset** sind überzeugt, dass eine angeborene Begabung notwendig ist. SchülerInnen mit diesem Mindset nehmen Schule eher als Institution wahr, in der Leistungen getestet werden. Sie sind bemüht, möglichst clever zu wirken und meiden Herausforderungen, da sie die Gefahr des Scheiterns sehen. Anstrengung wird negativ erlebt, als Zeichen dafür, dass die Begabung fehlt. Als Folge von Rückschlägen und Beanstandungen bei einer Arbeit wird schnell aufgegeben. Andere leistungsstarke KlassenkameradInnen können als Bedrohung gesehen werden. Lernende mit einem **Growth-Mindset** dagegen sind überzeugt, dass es sich um erlernbare Fähigkeiten handelt. SchülerInnen mit diesem Mindset sehen Schule eher als Institution, in der Kompetenzen erworben werden. Sie sind bestrebt, an Herausforderungen zu wachsen. Anstrengung wird daher positiver empfunden, als Training, ähnlich wie im Sport. Durch einen konstruktiven Umgang mit Rückschlägen und Beanstandungen gelingt ein beharrlicheres Arbeiten. Andere leistungsstarke KlassenkameradInnen werden eher als Inspiration denn als Bedrohung erlebt.

Inzwischen zeigt sich, dass es einen Einfluss auf die Ausbildung der Mindsets hat, wofür Kinder und Jugendliche gelobt werden (Cimpian, Arce, Markman & Dweck, 2007; Mueller & Dweck, 1998; Kamins & Dweck, 1999): Lob für das Talent und die Begabung kann zur Ausbildung eines Fixed-Mindset führen, während Lob für die Strategie und die Arbeitsweise die Ausbildung eines Growth-Mindset begünstigt. Auch zeigen sich geschlechtsspezifische Unterschiede im Mindset. So haben Mädchen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit ein Fixed-Mindset und Jungen ein Growth-Mindset (Dweck, Davidson, Nelson & Enna, 1978; Gunderson, Gripshover, Romero, Dweck, Goldin-Meadow & Levine, 2011), wobei innerhalb der Lernenden mit Fixed-Mindset die Jungen erfolgreicher sind und innerhalb der Lernenden mit Growth-Mindset zwischen Jungen und Mädchen kein signifikanter Unterschied im Lernerfolg festzustellen ist (Grant & Dweck, 2003).

Ein überraschend großer Effekt von vergleichsweise kleinen sozial-psychologischen Interventionen (Yeager & Walton, 2011), bei denen unter anderem ein Growth-Mindset in Bezug auf allgemeine Intelligenz vermittelt wird, ist im Bildungsbereich mehrfach belegt (Good, Aronson & Inzlicht, 2003; Dar-Nimrod & Heine, 2007; Aronson, Fried & Good, 2002; Blackwell, Trzesniewski & Dweck, 2007). Entsprechende Studien in einem physikalischen Kontext sind dagegen bisher noch nicht durchgeführt worden (Aguilar, Walton & Wieman, 2014).

### Fragestellung

Um dieses Konzept der Mindsets in einen physikalischen Kontext zu übertragen, soll zunächst erhoben werden, ob sich die Typisierung entsprechend der Theorie von C. S. Dweck nach Fixed- und Growth-Mindset bei SchülerInnen in Bezug auf Physik finden lässt, und welche Unterschiede zwischen verschiedenen Gruppierungen auftreten.

### Methode

Zu diesem Zweck wurde ein Fragebogen mit insgesamt 24 Items entworfen und evaluiert, zu denen die SchülerInnen ihre Zustimmung in fünf Likert-Abstufungen ausdrücken konnten. Es wurden zunächst 10 Items zur allgemeinen Überzeugung entwickelt (Skala „Allgemeine Überzeugung“), zum Beispiel: „PhysikerInnen zeichnen sich durch eine besondere Begabung aus, die nur wenige Menschen haben.“ Außerdem wurden insgesamt 14 weitere Items zu den oben genannten Kategorien entwickelt, wobei diese zu drei Skalen zusammengefasst wurden: „Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengungen“ mit 4 Items (Bsp: „Je kniffliger eine Aufgabe in Physik ist, desto besser gefällt sie mir.“), „Reaktion auf Rückschläge und Beanstandungen“ mit 6 Items (Bsp: „Fehler sind wichtig für mich, weil ich daraus am meisten Lernen kann.“) und „Reaktion auf Konkurrenz“ mit 4 Items (Bsp: „Meine Meinung: Nur Streber sind gut in Physik.“). Die Zustimmung der SchülerInnen zu den Items wurde mit den Werten 1 bis 5 jeweils so kodiert, dass niedrige Werte einer Antwort gemäß dem Fixed-Mindset und hohe Werte einer Antwort gemäß dem Growth-Mindset entsprechen. Invertierte Items wurden entsprechend umkodiert.

Um die Interpretation niedriger bzw. hoher Testwerte als Tendenz zum Fixed-Mindset bzw. zum Growth-Mindset zu verifizieren, wurden zusätzlich mit einigen Lernenden leitfadengestützte Interviews durchgeführt.

### Ergebnisse

Die Stichprobe setzte sich aus insgesamt  $N_{\text{ges}} = 385$  SchülerInnen zusammen, die den Fragebogen vollständig ausfüllten (213 Mädchen und 171 Jungen, eine fehlende Angabe zum Geschlecht). Darunter waren Lernende aus Österreich (6./7. Jahrgangsstufe: 113 Lernende; 10. Jahrgangsstufe: 107 Lernende) und aus Bayern (10. Jahrgangsstufe: 165 Lernende).

In einer ersten Analyse wurden die Schwierigkeiten (zwischen 0,32 und 0,88) sowie die Trennschärfen (jeweils größer als 0,3) der Items bestimmt. Eine explorative Faktorenanalyse ergab nach dem Kaiser-Kriterium sechs Komponenten, wobei anhand der rotierten Matrix drei Komponenten inhaltlich sinnvoll zugeordnet wurden. Auch im Scree-Plot hoben sich drei Komponenten deutlich ab. Die Skala „Allgemeine Überzeugung“ wurde mit zwei Komponenten gefunden (Items, die sich eher auf die Leistungen von PhysikerInnen beziehen und Items, die sich eher auf die eigenen Leistungen in Physik beziehen). Die Korrelation dieser Skala wurde mit  $\alpha = .835$  bestimmt. Auch die Skala „Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengungen“ wurde gefunden. Die Korrelation dieser Skala wurde mit  $\alpha = .899$  bestimmt. Obwohl sich bei der Zuordnung der übrigen Items kein inhaltlich stimmiges Bild ergab, war die Korrelation für die Skala „Reaktion auf Rückschläge und Beanstandungen“ mit  $\alpha = .724$  in einem annehmbaren Bereich. Die Korrelationen für die Skala „Reaktion auf Konkurrenz“ war mit  $\alpha = .638$  am niedrigsten. Da die Gesamtkorrelation des Fragebogens jedoch dennoch bei  $\alpha = .880$  lag, wurde für eine erste Analyse die Summe der Zustimmung durch die SchülerInnen über alle 24 Items bestimmt (Testscore).

Die deskriptive Datenanalyse offenbarte eine fast kontinuierliche Verteilung der Testscores (Min. 36, Max. 119) bei einem Mittelwert von 81,1 mit Standardabweichung von 14,8.

Da der Kolmogorov-Smirnov Test auf Normalverteilung signifikant ausfiel, wurden zur weiteren Auswertung Mann-Whitney-U-Tests auf Mittelwertunterschiede durchgeführt.

Dabei zeigte sich, dass sowohl in der 6./7. Jahrgangsstufe als auch in der 10. Jahrgangsstufe kein signifikanter Unterschied zwischen Mädchen und Jungen festzustellen war.

Betrachtete man diese Ergebnisse für die 10. Jahrgangsstufe genauer, so fanden sich signifikante Unterschiede nach Geschlecht zwar nicht in der österreichischen Stichprobe (Mädchen  $M = 82,34$ ;  $SD = 12,084$ ; Jungen  $M = 84,09$ ;  $SD = 14,517$ , n.s.), wohl aber in der bayerischen Stichprobe (Mädchen  $M = 74,09$ ;  $SD = 13,060$ ; Jungen  $M = 79,83$ ;  $SD = 12,037$ ;  $p = .002$ ). Hier erreichten die Jungen signifikant höhere Werte.

Unterschiede traten für die 10. Jahrgangsstufe außerdem bei einer Gruppierung nach dem Schulzweig zu Tage. Hier wurden SchülerInnen, die einen naturwissenschaftlichen Zweig besuchten, solchen SchülerInnen gegenübergestellt, die einen anderen Zweig besuchten. Ein Vergleich der Testscores nach Zweig innerhalb der Regionen lieferte wiederum in Österreich keine signifikanten Unterschiede (naturwissenschaftlicher Zweig  $M = 85,74$ ;  $SD = 11,776$ ; andere Zweige  $M = 81,55$ ;  $SD = 13,162$ ; n.s.), während in Bayern im naturwissenschaftlichen Zweig signifikant höhere Werte erreicht wurden (naturwissenschaftlicher Zweig  $M = 82,20$ ;  $SD = 10,456$ ; andere Zweige  $M = 75,21$ ;  $SD = 13,133$ ;  $p = .001$ ). Ein Vergleich der Testscores nach Zweig innerhalb der Geschlechter lieferte keinen signifikanten Unterschied bei den Jungen (naturwissenschaftlicher Zweig  $M = 83,38$ ;  $SD = 11,903$ ; andere Zweige  $M = 79,52$ ;  $SD = 13,318$ ; n.s.), während bei den Mädchen im naturwissenschaftlichen Zweig signifikant höhere Werte erreicht wurden (naturwissenschaftlicher Zweig  $M = 84,14$ ;  $SD = 9,740$ ; andere Zweige  $M = 76,52$ ;  $SD = 13,487$ ;  $p = .004$ ).

Zur Veranschaulichung sollen noch zwei Interviewaussagen von Schülern der 7. Jahrgangsstufe angeführt werden: „Albert Einstein, der war dafür geboren. Ich denke schon [man braucht eine Begabung...]. Also wenn ich übe, kann ich vielleicht besser werden, aber nie auf dem Level von jemandem, der seit Kind die Begabung hat.“ (KaEr21m, Testscore 55) Und: „Albert Einstein – der war schon so ein bisschen begabt, aber natürlich hat er auch gelernt. Wenn er Physik nicht gelernt hätte, würde er es ja gar nicht können. Wenn man sehr viel lernt, dann kann man es auch schaffen sehr gut zu werden.“ (AsEr30m, Testscore 108) Das Schülerzitat aus der Überschrift ist also keinesfalls eine Geringschätzung des Physikers durch den zitierten Schüler, sondern ein einprägsames Beispiel für ein Growth-Mindset.

### Diskussion

Zusammenfassend kann man festhalten, dass sich ein kontinuierlicher Verlauf der Ausprägung vom Fixed-Mindset zum Growth-Mindset in Bezug auf Physik andeutet. Während die Mittelwerte an den getesteten bayerischen Schulen insgesamt niedriger ausfallen, haben insbesondere die getesteten bayerischen SchülerInnen in anderen Zweigen einen signifikant niedrigeren Wert als in naturwissenschaftlichen Zweigen. Außerdem haben die getesteten bayerischen Mädchen einen signifikant niedrigeren Wert als die getesteten bayerischen Jungen. Insgesamt ist zu bedenken, dass die Ergebnisse als explorative Studie interpretiert werden sollten, da sich die Stichprobe nur über wenige Schulen erstreckt. Für breitere quantitative Auswertungen ist eine Weiterentwicklung des Fragebogens, besonders der Skalen „Reaktion auf Rückschläge und Beanstandungen“ und „Reaktion auf Konkurrenz“ notwendig, wobei offen bleibt, inwiefern hier weitere Komponenten eine Rolle spielen. Um dies zu klären, wird derzeit eine weiterführende Interviewstudie durchgeführt. Interessant ist es außerdem, die Mindsets von Lehrkräften und Eltern in Bezug auf Physik sowie deren Einfluss auf die SchülerInnen zu klären. In Zukunft sind sicherlich Interventionsstudien wünschenswert, die ein Growth-Mindset in Bezug auf Physik vermitteln - ähnlich der Einstellung des zweiten zitierten Schülers, dessen Meinung durch Albert Einsteins selbst untermauert wird, der von sich sagte: „Ich habe keine besondere Begabung, sondern bin nur leidenschaftlich neugierig.“

**Literatur**

- Aguilar, L.; Walton, G.; Wieman, C. (2014): Psychological insights for improved physics teaching, *Physics Today*, 67 (5), 43-49
- Aronson, J.; Fried, C.; Good, C. (2002): Reducing the effects of stereotype threat on African American college students by shaping theories of intelligence, *Journal of experimental Social Psychology*, 38, 113-125
- Blackwell L. A.; Trzesniewski, K. H.; Dweck, C. S. (2007): Theories of intelligence and achievement across the junior high school transition: A longitudinal study and an intervention, *Child development*, 78, 246-263
- Cimpian, A.; Acre, H.-M.; Markmann, E. M.; Dweck, C. S. (2007): Subtle linguistic cues impact children's motivation, *Psychological Science*, 18, 314-316
- Dar-Nimrod, I.; Heine, S. J. (2006): Exposure to scientific theories affects women's math performance, *Science*, 314, 435
- Dweck, C. S. (2006): *The new psychology of success*, Random House, New York
- Dweck, C. S.; Davidson, W.; Nelson, S.; Enna, B. (1978): Sex differences in learned helplessness. II: The contingencies of evaluative feedback in the classroom and III: An experimental analysis, *Developmental Psychology*, 14, 258-278
- Good, C.; Aronson, J.; Inzlicht, M. (2003): Improving Adolescents' standardized test performance: An intervention to reduce the effects of stereotype threat, *Journal of Applied Developmental Psychology*, 24, 645-662
- Grant, H.; Dweck, C. S. (2003): Clarifying achievement goals and their impact, *Journal of Personality and Social Psychology*, 85, 541-553
- Gunderson, E. A.; Gripshover, S. J.; Romero, C.; Dweck, C. S.; Goldin-Meadow, S.; Levine, S. C. (2011): Naturalistic variation in parent's praise and the formation of children's theories about trait stability, Paper presented at the Biennial Meeting of the Society of Research in child development, Motreal, Kanada 2011
- Kamins, M.; Dweck, C. S. (1999): Person vs process praise and criticism: Implications for contingent self-worth and coping, *Developmental Psychology*, 35, 835-847
- Mueller, C. M.; Dweck, C. S. (1998): Intelligence praise can undermine motivation and performance, *Journal of Personality and Social Psychology*, 75, 33-52
- Yeager, D. S.; Walton, G. M. (2011): Social-Psychological Interventions in Education: They're Not Magic, *Review of Educational Research*, 81, 267-301

Jochen Scheid<sup>1</sup>  
 Alexander Kauertz<sup>1</sup>  
 Stefan Heusler<sup>2</sup>  
 Rainer Müller<sup>3</sup>  
 Wolfgang Dür<sup>4</sup>  
 Torsten Franz<sup>3</sup>  
 Susanne Heinicke<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Landau

<sup>2</sup>Universität Münster

<sup>3</sup>TU Braunschweig

<sup>4</sup>Universität Innsbruck

## Kompetenzentwicklungsmodell zur Quantenphysik

### Hintergrund und Forschungsziele

Quantenphysik (QP) ist ein Schlüssel zu einem modernen physikalischen Weltverständnis, sowie zu einer Vielzahl bereits existierender Technologien wie etwa dem Laser, bildgebenden Verfahren in der Medizin und der gesamten Elektronik, aber auch zu einer neuen Ära der Quantentechnologie wie z.B. abhörsicherer Kommunikation mit Quantenkryptographie. QP ist als Teil der modernen Physik in der gymnasialen Oberstufe bereits etabliert, jedoch handelt es sich begrifflich und bezüglich der Formalismen um einen der anspruchsvollsten Themenbereiche der Schulphysik (Müller & Wiesner 2000).

Eine typische Schwierigkeit beim Lernen von QP ist z.B. die Unterscheidung von verwandten Konzepten (Singh, 2001) oder ein Verbleiben der Lernenden in einer deterministisch-mechanistischen Weltansicht (Fischler & Lichtfeldt, 1994). QP widerspricht einem klassisch-mechanistisch geprägten Weltbild, welches am Ende der Sekundarstufe 1 vorherrscht. Auch nach Unterricht in QP bevorzugen Lernende klassische Perspektiven an Stellen, an denen quantenphysikalische Perspektiven angemessen wären (Baily & Finkelstein 2009). Voraussetzung für eine Entwicklung des Konzeptverständnisses in QP ist eine Weiterentwicklung des Weltbildes der Lernenden (NOS, Lederman, 2007) von einem deterministischen zu einem probabilistischen Weltbild. In der Schule sollte daher eine Weiterentwicklung zu einem probabilistischen Weltbild am Ende der Sekundarstufe 2 angestrebt werden. Auch wenn diese Weiterentwicklung exemplarisch besonders gut und besonders klar am Beispiel der QP möglich ist, ist diese Weiterentwicklung auch bei der Bewertung von komplexen Fragestellungen in anderen Themengebieten wie etwa komplexen Klimamodellen oder auch ökonomischen Modellen von Bedeutung.

Bezüglich QP existiert für Oberstufenschüler eine Vielzahl von Lehrideen (z.B. Münchner Modell, Müller, 2003, Spin First, Sadaghiani & Munteanu, 2015, oder das Qubit als einfachstes Quantenobjekt mit bestimmten Eigenschaften, Dür und Heusler, 2012) sowie Supportsysteme mit potentiellen Entlastungsstrategien (Visualisierungen, Heusler, 2013, Dür & Heusler, 2012), deren Wirksamkeiten jedoch empirisch wenig beforscht sind. Ebenso ist wenig beforscht, wie stark die Effekte potentieller Einflussfaktoren auf die Entwicklung des Konzeptverständnisses in QP und damit auf die Entwicklung eines quantenphysikalischen Weltbildes sind. Folgende Faktoren sind denkbar:

- mathematische Kompetenzen,
- klassisch-physikalische Kenntnisse,
- Wissen über Experimente,
- Interpretationen von QP und kritisches Reflektieren darüber,
- Repräsentationskompetenz und
- schlussfolgerndes Denken

Mittelfristiges Ziel des Projekts ist es daher, ein empirisch fundiertes Kompetenzentwicklungsmodell für den Übergang von einem klassisch-deterministischen zu einem probabilistischen Weltbild zu erstellen. Hierzu fokussieren wir inhaltlich auf die fünf Wesenszüge der QP, bei denen dieser Übergang besonders klar modelliert und getestet werden kann. Aufbauend auf empirisch geprüfte Supportsysteme, wie z.B. kognitive Aktivierung in Bezug auf Repräsentationen (Scheid, 2013), werden systematisch unterschiedliche Repräsentationen (Kanäle) zur Vermittlung von QP genutzt, wie etwa Visualisierungen (Dür & Heusler 2013), Experimente und auch mathematische Modelle.

### Hypothesen und Design

Bei der Kompetenzentwicklung ist denkbar, dass die Kanäle untereinander wechselwirken und die Entwicklung dadurch beeinflussen. Dies beschreiben die folgenden drei Hypothesen:

- Die Schwellen-Hypothese drückt aus, dass erst ein bestimmtes Level einer Kompetenz A es ermöglicht, dass sich Kompetenz B weiterentwickeln kann.

Forschungsfrage 1: Welche Schwellen in welchen Kanälen sind Voraussetzung für eine Weiterentwicklung in anderen Kanälen?

Im weiter unten dargestellten Flussdiagramm ist dies z.B. durch die beiden oberen Kanäle beschrieben, die zeitlich aufeinander folgen: Hier müsste die Kompetenz in Stochastik einen bestimmten Schwellenwert übersteigen, bevor die Teilkompetenz „QP-Experimente verstehen“ weiterentwickelt werden kann.

### Flussdiagramm: Prinzip des Kompetenz-Entwicklungsmodells

Konzept- & NOS-Kompetenzstufe	Kanal	Kanal	Konzept- & NOS-Kompetenzstufe
Sekundarstufe 1 (z.B. Messbarkeit aller Eigenschaften)	Mathematik (z.B. Stochastik)	Verstehen von QP-Experimenten	Sekundarstufe 2 (z.B. Komplementarität von Eigenschaften)
	Vorstellungen / Visualisierungen von Stochastik	Interpretation von QP	

zeitlicher Verlauf 

- Die Reihenfolge-Hypothese beschreibt, dass die Reihenfolge der Entwicklung von Subkompetenzen einen Einfluss auf die Kompetenzentwicklung haben kann.

Forschungsfrage 2: Welche Reihenfolge ist förderlich und welche hinderlich für die Kompetenzentwicklung?

Dies kann im Flussdiagramm wieder mit den oberen Kanälen erklärt werden: Wenn hier kein Schwellenwert in der Teilkompetenz Stochastik für eine Entwicklung der Teilkompetenz „Verstehen von QP-Experimenten“ gefunden wird, sondern ein linearer Zusammenhang, spräche das für die Reihenfolgehypothese (im Versuchsdesign werden die Reihenfolgen variiert, bedeutsame Aussagen zur Reihenfolge können erst im Zusammenhang der Ergebnisse aller Variationen gemacht werden).

- In der Gleichzeitigkeits-Hypothese wird formuliert, dass zeitgleiches Unterrichten von Denkweisen der QP und Experimenten evtl. Lernende hemmt, klassische Vorstellungen für QP zu verwenden.

Forschungsfrage 3: Welche Paare von Kompetenzen entwickeln sich miteinander am besten, sind also Folge und Voraussetzung füreinander?

Im Flussdiagramm ist dies durch die untereinander stehenden Kanäle dargestellt. Zum Beispiel kann untersucht werden, wie gut sich die Teilkompetenzen „Verstehen von QP-

Experimenten“ und „Interpretation von QP“ zeitgleich entwickeln lassen. Zum Vergleich sieht ein anderes Untersuchungsdesign vor, die vorgenannten Teilkompetenzen nacheinander zu entwickeln.

Das Design des Kompetenz-Entwicklungsmodells ist dem ESNaS-Kompetenzmodell angelehnt (Kauertz et al., 2010) und hat die folgenden drei Dimensionen:

1. Definition von Konzepten, auf welche die Weltsicht angewendet wird (inkl. der fünf Wesenszüge, Müller, 2003)
2. Denk-Operationen für abstrakte Modellbildung
3. Komplexität (Fakt bis übergeordnetes Konzept)

Das Modell wird zurzeit an die Anforderungen der Entwicklung des quantenphysikalischen Weltbildes angepasst.

### **Geplante Methoden und Ausblick**

Als Stichprobe werden Oberstufenlernende bzw. Studierende in Deutschland und Österreich genutzt ( $N_{\text{Gesamt}} = 600$ ). Die vorgenannten Lehrkonzepte „Münchener Modell“, „Visualisierungen“ und QP-Experimente (insbesondere „aktuelle Einzelphotonenexperimente“) behandeln thematisch die „fünf Wesenszüge der QP (Müller, 2003)“ und werden zur Kompetenzmodellierung eingesetzt. Basis für die Intervention ist ein neu zu entwickelnder online-Kurs zu den fünf Wesenszügen, der auf den oben genannten Lehrkonzepten fußt. Hierbei werden die Erklärungen zu den fünf Wesenszügen systematisch jeweils in unterschiedlichen Repräsentationen (Kanälen) vorgenommen. So kann z.B. das stochastische Verhalten durch Visualisierungen, durch interaktive Simulationen oder durch mathematische Gleichungen dargestellt werden. Für die Intervention werden jeweils unterschiedliche Kanäle „an-“ bzw. „abgeschaltet“.

Innerhalb der Online-Lehrgänge finden die Variationen der Kanalreihenfolgen statt, mit denen die Hypothesen und Forschungsfragen untersucht werden können. Damit dies möglich ist, müssen weiterhin folgende Messinstrumente angepasst bzw. neuentwickelt werden:

- Konzeptverständnis QP (basierend auf fünf Wesenszügen, Müller 2003)
- physikalische Weltsicht auf Niveau der Sekundarstufe 1 und Sekundarstufe 2 (deterministisch bzw. probabilistisch)
- bezogen auf QP: Repräsentationskompetenz, Mathematik, Fachwissen, Experimente und Interpretation

Zur Analyse der Unterschiede in der Kompetenzentwicklung zwischen den Lehrgängen und der Einflussfaktoren der Kanäle bieten sich Strukturgleichungs- oder regressionsanalytische Modelle an, mit deren Ergebnissen das Kompetenzentwicklungsmodell erstellt werden kann.

**Literaturverzeichnis**

- Baily, C., & Finkelstein, N.D. (2009). Development of quantum perspectives in modern physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 5 (1), 010106
- Dür, W., & Heusler, S. (2013). What we can learn about quantum physics from a single qubit [http://arxiv.org/abs/1312.1463, 14.10.2016]
- Fischler, H., & Lichtfeldt, M. (1994). Ein Unterrichtskonzept zur Einführung in die Quantenphysik, *Physik in der Schule*, 32
- Heusler, S. (2013). Visualisierungen – ein Schlüssel zu moderner Physik im Schulunterricht. Habilitationsschrift zur Erlangung der *venia legendi* für das Fachgebiet Didaktik der Physik. Westfälische Wilhelms-Universität Münster. [online verfügbar unter: [https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich\\_physik/didaktik\\_physik/publikationen/visualisierungen-physik.pdf](https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/visualisierungen-physik.pdf); Zugriff am 13.10.2016]
- 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*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 831–879
- Kauertz, A., Fischer, H., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135-153
- Müller, R. (2003). *Quantenphysik in der Schule*. Berlin: Logos-Verlag
- Müller, R., & Wiesner, H. (2000). Das Münchener Unterrichtskonzept zur Quantenmechanik. In: *Physik in der Schule*, 38 (2), 126–134
- Sadaghiani, H.R., & Munteanu, J. (2015). Spin First instructional approach to teaching quantum mechanics in sophomore level modern physics courses. Edited by Churukian, Jones, and Ding. *Physics Education Research Conference*. Published by the American Association of Physics Teachers doi:10.1119/perc.2015.pr.067
- Scheid, J. (2013). *Multiple Repräsentationen, Verständnis physikalischer Experimente und kognitive Aktivierung: Ein Beitrag zur Entwicklung der Aufgabenkultur*. Berlin: Logos-Verlag
- Singh, C. (2001). Student understanding of quantum mechanics. *American Journal of Physics*, 69 (8), 885-895

## Instrumentelles Handeln und Selbsterklärungen in der Primarstufe

### Einleitung, Stand der Forschung, Forschungsfrage

Handlungsorientierung gilt als erfolgversprechendes didaktisches und methodisches Prinzip für einen lernwirksamen und motivationsfördernden naturwissenschaftlichen Sachunterricht (Möller, 2007). Prototyp für einen handlungsorientierten naturwissenschaftlichen Sachunterrichts ist das instrumentelle Handeln, bei dem die Manipulation von realen Objekten im Vordergrund steht (vgl. ebd.; Wöll, 2011). Solch instrumentelles Handeln kann auch als Teil des Schülerexperiments, des Laboratory Work o.ä. aufgefasst werden. Hier zeigt sich nach dem Stand der Forschung für die Primarstufe eine positive Wirkung mittlerer Effektstärke beim prozeduralen Wissen. Die Wirkung instrumentellen Handelns auf deklaratives Wissen und affektive Variablen ist hingegen klein (z.B. Bredderman, 1985). Ersteres bestätigen auch Studien für den physikalischen Wissenserwerb in der Primarstufe (Bullinger & Starauschek, 2015; Bullinger & Starauschek, 2016). Die geringe Wirkung auf deklaratives Wissen kann vor allem auf die Aufmerksamkeit der Lernenden auf die Durchführung der Handlungen zurückgeführt werden (Abrahams & Reiss, 2012). Kognitiv aktivierende Elemente, die inhaltliche Konzepte stärker fokussieren, könnten jedoch die Ausbildung intendierter mentaler Repräsentationen beim instrumentellen Handeln unterstützen. Eine robuste Methode der kognitiven Aktivierung in verschiedenen Variationen ist die instruierte Selbsterklärung (Fonseca & Chi, 2011). Verschiedene Studien konnten auch für die Primarstufe zeigen, dass instruierte Selbsterklärung wirkungsvoll für den physikalischen Wissenserwerb insbesondere mit Bildern ist (Starauschek & Dockhorn, 2009; Bullinger & Starauschek, 2015; Bullinger & Starauschek, 2016). Damit lässt sich folgende Forschungsfrage für die Primarstufe stellen: Unterstützen instrumentelles Handeln und instruierte Selbsterklärung den physikalischen Wissenserwerb?

### Methodik

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde eine experimentelle Laborstudie durchgeführt. Die randomisierte Stichprobe besteht aus 145 Probanden der Klassenstufe vier (Alter:  $M = 9;11$ ,  $SD = 0;6$ ), davon 74 Mädchen. Die abhängige Variable ist das deklarative Wissen zur optischen Abbildung an der Lochkamera in Pre-, Post- und Follow Up-Test. Zusätzlich wurden Kontrollvariablen wie Intelligenz oder die Bearbeitungszeit der Treatments erhoben. Die unabhängigen Variablen sind Handlungsorientierung (Lernen mit Bildern oder Handlungen) und Selbsterklärung (Lernen mit oder ohne Selbsterklärung). Aus diesen ergeben sich vier Treatments: Lernen mit Bildern ohne Selbsterklärung, Lernen mit Handlungen ohne Selbsterklärung, Lernen mit Bildern mit Selbsterklärung sowie Lernen mit Handlungen mit Selbsterklärung. Damit liegt folgendes 2x2-Design vor:

Unabhängige Variable Selbsterklärung	Unabhängige Variable Handlungsorientierung	
	Bilder	Handlungen
Ohne Selbsterklärung	Bilder ohne Selbsterklärung ( $N = 33$ )	Handlungen ohne Selbsterklärung ( $N = 38$ )
Mit Selbsterklärung	Bilder mit Selbsterklärung ( $N = 35$ )	Handlungen mit Selbsterklärung ( $N = 39$ )

Tab. 1. Design der Studie mit Größen der Teilstichproben.

Alle Treatments basieren auf computergestützten Lernprogrammen zur optischen Abbildung an der Lochkamera und werden als Einzelinterventionen durchgeführt. Die Lernprogramme sind in neun Sequenzen unterteilt und jeweils wie folgt aufgebaut: Das Lernprogramm im Treatment ‚Bilder ohne Selbsterklärung‘ entspricht einem Bilderhörbuch. Jede Sequenz enthält ein Bild, zu dem nachfolgend ein Informationstext passend zum Bild angehört wird. Im inhaltlich gleich aufgebauten Lernprogramm des Treatments ‚Handlungen ohne Selbsterklärung‘ werden alle Bilder durch passende Handlungsanweisungen an einer realen Lochkamera ersetzt (z.B. „*Schau dir die Lochkamera an. Du kannst sie auch in die Hand nehmen und öffnen*“). Jede Handlung soll die gleichen Informationen wie an den Bildern ermöglichen. Das Lernprogramm im Treatment ‚Bilder mit Selbsterklärung‘ ist ebenfalls ein Bilderhörbuch (vgl. Abb. 1). Es wird jedoch nach jedem Bild und nach jedem Informationstext um Instruktionen zur Äußerung von Selbsterklärungen ergänzt (z.B. „*Sage jetzt bitte laut in deinen eigenen Worten, was du gerade siehst*“). Im Lernprogramm des Treatments ‚Handlungen mit Selbsterklärung‘ kommen entsprechend Instruktionen zur Äußerung von Selbsterklärungen an Handlungen und Informationstexten hinzu (z.B. „*Sage jetzt bitte laut in deinen eigenen Worten, was du gerade gesehen hast*“).

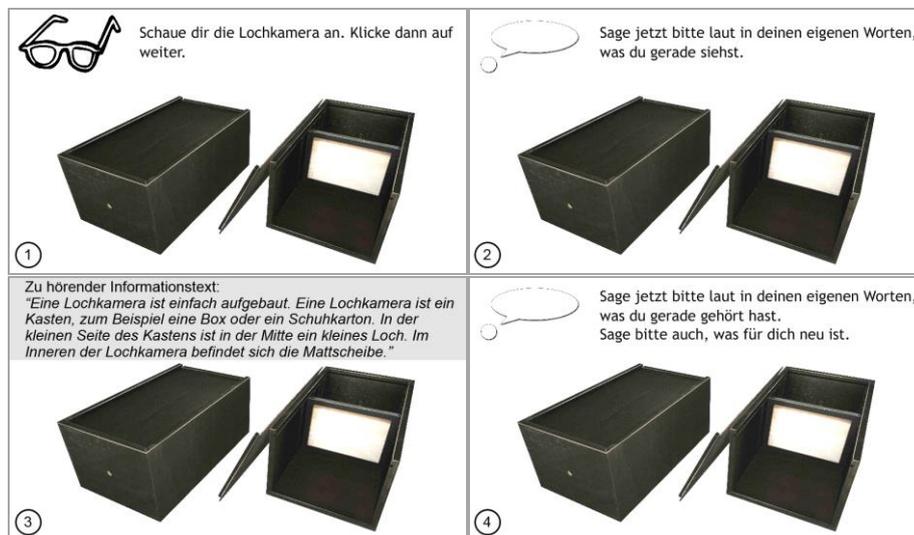


Abb. 1: Beispielsequenz im Lernprogramm des Treatments ‚Bilder mit Selbsterklärung‘; im Original ohne Nummerierung und mit Navigationspfeilen (vor/zurück).

### Ergebnisse

Für die Skala zum Wissen über die optische Abbildung an der Lochkamera (Zahl der Items  $N_i = 32$ ) ist die Reliabilität zu allen Messzeitpunkten in einem guten Bereich ( $\alpha_{\text{Pretest}} = .75$ ,  $\alpha_{\text{Posttest}} = .79$ ,  $\alpha_{\text{Follow Up}} = .75$ ), die mittleren Lösungswahrscheinlichkeiten ebenfalls ( $p_{\text{L Pretest}} = .20$ ,  $p_{\text{L Posttest}} = .59$ ,  $p_{\text{L Follow Up}} = .56$ ). Die mittleren Trennschärfen sind hingegen niedrig ( $r_{\text{it Pretest}} = .24$ ,  $r_{\text{it Posttest}} = .29$ ,  $r_{\text{it Follow Up}} = .24$ ).

Die Treatmentgruppen unterscheiden sich nicht in den Kontrollvariablen, mit Ausnahme der Bearbeitungszeit (Tab. 2). Im Wissen zeigen sich im Vergleich zum Pretest sowohl Differenzen im Post- als auch im Follow Up-Test zwischen dem Lernen mit Bildern und allen anderen Gruppen. Im Follow Up sind die numerischen Unterschiede erwartungsgemäß kleiner.

	Bilder ohne SE	Handlungen ohne SE	Bilder mit SE	Handlungen mit SE
Bearbeitungszeit	280 (57)	688 (135)	722 (122)	1142 (241)
Wissen Pretest	6.03 (4.09)	5.66 (3.72)	6.91 (3.74)	7.13 (4.35)
Wissen Posttest	16.82 (5.50)	18.24 (5.44)	18.97 (4.41)	20.67 (4.78)
Wissen Follow Up	15.70 (4.91)	17.31 (4.90)	18.83 (4.56)	19.64 (4.26)

Tab. 2. Deskriptive Statistik (Mittelwerte und Standardabweichungen) der Wissensskala (Pre-, Post- und Follow Up-Test) und der Bearbeitungszeit (in Sekunden) in den vier Treatments mit und ohne Selbsterklärung (SE).

Zweifaktorielle Kovarianzanalysen mit den Kovariaten Vorwissen (Pretest) und Bearbeitungszeit bestätigen diese Differenzen (Tab. 3): Im Posttest unterscheiden sich die Gruppen sowohl zwischen dem Lernen mit Bildern und Handlungen als auch zwischen dem Lernen mit und ohne Selbsterklärung signifikant und mit nahezu mittlerer Effektstärke. Es zeigt sich keine Interaktion. Außerdem hat das Vorwissen einen signifikanten, mittleren Einfluss auf das Wissen im Posttest. Für die Bearbeitungszeit zeigt sich nur ein Trend mit kleiner Effektstärke. Im Follow Up unterscheidet sich nur das Lernen mit und ohne Selbsterklärung signifikant mit kleiner Effektstärke. Der Einfluss des Vorwissens ist ebenfalls signifikant und groß, die Bearbeitungszeit hat hingegen keinen Einfluss.

ANCOVAs	Unabhängige Variablen (UV) und Kovariaten (KV)	df	F	p	part. $\eta^2$
Posttest	UV Handlungsorientierung (HO)	1, 139	7.45	.007	.051
	UV Selbsterklärung (SE)	1, 139	8.40	.004	.057
	Interaktion HO mit SE	1, 139	0.01	.937	.000
	KV Vorwissen	1, 139	13.03	< .001	.086
	KV Bearbeitungszeit	1, 139	3.72	.056	.026
Follow Up-Test	UV Handlungsorientierung (HO)	1, 139	1.87	.173	.013
	UV Selbsterklärung (SE)	1, 139	4.40	.038	.031
	Interaktion HO mit SE	1, 139	0.49	.483	.004
	KV Vorwissen	1, 139	18.89	< .001	.120
	KV Bearbeitungszeit	1, 139	0.19	.666	.001

Tab. 3. Ergebnisse zweifaktorieller Kovarianzanalysen, jeweils für Posttest und Follow Up mit der abhängigen Variable Wissen.

### Diskussion

Die psychometrischen Gütekriterien sind gut. Die geringen Trennschärfen der Wissensskala weisen auf Subskalen hin. Instrumentelles Handeln unterstützt den physikalischen Wissenserwerb in der Primarstufe, zumindest in der Vorstufe der Ausbildung intendierter mentaler Repräsentationen im Posttest. Längerfristig hat dieser Effekt keinen Bestand. Die Größen der Effekte entsprechen dem Stand der Forschung. Entgegen diesem zeigt sich, dass instrumentelles Handeln auch ohne zusätzliche kognitive Aktivierung wirkungsvoll für den deklarativen Wissenserwerb ist. Instruierte Selbsterklärung unterstützt ebenfalls den physikalischen Wissenserwerb an Bildern und instrumentellem Handeln in der Primarstufe. Der Stand der Forschung zur Wirkung an Bildern wird damit bestätigt. Neu ist die Wirkung der instruierten Selbsterklärung an instrumentellen Handlungen.

*Danksagung: Das Forschungsprojekt wird unterstützt von der Forschungsförderung der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg.*

**Literatur**

- Abrahams, I. & Reiss, M. (2012). Practical Work – Its Effectiveness in Primary and Secondary Schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49 (8), 1035–1055
- Bredderman, T. (1983). Effects of Activity-based Elementary Science on Student Outcomes: A Quantitative Synthesis. *Review of Educational Research*, 53 (4), 499-518
- Bullinger, M. & Staraschek, E. (2015). Beeinflussen Handlungsorientierung und Selbsterklärung den physikalischen Wissenserwerb in der Primarstufe? In H.-J. Fischer, H. Giest & K. Michalik (Eds.), *Bildung im und durch Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 129-134
- Bullinger, M. & Staraschek, E. (2016). Fördert instrumentelles Handeln das Physiklernen in der Primarstufe? Ergebnisse einer Pilotstudie. In C. Maurer (Ed.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. Universität Regensburg, 267-269.
- 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
- Möller, K. (2007). Handlungsorientierung im Sachunterricht. In J. Kahlert (Ed.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 411-416
- Staraschek, E., & Dockhorn, J. (2009). Physiklernen in der Primarstufe durch Selbsterklärungen mit Bildern. In D. Höttecke (Ed.), *Chemie und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. Berlin: LIT, 110-112
- Wöll, G. (2011). *Handeln: Lernen durch Erfahrung. Handlungsorientierung und Projektunterricht*. Baltmannsweiler: Schneider

Simone Abels<sup>1</sup>  
 Christine Heidinger<sup>2</sup>  
 Brigitte Koliander<sup>3</sup>  
 Thomas Plotz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Leuphana Universität Lüneburg  
<sup>2</sup>Universität Wien  
<sup>3</sup>Pädagogische Hochschule Niederösterreich

## **Neon ist doch eine Farbe! Ein Unterrichtsgespräch über den Atombau**

Das fragend-entwickelnde Unterrichtsgespräch ist im naturwissenschaftlichen Unterricht eine gängige Praxis. Warum ist das so? Welches handlungsleitende Wissen lässt Lehrende als auch Lernende hartnäckig an dieser Gesprächsform festhalten? Ausgehend von einem Fall – eine Chemiestunde zum Thema Atombau – wird dieser Frage unter Einsatz der Dokumentarischen Methode (Bohnsack, Nentwig-Gesemann, & Nohl, 2013) nachgegangen. Die Basis stellen dabei Videodaten und Transkripte des Unterrichtsgesprächs dar, an welchen zunächst die formale Struktur der Interaktion sowie die fachinhaltlichen Ober- und Unterthemen des Diskurses herausgearbeitet werden. Der nächste Schritt ist eine reflektierende Interpretation, welche die Art und Weise des Gesprächs analysiert, um den Orientierungsrahmen der Chemielehrerin zu rekonstruieren, der ihr Handeln in dieser Unterrichtssituation leitet.

### **Der Kontext der Studie und das Forschungsfeld**

Während eines Schuljahres wurde der Chemieunterricht von zwei 8. Klassen einer österreichischen integrativen Mittelschule (Klassenstufe 5-8) videogestützt teilnehmend beobachtet.<sup>1</sup> Der Chemieunterricht ist in Halbgruppen organisiert, so dass maximal zehn Schüler\_innen pro Halbgruppe in der Stunde anwesend sind. Aus dem bestehenden Datensatz wurde eine Doppelstunde zur Analyse ausgewählt, in der ein Unterrichtsgespräch zwischen der Lehrerin und sieben anwesenden Schüler\_innen (vier Jungen, drei Mädchen) zum Thema Atombau und Atombindungen stattfindet. Die Gruppe ist in der Doppelstunde überwiegend in einem Gesprächskreis organisiert.

Das Material wurde zur intensiven Analyse ausgewählt, da aufgefallen war, dass selbst an einer integrativen Schule das fragend-entwickelnde Unterrichtsgespräch hoch dominant ist. Die Forschungsgruppe hat die folgenden Forschungsfragen generiert:

- Warum ist das fragend-entwickelnde Unterrichtsgespräch im naturwissenschaftlichen Unterricht eine so gängige Praxis?
- Welches handlungsleitende Wissen lässt Lehrende (als auch Lernende) hartnäckig an dieser Gesprächsform festhalten?

### **Theoretischer Hintergrund zu Unterrichtsgesprächen**

Das fragend-entwickelnde Unterrichtsgespräch ist nach wie vor und trotz vieler gegenläufiger Bemühungen eine der dominierenden Lehr-/Lernformen im naturwissenschaftlichen Unterricht, wie u.a. die IPN-Videostudie eindrücklich belegt hat (Seidel, Prenzel, Rimmele, & Schwindt, 2006). Prenzel et al. (2002) definiert das fragend-entwickelnde Unterrichtsgespräch als Wechselgespräch zwischen Lehrperson und Klasse, das von der Lehrperson auf ein Ziel hin geführt und eingengt wird. Für die Lehrkraft kommt es darauf an, mittels der Beiträge der Schüler\_innen zum Stundenziel zu gelangen, und das bedeutet, einen einzigen Lösungsweg zu erarbeiten. Nur die weiterführenden Aussagen werden aufgegriffen, die anderen ignoriert. Die Kritik an diesem Format formuliert Helmke in einem Interview

---

<sup>1</sup> Die Daten, die für die hier zugrundeliegende kooperative Forschungsarbeit herangezogen wurden, entstammen dem Habilitationsprojekt von Simone Abels (vgl. z.B. Abels, 2015).

(Spiewak, 2005, o.S.): „Die Schüler denken nicht mehr selbst nach, sondern versuchen eher wie Hunde an der kurzen Leine zu erschnüffeln, worauf der Lehrer wohl hinaus will.“ Die intendierte Wissenskonstruktion mutiert zu einem Frage-Antwort-Spiel (Duit, Hepp & Rincke, 2013).

### Zur Datenanalyse

In einem ersten Schritt wurde das ausgewählte Video nach den Regeln von Kuckartz, Dresing, Rädiker und Stefer (2008) transkribiert. Anschließend wurden entlang der Dokumentarischen Methode (Bohnsack et al., 2013) folgende Interpretationsschritte vorgenommen:

1. Formulierende Interpretation – zielt auf das WAS der Interaktion
2. Reflektierende Interpretation – zielt auf die Rekonstruktion der formalen Struktur, dem WIE der Interaktion ab
3. Explikation von handlungsleitenden Orientierungsrahmen – zielt auf das WARUM der Interaktion

#### Formulierende Interpretation

Die Doppelstunde wurde in Unterrichtsphasen eingeteilt und es wurde analysiert, welche Interaktionsform bzw. Methoden und welche fachlichen Inhalte (gegliedert in Ober- und Unterthemen) in welcher Phase vorherrschend sind (verkürzt in Tabelle 1 dargestellt).

Unterrichtsphase	Dauer	Interaktionsform und Methode	Fachbezug
1	20 Min.	Einzelarbeit und Präsentation	Atomaufbau (Wiederholung)
2	50 Min.	Lehrer-Schüler-Gespräch; fragend-entwickelnder Unterricht	Schalenmodell (Wiederholung)
3	15 Min.	Lehrer-Schüler-Gespräch; fragend-entwickelnder Unterricht	Chemische Bindung (neuer Fachinhalt)

Tab. 1: Struktur der Doppelstunde

#### Reflektierende Interpretation

Die Rekonstruktion der formalen Struktur in Unterrichtsphase 2 ergibt folgende Strukturprinzipien: Auf der Ebene der Interaktionsform findet sich ein typischer Lehrer-Schüler-Diskurs im Sinne eines fragend-entwickelnden Unterrichtsgesprächs. Er ist gekennzeichnet durch geschlossene Lehrerfragen, die auf eine erwünschte Antwort abzielen. Das Thema wird dann fortgeführt, wenn die Antwort erfolgt ist. Der Diskurs läuft überwiegend nach dem klassischen IRE-Muster ab (Mortimer & Scott, 2003; s. Transkriptausschnitt unten): initiate (durch die Lehrerin), respond (durch eine/n Schüler/in), evaluate (durch die Lehrerin).

- 1 L: [...] und was ist quasi dann die Ladung vom Kern? (I)  
 2 Sw7: Plus. (R)  
 3 L: Die ist positiv, ok. (E) Also ich habe einen positiven Kern in der Mitte  
 4 und dann habe ich rundherum die? (I)  
 5 Sm3: Negativen. (R)  
 6 L: Die? (E)  
 7 Sw7: Elektronen. (R)

Bezogen auf die fachliche Ebene verläuft das Gespräch in Unterrichtsphase 2 fast nur auf der submikroskopischen Ebene (Johnstone, 2000). Das Unterrichtsziel bildet die objektive Sinnkonstruktion des Faches ab, die von der Lehrerin auf Basis ihres Fachwissens, der Kenntnis von Curricula, Schulbüchern etc. vertreten wird (vgl. Bonnet, 2009). In einem

gelingenden Fachunterricht würde diese objektive Sinnkonstruktion mit den subjektiven, lebensweltbezogenen Sinnkonstruktionen der Schüler\_innen verhandelt werden. Es ist allerdings keine Bedeutungsaushandlung in dieser Richtung erkennbar. Das wird dadurch sichtbar, dass für die Schüler\_innen keine Klärung bezüglich Protonen, Neutronen und Elektronen stattfindet, sie können weder die Ladungen noch die Masse oder den Aufenthaltsort im Atom sicher zuordnen und verwechseln im Gespräch immer wieder diese Teilchen. Auch werden keine Bezüge hergestellt zur Phänomenebene der Chemie oder anderen Erfahrungsbereichen, welche den Schüler\_innen vertrauter wären als die submikroskopische Ebene.

Darüber hinaus zeigt die Analyse der formalen Struktur, dass das Gespräch eine sehr hohe Interaktionsdichte (hohe Anzahl an Sprecher\_innenwechsel) besitzt und Frage und Antwort in einem schnellen Tempo auf einander folgen. Im Evaluationsschritt vermeidet die Lehrerin durchgängig Abwertungen und Zurückweisungen. Sie nutzt stattdessen Verstärkungen, Wiederholungen oder Lückensätze (z.B. Zeile 4 im Transkript). Sie tritt auch fast nie als Zeigende, Belehrende oder Erklärende auf. Sie nimmt keine fachlichen Setzungen vor, ehe die Antwort nicht von den Schüler\_innen kommt (Z. 9-10). Um die Schüler\_innen zu den richtigen Antworten zu bringen, operiert die Lehrerin mit sprachlichen, mathematischen, diskursiven (L: „Wenn ich schon so frage ...“) und Ausschlusslogiken. Die Kommunikation der Diskursteilnehmenden wird von unbestimmten Begriffen („das ist negativ“ statt „das Elektron ist negativ geladen“) geprägt. Selten wird von Seiten der Lehrerin oder der Schüler\_innen nach Explikation von Unverstandenem und Mehrdeutigem gefragt.

#### *Explikation des Orientierungsrahmens*

Die herausgearbeiteten Strukturmerkmale des untersuchten Unterrichts lassen uns folgenden zentralen Orientierungsrahmen der Lehrerin identifizieren, der ihr unterrichtliches Handeln implizit leitet: *Chemievermittlung soll in allen Phasen und unabhängig vom Unterrichtsziel partizipativ (nicht autoritär) sein.* Die Lehrerin möchte nicht indoktrinierend wirken, sondern durch bestimmte Beteiligungsmechanismen Partizipation herstellen.

Gruschka (2013) kommt in seiner groß angelegten Untersuchung vieler Fächer der 8. Schulstufe zu identen Strukturmerkmalen: „*Als läge über dem Unterricht ein Tabu des Zeigens, wird die vom Lehrenden auszugehende Erhellung, Erklärung und Verdichtung nicht mehr gegeben. Die Schüler müssen selbst draufkommen*“ (Gruschka, 2013, S. 280f.). Der hier identifizierte Orientierungsrahmen „Partizipationsermöglichung“ ist somit möglicherweise der Habitus von heutigen Lehrpersonen. Einem Habitus lässt sich auf der Ebene des „Wie“ (z. B. durch Hatties (2009) Forderung nach mehr direkter Instruktion) nur bedingt begegnen. Fortbildungen, die auf der Ebene von Methoden und Unterrichtsansätzen agieren, wirken über die bloße Darstellung des „Wie“ nicht handlungsändernd. Der Orientierungsrahmen von Lehrer\_innen scheint davon unberührt zu bleiben, was zukünftige Forschungsprojekte und Fortbildungen adressieren müssen.

**Literatur**

- Abels, S. (2015). Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht in der Lernwerkstatt Donaustadt. In C. Siedenbiedel & C. Theurer (Eds.), *Grundlagen inklusiver Bildung. Teil 1. Inklusive Unterrichtspraxis und -entwicklung* (Vol. 28, pp. 125-134). Immenhausen bei Kassel: Prolog.
- Bohnsack, R., Nentwig-Gesemann, I., & Nohl, A.-M. (Eds.) (2013). *Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung* (3rd ed.). Wiesbaden: Springer.
- Bonnet, A. (2009). Die Dokumentarische Methode in der Unterrichtsforschung: ein integratives Forschungsinstrument für Strukturrekonstruktion und Kompetenzanalyse. *Zeitschrift für Qualitative Forschung*, 10(2), 219-240. <http://nbnresolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-339871> (15.09.2016)
- Duit, R., Hepp, R., & Rincke, K. (2013). Guter Frontalunterricht - lehrerzentrierte Phasen als wichtige Elemente guten Physikunterrichts. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, (135/136), 4-11.
- Gruschka, A. (2013). *Unterrichten – eine pädagogische Theorie auf empirischer Basis*. Leverkusen: Barbara Budrich.
- Hattie, J. (2009). *Visible Learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Oxon: Routledge.
- Kuckartz, U., Dresing, T., Rädiker, S., & Stefer, C. (2008). *Qualitative Evaluation. Der Einstieg in die Praxis*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press.
- Popp, S. (2001). Das sokratische Gespräch - Eine Methode der diskursiven Begriffsklärung. [http://alt.sowi-online.de/methoden/lexikon/sokratisches\\_gespraech\\_popp.htm](http://alt.sowi-online.de/methoden/lexikon/sokratisches_gespraech_popp.htm) (15.09.2016)
- Prenzel, M., Seidel, T., Lehrke, M., Rimmel, R., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Müller, C., & Widodo, A. (2002). Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht – eine Videostudie. In M. Prenzel & J. Doll (Eds.), *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen* (S. 139-156). Weinheim u.a.: Beltz.
- Seidel, T., Prenzel, M., Rimmel, R., & Schwindt, K. (2006). Unterrichtsmuster und ihre Wirkungen. Eine Videostudie im Physikunterricht. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Eds.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 99-126). Münster: Waxmann.
- Spiewak, M. (2005). *Vibrierende Pädagogen: Was ist besser: Frontalunterricht oder Gruppenarbeit, selbstständig lernen oder diszipliniert pauken? Ein Gespräch mit dem Schulforscher Andreas Helmke über die Klischees des Lehrens*. <http://www.zeit.de/2005/30/B-Helmke-Interview> (15.09.2016)
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 14, 156-168.

Gabriele Hornung<sup>1</sup>  
 Christoph Thyssen<sup>2</sup>  
 Jochen Mayerl<sup>3</sup>  
 Henrik Andersen<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fachdidaktik Chemie TU Kaiserslautern  
<sup>2</sup>Fachdidaktik Biologie TU Kaiserslautern  
<sup>3</sup>Emp. Sozialforschung TU Kaiserslautern

### **Auswirkung universitärer Ausbildung auf das Experimentierverhalten von Chemie- und Biologie-Referendarinnen und Referendaren**

Im MINT-Bereich weisen die Naturwissenschaften mit der Arbeitstechnik „Experimentieren“ ein charakteristisches Alleinstellungsmerkmal auf, aus dem der Bedarf für eine spezifische Vorgehensweise in diesen Fächern resultiert. Im Zuge der Reform der universitären Lehramtsausbildung in Rheinland-Pfalz wurden fachdidaktische und bildungswissenschaftliche Lehrveranstaltungen aufgewertet und im Gegenzug fachwissenschaftliche Ausbildungsinhalte gekürzt. Derzeit liegen wenige Erkenntnisse vor, wie sich die Reform auf die zweite Ausbildungsphase, die damit verbundenen Ausbildungskonzepte und deren Einfluss auf die Berufspraxis von Referendarinnen und Referendaren oder ausgebildeten Lehrkräften auswirkt (Metzger 2007). Es fehlen aussagekräftige Daten, die belegen, ob universitäre Ausbildung im Bereich des „Experimentierens“ in der Praxis Auswirkung hat. Eine aktuelle bundesweite Befragung von Fachleiterinnen und Fachleiter zu elementaren experimentellen Fähigkeiten und Fertigkeiten von Referendarinnen und Referendaren legte offen, dass ihre fachdidaktische und handwerkliche Experimentalbildung für die Schulpraxis offensichtlich nicht ausreicht (Friedrich 2016). Weiterhin findet man in diesem Zusammenhang allgemeine Beurteilungen von Referendarinnen und Referendaren zum Nutzen des absolvierten Studiums (Lersch 2006). In einer weiteren Befragung gaben Fachleiterinnen und Fachleiter in Studienseminaren an, dass sie die Kompetenzen neuer Referendarinnen und Referendare anhand des Studienortes eingrenzen können (Hilfert-Rüppell & Looß 2013), empirische Daten, die etwaige Unterschiede belegen, fehlen jedoch. In dem empirischen Forschungsprojekt EVA3PLUS (Evaluation von Einstellung, Verhalten und Absichten zu Experimenten, Versuchen & Arbeitsweisen in der Phasenübergreifenden Lehrerbildung an Universität und Schule) wird in einer Längsschnittstudie mit quasi-experimentellem Design die Wirksamkeit der reformierten Lehrerbildung hinsichtlich des Experimentierverhaltens von Referendarinnen und Referendaren in Rheinland Pfalz untersucht.

Auf Basis der Theorie des geplanten Verhaltens (TPB) nach Fishbein und Ajzen (2010) (Abb. 1) werden im Rahmen des durch das Land Rheinland-Pfalz geförderten Forschungsprojektes „EVA3PLUS“ Ursachen für den Einsatz von Experimenten im Chemie- und Biologie-Unterricht mittels Tablet-Befragung erhoben (z.B. Daten zu Bachelor/Master- vs. Staatsexamens-Ausbildung, Ausbildungsort, Fächerkombination, Genderaspekte, Abschlussnoten, subjektive Einstellungen) und für die Identifikation von entscheidenden Prädiktoren genutzt.

Aus den Ergebnissen der empirischen Analyse von verhaltenstheoretischen Erklärungsmodellen können gezielt mögliche Konsequenzen für die universitäre Lehramtsausbildung abgeleitet werden. Die Zwischenergebnisse der Befragungen (November 2013 bis Juli 2016) von N=137 Referendarinnen und Referendaren belegen eindeutig den Einfluss universitärer Ausbildung auf den Einsatz von Experimenten sowohl im Chemie- als auch im Biologieunterricht (vgl. Abb.1). Neben der empirischen Überprüfung von Ursachen des Experimentierens ist die Einschätzung der Qualität der universitären Ausbildung in Bezug auf die Vorbereitung auf die Schulpraxis durch die Referendarinnen und Referendare von zentraler Bedeutung. In Abbildung 2 sind die Einschätzungen der Referendarinnen und Referendare (getrennt nach Biologie vs. Chemie und Bachelor/Master vs. Staatsexamen) für die in RLP (mehr als 85% der Befragten studierten an Universitäten in RLP) abzugrenzenden drei Aus-

bildungsbereiche Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften aufgeführt. Insgesamt schätzen die BA/MA-Absolventen die fachdidaktische und bildungswissenschaftliche Ausbildungsqualität statistisch signifikant höher ein als die Staatsexamens-Absolventinnen und Absolventen. Die fachwissenschaftliche Qualität wird von den BA/MA-Absolventen jedoch signifikant niedriger eingeschätzt (wenn auch auf einem hohen Niveau).

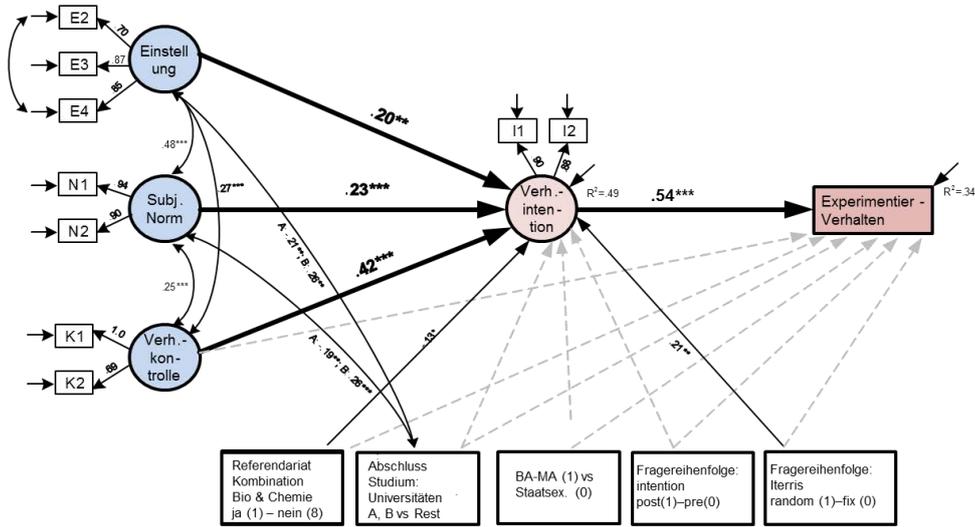


Abb.1: Verhaltenstheoretisches Kausalmodell: Theory of Planned Behavior (TPB), (Fishbein & Ajzen 2010 für Chemie Referendarinnen und Referendare). Standardisierte Koeffizienten: \*\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*  $p < 0,10$ .

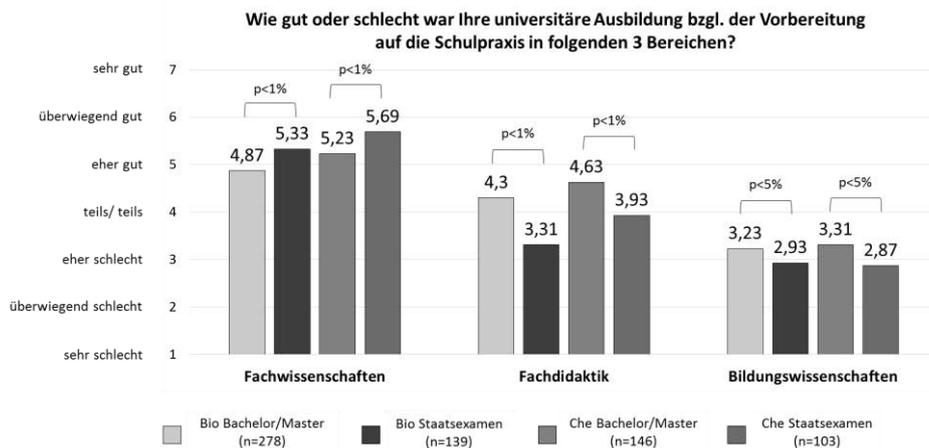


Abb. 2: Vergleich der Praxistauglichkeit einzelner Ausbildungsbereiche im Staatsexamens- und Bachelor/Master-System. Befragt wurden Studierende der Fächer Biologie und Chemie

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die manifesten Indikatoren, die zur Messung der theoretischen Konstrukte aus Abb. 1 verwendet wurden, aufgeführt.

Konstrukt	Indikatoren	Antwortskalierung
Verhaltens-einstellung	<b>E2:</b> Häufig Experimente in meinem Unterricht durchführen finde ich insgesamt nachteilig.	7er-Skala 1: stimme überhaupt nicht zu... 7: stimme voll und ganz zu
	<b>E3:</b> Ich halte es für überaus sinnvoll, in meinem Unterricht viele Experimente durchzuführen	7er-Skala (s.o.)
	<b>E4:</b> Alles in allem finde ich es eher unnötig, oft Experimente im Unterricht durchzuführen.	7er-Skala (s.o.)
Subjektiv wahrgen. Norm	<b>N1:</b> Die für mich wichtigsten Menschen finden es sehr gut, wenn ich häufig Experimente im Unterricht durchführe.	7er-Skala (s.o.)
	<b>N2:</b> Die meisten Menschen, deren Meinung ich sehr schätze, denken, dass ich oft Experimente im Unterricht durchführen sollte.	7er-Skala (s.o.)
Verhaltens-kontrolle	<b>K1:</b> Alles in allem ist es für mich sehr einfach, Experimente im Unterricht durchzuführen.	7er-Skala (s.o.)
	<b>K2:</b> Ich bin vor das Problem gestellt, wenn ich Experimente in meinem Unterricht durchführen möchte.	7er-Skala (s.o.)
Verhaltens-intension	<b>I1:</b> Wenn Sie nun an Ihren Chemie-Unterricht in den kommenden 6 Monaten denken: Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass Sie pro Klasse jede 5. Unterrichtsstunde oder häufiger Experimente durchführen werden?	7er-Skala (s.o.) 1: extrem unwahrscheinlich...7: extrem wahrscheinlich
	<b>I2:</b> Und was beabsichtigen Sie in den kommenden 6 Monaten Ihres Chemie-Unterrichts? Wie oft wollen Sie Experimente in Ihrem Unterricht durchführen?	12er-Skala: 1: nie...7: gut jede 4. Stunde...12: fast jede Stunde
Verhalten	<b>Verhalten:</b> Denken Sie bitte an die vergangenen 6 Monate Ihres Chemie-Unterrichts: Wie oft haben Sie Experimente in Ihrem Unterricht durchgeführt? Geben Sie den Anteil Ihrer gesamten Chemie-Unterrichtsstunden an, in denen Sie Experimente durchgeführt haben.	12er-Skala: 1: nie...7: gut jede 4. Stunde...12: fast jede Stunde

*Tab. 1: Übersicht der verwendeten Konstrukte und Indikatoren*

**Literatur:**

- Fishbein, M., Ajzen, I. (2010). Predicting and changing behavior: The reasoned action approach. New York: Psychology Press.
- Friedrich, J. (2016). Gefahrstoffe und Experimentalkompetenz in der Schule. Nachrichten aus der Chemie, 64/Februar; 145-148.
- Hilfert-Rüppell, D., Looß, M. (2013). Fach(seminar)leiter im Interview: Welche Basis braucht die zweite Phase? In: J. Mayer, M. Hammann, N. Wellnitz, J. Arnold & M. Werner (Hrsg.), Theorie - Empirie - Praxis. 19. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBio, 42–43. Kassel.
- Lersch, R (2006). Lehrerbildung im Urteil der Auszubildenden. Eine empirische Studie in beiden Phasen der Lehrerbildung. In C. Alleman-Ghionda, E. Terhart (Hrsg.), Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern. Ausbildung und Beruf. Beiheft 51 der Zeitschrift für Pädagogik, 164–181. Beltz Verlag, Weinheim und Basel.
- Metzger, S. (2007). In der Schweiz ist alles besser!? In D. Höttecke (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. 33. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP) vom 18. bis 21. September 2006 in Bern, 445–447. Berlin: Lit Verlag.

Dr. Rainer Wackermann<sup>1</sup>  
 Philip Timmerman<sup>1</sup>  
 Prof. Dr. Heiko Krabbe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ruhr-Universität Bochum

### **Wartezeiten nach Fragen von Physiklehrkräften in unterschiedlich langen Schulstunden (45 vs. 60/90 Minuten)**

#### **Hintergrund und Forschungsfragen**

Der Physikunterricht in Deutschland ist geprägt durch ein fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch. (Seidel, Prenzel, Rimmel, Dalehefte, Herweg, Kobarg & Schwindt 2006; Labudde & Duit 2007). Charakteristisches Element dieser Interaktion von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern ist die Wartezeit nach Fragen. Allgemein werden zwei verschiedene Wartezeiten unterschieden (Helmke 2009):

- Wartezeit 1 (W1): Zeit zwischen einer Frage seitens der Lehrkraft und einer Antwort seitens eines Schülers.
- Wartezeit 2 (W2): Zeit nach einer Antwort eines Schülers und der nächsten Frage oder Aufforderung seitens der Lehrkraft.

Die durchschnittliche Wartezeit von Lehrkräften, die nicht für Wartezeiten sensibilisiert wurden, beträgt ungefähr eine Sekunde für beide Wartezeiten W1 und W2 (Rowe 1974). Es gibt empirisch begründete Vorschläge für optimale Wartezeiten von im Mittel mehr als drei Sekunden, siehe Tabelle 1 (Rowe 1974, Tobin 1987, Helmke 2009). Bei der Wartezeit W1 hat es sich zudem als relevant erwiesen, zwischen High- und Low-Level-Fragen entsprechend Bloom's Taxonomie zu unterscheiden.

	W1 – Low-Level Fragen	W1 – High-Level Fragen	W2
Optimale Wartezeit	3–4 Sekunden	Bis zu 15 Sekunden	Mehr als 3 Sekunden

*Tab. 1: Optimale Wartezeiten*

Wenn die Wartezeiten derart optimal sind, werden verschiedene, positive Konsequenzen berichtet: SuS geben längere und elaboriertere Antworten, beziehen sich mehr aufeinander und insgesamt wird die Leistung der SuS gesteigert. In Konsequenz erlaubt die einfache Messung von Wartezeiten eine Einschätzung der Qualität des Unterrichtsgesprächs.

Des Weiteren ist in jüngerer Zeit die Verlängerung von Physikunterrichtsstunden Gegenstand der Forschung (Stender, Geller, Neumann & Fischer 2013; Zander, Krabbe & Fischer 2014; Wackermann & Hater 2016). Beispielsweise berichten Zander et al. (2014), dass Lernprozesse nur in 90-minütigen Unterrichtsstunden abgeschlossen werden, wenn die Lehrkräfte zusätzlich ein spezielles Training absolvieren. Wackermann & Hater (2016) berichten, dass 60-minütige Unterrichtsstunden eine höhere didaktische Vielfalt aufweisen und beispielsweise Verbesserungen hinsichtlich Schülerexperimentierphasen aufweisen. Diese Befunde erlauben den Schluss, dass auch andere Veränderungen des Unterrichts wie Veränderungen der Wartezeiten nach Fragen aufgrund von Stundenverlängerung denkbar sind. Deshalb formulieren wir die folgende Forschungsfrage:

Führt eine Verlängerung von Physikunterrichtsstunden zu längeren Wartezeiten W1 und W2?

#### **Methodisches Vorgehen**

Für die Untersuchung steht eine Gelegenheitsstichprobe aus vier Lehrkräften von zwei Gymnasien zur Verfügung, von denen es jeweils ein kurzes und ein langes Unterrichtsvideo (45 vs. 60/90 Minuten) gibt. Alle vier Lehrkräfte nahmen 2005/06 an einer Videostudie teil

(Wackermann, Trendel & Fischer 2010), in deren Rahmen 45-minütige Unterrichtsvideos in einer 9. Klasse aufgenommen wurden. 2009 stellten beide Schulen auf längere Physikunterrichtsstunden (60 bzw. 90 Minuten) um. 2010/11 bzw. 2013/14 wurden erneut Videos jeweils in 9. Klassen aufgenommen. Die Videos wurden bereits in anderer Hinsicht von Hausen, Wackermann & Krabbe (2015) sowie von Wackermann & Hater (2016) untersucht. Für diese Studie wurde ein Subsample von jeweils einem kurzen und einem langen Unterrichtsvideo ausgewählt, so dass die Stichprobe aus  $n=8$  Videos besteht. Dabei machen wir die Annahme, dass Unterricht aus verschiedenen Jahren mit verschiedenen Klassen, aber von denselben Lehrkräften, in Bezug auf die mittlere Wartezeit vergleichbar ist. Wartezeit wurde zu keinem Zeitpunkt gegenüber den Lehrkräften erwähnt. Der Unterricht aller vier Lehrkräfte zeichnet sich zu beiden Zeitpunkten durch gutes Classroom-Management und eine schülerzugewandte Haltung aus. Ziel dieser Studie ist in Anbetracht der kleinen Stichprobe das Aufstellen einer empirisch begründeten Hypothese, ob es sich bei der Wartezeit nach Fragen eher um ein stabiles Charakteristikum handelt wie andere Elemente der Lehrkräfte-Schüler-Interaktion (Seidel & Prenzel 2006).

Unabhängige Variable ist die Stundenlänge (45 vs. 60/90 Minuten), abhängige Variablen sind die Wartezeiten W1 und W2. Zusätzlich bzw. als Kontrolle werden betrachtet der Zeitanteil von Klassengespräch an der Gesamtunterrichtszeit als ein einfaches Maß für die Strukturgleichheit der verschiedenen langen Videos, das Verhältnis des Redeanteils von Lehrkräften zu Schülern als ein Maß für die Dominanz der Lehrkräfte, und schließlich die Anzahl bzw. Dichte der Lehrkräftefragen in einer Stunde als ein einfaches Maß für das Level der Fragen, da wir davon ausgehen, dass bei hoher Dichte das Fragelevel eher niedrig sein müsste. Transkribiert werden die Dialoganteile der Videos, Zeitmarken werden mit einer Genauigkeit von einer halben Sekunde gesetzt. Eine Beurteilerübereinstimmung für drei Videos ist mit 0,92 nach Holsti sehr zufriedenstellend. Die geplante Auswertung geschieht durch Deskription bei den Kontrollvariablen bzw. durch Mittelwertbildung pro Stunde je Lehrkraft und t-Tests auf Unterschiede bei den Wartezeiten.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse werden gemeinsam für die Kontroll- und die Untersuchungsvariablen in Tabelle 2 dargestellt.

Lehrkraft	Stundenlänge	Zeitanteil Klassengespräch	Redeanteile Lehrkräfte zu Schüler	Anzahl Fragen Lehrkraft	Mittelwert W1 (ss:ms)	Effektstärke (falls signif.)	Mittelwert W2 (ss:ms)	Effektstärke (falls signif.)
H	45 min	58%	3.3	30	02:20		01:03	0,5 *
	90 min	29%	1.4	51	01:56		01:21	
W	45 min	61%	3.3	81	02:11	0,6 *	02:02	-0,3 *
	90 min	45%	2.5	109	03:27		01:29	
P	45 min	54%	8.4	54	02:30		01:09	
	60 min	66%	8.9	96	02:08		01:11	
S	45 min	49%	1.4	18	01:36		01:37	-0,6 *
	60 min	48%	2.4	26	01:55		01:03	

*Tabelle 2: Ergebnisse Kontroll- und Untersuchungsvariablen*

Ergänzend liegen die maximal gemessenen Wartezeiten  $W_1$  für die Lehrkräfte H, W und P im Bereich von 12-18 Sekunden und für Lehrkraft S bei 4 (45 Min) bzw. 6 Sekunden (90 Min).

### **Diskussion**

Das Klassengespräch nimmt in allen untersuchten Videos einen großen Teil des Unterrichts ein, die Lehrkräfte dominieren das Klassengespräch, und die hohe Zahl an Fragen deutet auf ein eher geringes Fragelevel hin. Andererseits liegt die maximal gemessene Wartezeit  $W_1$  für drei Lehrkräfte im Bereich angemessener Wartezeiten für high-level-Fragen, so dass das Fragelevel einen gewissen Umfang haben könnte. Insgesamt weisen die untersuchten Unterrichtsvideos einen genügend hohen Anteil an Klassengespräch und genügend viele Fragen auf, um sinnvoll mittlere Wartezeiten berechnen zu können. Bei Lehrkraft H deutet sich zudem eine andere Unterrichtsstruktur an.

Für alle vier Lehrkräfte und sowohl bei kurzen wie bei langen Unterrichtsstunden betragen die mittleren Wartezeiten  $W_1$  und  $W_2$  zwischen einer und drei Sekunden und liegen damit etwas über dem in der Literatur berichteten Durchschnitt für nicht sensibilisierte Lehrkräfte. Es gibt vier statistisch signifikante Veränderungen in der Wartezeit zwischen kurzen und langen Unterrichtsstunden, zwei Verlängerungen und zwei Verkürzungen. Die entsprechenden Effektstärken sind klein bis mittel.

### **Fazit, Grenzen der Arbeit und Ausblick**

Da die Wartezeiten annähernd gleich bleiben, scheint die Wartezeit eher ein stabiles und individuelles Lehrkräftecharakteristikum zu sein, was nicht mit der äußeren Stundenlänge variiert. Die Ergebnisse der Kontrollvariablen weisen zudem auf eine in Teilen möglicherweise veränderte Struktur der längeren Unterrichtsstunden hin. Dies korrespondiert mit Ergebnissen von Wackermann & Hater (2016) und anderen, wonach die Lehrkräfte die zusätzlich zur Verfügung stehende Unterrichtszeit individuell unterschiedlich nutzen. Besonders bei Lehrkraft H deutet sich eine veränderte Unterrichtsstruktur an. Für Lehrkraft S, die am wenigsten Fragen stellt, ist eine mittlere Wartezeitenberechnung vielleicht nur eingeschränkt sinnvoll.

Die größte Limitierung dieser Arbeit liegt sicherlich in der kleinen Stichprobengröße, und in der Tatsache, dass von jeder Lehrkraft nur jeweils ein kurzes und ein langes Video untersucht wurden. Untersuchenswert erscheint auch eine anderweitige, qualitative Einschätzung des Fragelevels. Als Ausblick ist geplant, weitere kurze und lange Videos derselben Lehrkräfte auszuwerten, möglicherweise ergänzt um eine inhaltliche Analyse des Levels der Fragen.

### **Danksagung**

Besonderer Dank geht an die beteiligten Lehrkräfte und ihre jeweiligen Klassen, die durch ihre engagierte Mitarbeit diese Studie überhaupt erst ermöglichten! Dank geht auch an Prof. Dr. K. Göbel für die interessante Anregung für diese Studie!

**Literatur**

- Hausen, C, Wackermann, R. & Krabbe, H. (2016). Einfluss von 90-minütigen Unterrichtsstunden auf die Qualität von Physikunterricht. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 602).
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität & Lehrerprofessionalität*. Seelze-Velber: Kallmeyer/Klett/Friedrich.
- Labudde, P. & Duit, R. (2007). Zum Design einer bi-nationalen Videostudie zum Physikunterricht. In D. Höttecke (Ed.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich* (pp. 631-633). Münster: Lit.
- Rowe, M. B. (1974). Wait-time and rewards as instructional variables, their influence on language, logic and fate control: Part one – wait-time. *Journal of Research in Science Teaching*, 11 (2), 81–94.
- Seidel, T., & Prenzel, M. (2006). Stability of teaching patterns in physics instruction: Findings from a video study. *Learning & Instruction*, 16, 228 -240.
- Stender, A., Geller, C., Neumann, K., & Fischer, H. (2013). Der Einfluss der Unterrichtstaktung auf die Strukturiertheit und Abgeschlossenheit von Lernprozessen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, S. 189-208.
- Tobin, K. (1987). The Role of Wait Time, Cognitive Level Learning. *Review of Educational Research*, 57 (1), 69–95.
- 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. & J. Hater (2016). Der Einfluss der Stundenlänge (45 vs. 60 Minuten) auf ausgewählte Aspekte der Unterrichtsqualität im Physikunterricht am Gymnasium. doi:10.1016/j.pisc.2015.12.009.
- Zander, S., H. Krabbe & H. E. Fischer (2014). Mehr lernen durch eine bessere Sequenzierung des Physikunterrichts bei verlängerter Unterrichtstaktung. Abstract für die 2. Jahrestagung der Gesellschaft für Empirische Bildungsforschung (GEBF).

Friederike Korneck  
Eva Cauet  
Christoph Kulgemeyer  
Oliver Tepner

Goethe-Universität Frankfurt  
Universität Koblenz-Landau  
Universität Bremen  
Universität Regensburg

## Zusammenhang von Lehrerkompetenz und -handeln: Probleme und Ansätze

Untersuchungen der Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften sowie des Einflusses der Kompetenz auf die Qualität des Unterrichtshandelns und Schüler-Outcome sind notwendige Aufgaben und Herausforderungen, denen sich die Naturwissenschaftsdidaktiken in mehreren Forschungsprojekten gestellt haben.

Im Rahmen der GDCP-Tagung 2014 wurden im Vortragsstrang „Lehrerkompetenz“ die bisherigen Ergebnisse zu diesem Themenkomplex in den Naturwissenschaften vorgestellt und im anschließenden Workshop „Fachbezogene Lehrkompetenzforschung“ diskutiert. Dabei waren die Chancen und Grenzen der prognostischen Validität bestehender Erhebungsinstrumente ein Diskussionsschwerpunkt. Ziel des Workshops war es, auf Basis des bisherigen Forschungsstands Herausforderungen und Desiderata für das Forschungsgebiet zu formulieren, Forschungsk Kooperationen zu initiieren sowie die Gewinnung von und den Umgang mit Probanden in zukünftigen Forschungsprojekten zu diskutieren. Da dies die Kapazität eines Workshops bei Weitem übersteigt, wurde darüber nachgedacht, eine GDCP-Schwerpunkttagung zu organisieren, um Ideen und Methoden zu entwickeln, wie sich zukünftige Forschungsprojekte zur Professionalisierung von Lehrkräften besser gegenseitig unterstützen können. Diese Vorschläge reichten von der teilweise bereits erfolgten gegenseitigen Bereitstellung von Erhebungsinstrumenten und Kooperationen zur gegenseitigen Validierung von Instrumenten, über Unterstützung bei der Probandenakquise oder beim Expertenrating bis hin zur Zusammenführung von Datensätzen. Obwohl die geplante Tagung aus terminlichen Gründen und wegen der Konkurrenz anderer Schwerpunkttagungen im Jahr 2015 nicht zustande kam, wurde eine Vielzahl der Anregungen des Workshops in verschiedenen Forschungsgruppen weiterverfolgt.

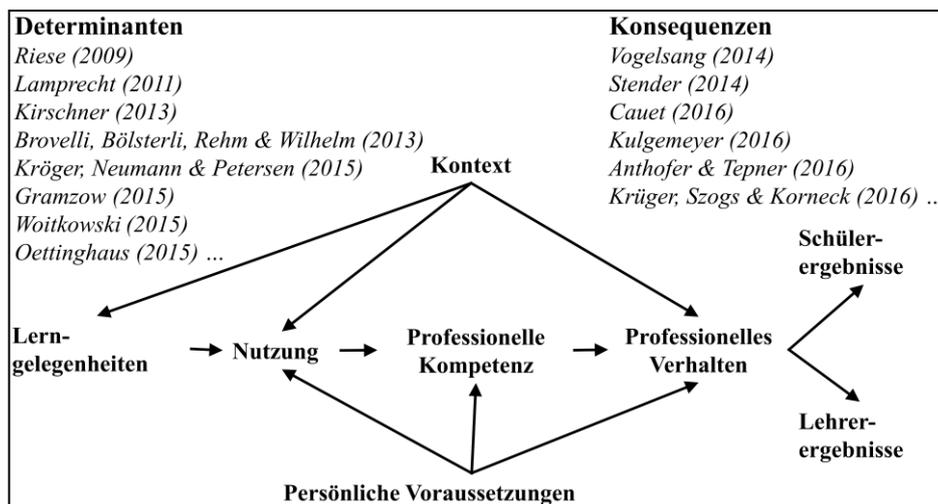


Abb.1: Modell der Determinanten und Konsequenzen der professionellen Kompetenz nach Kunter et al (2011)

Seit dem Workshop wurden verschiedene Projekte abgeschlossen und Folgeprojekte initiiert. Abbildung 1 ordnet (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) verschiedene Projekte, die in der Chemie- und Physikdidaktik das Professionswissen und die Lehrerüberzeugungen untersuchen, in das Modell der Determinanten und Konsequenzen der professionellen Kompetenz von Lehrkräften (Kunter et al. 2011) ein.

Auf der Seite der Determinanten professioneller Kompetenz finden sich vor allem Validierungsstudien von Erhebungsinstrumenten für die Bereiche Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und Überzeugungen. Dabei erfolgt die Validierung meist über Expertenbefragungen, den Vergleich bekannter Gruppen mit zu erwartenden Fähigkeitsunterschieden oder durch Zusammenhangsanalysen zwischen den Dimensionen des Professionswissens (vgl. z.B. Riese, 2009). Untersuchungen, wie die Studie proΦ, die professionelle Kompetenzen von Lehramtsabsolventen und von Quereinsteigern ins Referendariat vergleicht, und damit die Auswirkungen von Fach- und Lehramtsorientierung des Studiums untersucht, weisen allerdings auf mögliche Validitätsprobleme hin. Dies gilt insbesondere für Kompetenztests für das fachdidaktische Wissen. So konnte beispielsweise kein Zusammenhang zwischen der Lehramtsorientierung eines Studienganges und dem fachdidaktischen Wissen nachgewiesen werden (Oettinghaus, Lamprecht & Korneck 2014; Oettinghaus, 2015).

Erste Studien, die auf der Seite der Konsequenzen der professionellen Kompetenz den Zusammenhang zwischen Professionswissen und Unterrichtsqualität untersuchten, bestätigten die Problemlage, indem sie sehr heterogene Ergebnisse lieferten und meist keine Zusammenhänge zwischen dem fachdidaktischen Wissen bzw. dem Fachwissen von Lehrenden und Aspekten des Unterrichtshandelns oder Schülerleistungen nachweisen konnten (Ergönenç, Neumann & Fischer, 2014; Vogelsang, 2014, Cauet, 2016). So fand z.B. Vogelsang (2014), mit Ausnahme für das erziehungswissenschaftlichen Wissen, das mit verschiedenen Performanzdimensionen signifikant korrelierte, keine Korrelationen zwischen Wissen und Performanz.

Das Symposium hatte das Ziel, aktuelle Studien zum Zusammenhang von Professionswissen, Überzeugungen und Lehrerhandeln bzw. Unterrichtsqualität zu diskutieren und so an den Workshop 2014 anzuknüpfen.

Den Auftakt des Symposiums bildete eine kritische Diskussion der bisherigen Forschungsstrategien sowie der Aussagekraft der erzielten Ergebnisse in Bezug auf die Wirksamkeit der Lehrerbildung. Exemplarisch werden am Beispiel einer Teilstudie aus ProWiN Einschränkungen der Forschungsmethodik benannt und ihre Auswirkungen auf die Qualität und die Interpretierbarkeit der Ergebnisse diskutiert (Cauet, Borowski & Fischer, in diesem Band).

Ausgehend von diesen Befunden werden in zwei weiteren Beiträgen verschiedene Ansätze dargestellt, die durch methodische bzw. inhaltliche Standardisierungen Probleme bei der Erhebung des Unterrichtshandelns reduzieren, die sich durch Analysen von Regelunterricht ergeben. So erfolgt die Erhebung der Unterrichtsqualität in der Studie Φactio mit Hilfe eines hoch-inferenten Videoratings von sogenannten „Unterrichtsminiaturen“, d.h. von Physikunterricht, der sowohl hinsichtlich seiner Länge, seines Inhalts und der Anzahl der Schüler standardisiert wurde. Zudem erfolgt der Unterricht in den Lehrkräften unbekanntem Klassen. Die Qualität dieses Unterrichts wurde mit verschiedenen Dimensionen der Lehrerüberzeugungen sowie des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens in Zusammenhang gebracht (Krüger, Szogs & Korneck, in diesem Band).

Mit ProfiLe-P untersucht ein weiteres Projekt standardisierte Situationen des Physikunterrichts, in diesem Fall das Erklären von Physik. Dazu wurde mit Performanztests die Qualität des Handelns in Erklärsituationen erfasst und der Einfluss von Fachwissen und

fachdidaktischem Wissen auf die Handlungsqualität analysiert (Kulgemeyer, in diesem Band).

Der Grad der Standardisierung bzw. der Komplexität des Unterrichtshandelns liegen bei Unterrichtsminiaturen zwischen dem Regelunterricht und den standardisierten Performanztests. Während Performanztests auf eine bestimmte Unterrichtssituation, in diesem Fall das Erklären von Physik fokussieren, weisen Unterrichtsminiaturen verschiedene Merkmale des Physikregelunterrichts auf (Korneck et al., 2016). Durch die gewählten Standardisierungen können beide Studien Kompetenzen und Unterrichtshandeln einer großen Anzahl von Probanden analysieren und sind damit auch in der Modellierung der Zusammenhänge flexibler. Die Ergebnisse beider Projekte, die in standardisierten Unterrichtssituationen erheben, sind insofern vielversprechend, dass sie signifikante Zusammenhänge zwischen den Kompetenzen der Lehrkräfte und den verschiedenen Basisdimensionen der Unterrichtsqualität bzw. ihrer Erklärperformanz nahelegen. Beiden Projekten ist ebenfalls gemein, dass neben den zwei Kompetenzbereichen des Professionswissens die Überzeugungen der Lehrkräfte eine wichtige Rolle spielen. Diese gilt es zukünftig bei der Untersuchung der Qualität des Unterrichtshandelns, aber auch der Entwicklung von Kompetenzen, mehr in den Blick zu nehmen.

Das Projekt ProWiN 2, das im vierten Beitrag des Symposiums vorgestellt wird, nutzt zwar keine standardisierten Unterrichtssituationen, aber es nimmt mit der Konzentration auf den Umgang mit Experimenten und Modellen im Fach Chemie eine ausgewählte Perspektive auf den Unterricht ein, indem es experimentierspezifische Qualitätsmerkmale, wie z.B. Schülerorientierung oder Instruktionseffizienz, untersucht (Strübe, Tepner, Sumfleth, in diesem Band).

Die nachfolgenden Beiträge geben damit insgesamt einen Überblick über die aktuellen Problemlagen und mögliche Ansätze bei der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Kompetenz und Handeln. Auf diese Weise soll sichergestellt werden, dass trotz der ausgebliebenen unmittelbaren Folgen aus den Überlegungen des Workshops von 2014 der Gesprächs-, Ideen- und Diskussionsfaden im Bereich dieser bedeutsamen Thematik weiterhin nicht abreißt.

#### Literatur

- Anthofer, S. & Tepner, O. (2016). Experimentell-fachdidaktisches Wissen und Handeln von Chemie-Lehramtsstudierenden. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. Universität Regensburg, 316-318.
- Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M. & Wilhelm, M. (2013). Erfassen professioneller Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht: Ein Vignettentest mit authentisch komplexen Unterrichtssituationen und offenem Antwortformat. *Unterrichtswissenschaft*, 41(4), 306–329.
- Cauet, E. (2016). Testen wir relevantes Wissen? Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten. *Studien zum Physik und Chemielernen*. Berlin: Logos.
- Cauet, E., Borowski, A. & Fischer, H. (in diesem Band). Professionswissen und Unterrichtsqualität: Wie aussagekräftig sind unsere Ergebnisse? In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*, Jahrestagung in Zürich 2016. Universität Regensburg.
- Ergöneç, J., Neumann, K. & Fischer, H. E. (2014). The Impact of Pedagogical Content Knowledge on Cognitive Activation and Student Learning. In H. E. Fischer, P. Labudde, K. Neumann & J. Viiri (Hrsg.), *Quality of Instruction in Physics: Quality of Instruction in Physics* (S. 13–30). Münster u.a.: Waxmann.
- Gramzow, Y. (2015). *Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion*. Dissertation. (Bd. 181). Berlin: Logos
- Kirschner, S. (2013). *Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften*. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos.
- Korneck F., Oettinghaus L., Kunter M., Redinger R. (2016). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen - Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.), *Videoanalysen in der*

- Unterrichtsforschung - Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele (S.174-197). Weinheim: Beltz Juventa.
- Kröger, J., Neumann, K. & Petersen, S. (2015). Struktur und Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte. In S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 106–108). Kiel: IPN.
- Krüger, M., Szogs, M. & Korneck, F. (in diesem Band). Welche Kompetenz beeinflusst welche Aspekte der Unterrichtsqualität? In C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis, Jahrestagung in Zürich 2016. Universität Regensburg.
- Kulgemeyer, Ch., Tomczyszyn, E. & Schecker, H. (2016). Was beeinflusst die Performanz beim Erklären von Physik? - Fachwissen und fachdidaktisches Wissen im unterrichtlichen Handeln - . In: C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 190). Universität Regensburg.
- Kunter, Mareike; Baumert, Jürgen; Blum, Werner (Hg.) (2011): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann.
- Lamprecht, J. (2011). Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik. Dissertation an der Universität Frankfurt a.M., Fachbereich Physik. Berlin: Logos Verlag.
- Oettinghaus, L., Lamprecht, J. & Korneck, F. (2014). Analyse der professionellen Kompetenz von Referendaren. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 135 - 137). Kiel: IPN.
- Oettinghaus L. (2015). Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen. Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat. Dissertationsschrift. Goethe-Universität, Frankfurt am Main.
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos.
- Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften: Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos.
- Stender, A. (2014). Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln - Theoretische Entwicklung und empirische Überprüfung des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung. Berlin: Logos-Verlag.
- Strübe, M., Tepner, O., Sumfleth, E. (in diesem Band). Einsatz von Experimenten im Chemieunterricht – Ergebnisse aus ProwiN 2. In C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis, Jahrestagung in Zürich 2016. Universität Regensburg.
- Woitkowski, D. (2015). Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung – Konzeptionalisierung, Messung, Niveaubildung. Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 185. Berlin: Logos.

Eva Cauet<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>2</sup>  
 Hans E. Fischer<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universität Koblenz-Landau  
<sup>2</sup>Universität Potsdam  
<sup>3</sup>Universität Duisburg-Essen

## **Professionswissen und Unterrichtsqualität: Wie aussagekräftig sind unsere Ergebnisse?**

### **Zielsetzung und Ausgangspunkt**

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Tests zur Erhebung des Professionswissens von Physiklehrkräften entwickelt, das als wichtige Voraussetzung für gutes und erfolgreiches Unterrichten gilt (z.B. Brovelli, Bölsterli, Rehm & Wilhelm, 2013; Kirschner, 2013; Kröger, Neumann & Petersen, 2015; Riese, 2009; Riese et al., 2015). Dabei werden die drei Professionswissensdimensionen Fachwissen (CK), fachdidaktisches Wissen (PCK) und pädagogisches Wissen (PK) allerdings unterschiedlich modelliert (vgl. z.B. Kirschner et al., 2016, S.1346). Obwohl belastbare empirische Evidenz für die Handlungsrelevanz des explizierbaren Professionswissens noch aussteht, werden derartige Tests oft mit dem Ziel eingesetzt, Aussagen über die Wirksamkeit der Lehrerbildung zu treffen (vgl. z.B. Riese, 2009, S.11). Solange die prädiktive Validität der Tests für gutes oder erfolgreiches Unterrichten nicht nachgewiesen wird, ist die Validität solcher Aussagen allerdings nicht sichergestellt. Wenige Studien untersuchen Zusammenhänge zwischen Professionswissen, Unterrichtsqualität und Unterrichtserfolg (Ohle, 2010; Ergönenç, Neumann & Fischer, 2014; Vogelsang, 2014, Sadler, Sonnert, Coyle, Cook-Smith & Miller, 2013). Zudem ist die Interpretation der heterogenen Ergebnisse dieser Studien mit zahlreichen Unsicherheiten verbunden. Am Beispiel einer Teilstudie aus dem Projekt „Professionswissen in den Naturwissenschaften“ (ProwiN) (Borowski et al., 2010) im Fach Physik sollen die Probleme, die sich bei der Ergebnisinterpretation ergeben, dargestellt werden.

### **Kurzbeschreibung der ProwiN-Physik Teilstudie und ihrer Ergebnisse**

In der Studie von Cauet (2016) wurde untersucht, ob die von Kirschner (2013) entwickelten ProwiN CK- und PCK-Tests relevantes Wissen für gutes und erfolgreiches Unterrichten erfassen. Hierfür wurde in einer Stichprobe von 23 Gymnasiallehrkräften aus NRW (35% weiblich,  $M_{\text{Alter}}=44$  Jahre,  $SD_{\text{Alter}}=12$  Jahre) und ihren Klassen der Jahrgangsstufe 8/9 ( $N=610$  Lernende, 57% weiblich,  $M_{\text{Alter}}=14$  Jahre,  $SD_{\text{Alter}}=1$  Jahr) im Rahmen eines Prä-Post-Designs zunächst geprüft, ob die CK- bzw. PCK-Testwerte der Lehrkräfte (CK: 11 Aufgaben zum Schulwissen/vertieften Schulwissen in Mechanik, Rasch Personen Rel.=.73; PCK: 10 Aufgaben zu Schülervorstellungen, Umgang mit Experimenten und Konzepten in der Mechanik, Rasch Personen Rel.=.59) einen Prädiktor für Unterrichtserfolg darstellen. Dieser wurde über die Leistungen der Lernenden in einem Fachwissenstest (34 Multiple-Choice Aufgaben zur Mechanik, Rasch Personen Rel. Prä-/Post=.51/.61) am Ende einer mehrmonatigen Unterrichtseinheit zur Mechanik (Unterrichtszeit in Anzahl an 45-min Stunden:  $M=34$ ,  $SD=10$ ,  $Min=12$ ,  $Max=59$ ) operationalisiert. Die zwischen den Klassen liegende Varianz in den Post-Testwerten der Lernenden ( $ICC_{(1,1)}= 10\%$  bzw. 4% nach Kontrolle von Vorwissen, kognitiven Fähigkeiten, Geschlecht und Sprache) wurde lediglich durch die Unterrichtszeit, nicht aber durch das CK oder PCK der Lehrkräfte erklärt (Tabelle 1).

Vor dem Hintergrund der Erfolgsunsicherheit des Lehrerhandelns - eine Lehrkraft kann lediglich Lehrangebote zur Verfügung stellen, ob sie von den Lernenden genutzt werden, kann sie nur bedingt beeinflussen (Baumert & Kunter, 2006, S.476-477) – wurde außerdem

Prädiktoren für Post-Testwerte		Kontroll-Modell	CK-Modell	PCK-Modell
Schülerebene (N=610)		Prä-Test, KFT, Geschlecht & Sprache erklären <b>R<sup>2</sup>= (34 ± 3)%</b> der Varianz innerhalb der Klassen		
Klassenebene (N=23)				
Unterrichtszeit	$\gamma^{\text{StdYX}}$	<b>0.80 ± 0.11</b>	<b>0.81 ± 0.11</b>	<b>0.81 ± 0.11</b>
	KI <sub>95%</sub>	[0.60,1.01]	[0.61,1.00]	[0.60,1.02]
Zusätzlicher Prädiktor (CK/PCK)	$\gamma^{\text{StdYX}}$		0.07 ± 0.19	-0.15 ± 0.16
	KI <sub>95%</sub>		[-0.30,0.44]	[-0.45,0.15]
Varianzaufklärung	R <sup>2</sup>	<b>(65 ± 18)%</b>	<b>(65 ± 16)%</b>	<b>(67 ± 18)%</b>

Legende:  $\gamma^{\text{StdYX}}$  = vollstandardisierter Steigungskoeffizient; fettgedruckt= signifikant mit  $p_{1\text{-seitig}} < .001$

Tab. 1: Mehrebenenregressionen auf die Post-Testwerte der Lernenden.

untersucht, inwieweit die Qualität des Unterrichts der Lehrkräfte - beurteilt über die kognitiv aktivierende Gestaltung von zwei videographierten Unterrichtsstunden innerhalb der Unterrichtseinheit zur Mechanik - mit ihrem CK bzw. PCK zusammenhängt. Die kognitive Aktivierung wurde mit einem Ratingmanual (adaptiert nach Vogelsang, 2014) über die Bewertung von 29 Handlungsindikatoren in 7 Subskalen (Bewusstmachen des Lernstatus, Exploration des Vorwissens und der Vorstellungen, Exploration der Denkweisen, Evolutionärer Umgang mit Schülervorstellungen, Lehrkraft als Mediator, Rezeptives Lernverständnis (-), herausfordernde Lerngelegenheiten) auf einer 3-stufigen Likertskala eingeschätzt ( $\alpha_{C,1\text{.Stunde}/2\text{.Stunde}}=.91/.87$ ;  $ICC_{(2,1)unjust,1\text{.Stunde}/2\text{.Stunde}}=.64/.69$ , Subskalen:  $.21 < ICC_{(2,1)unjust} < .71$ ). Cauet (2016, S.176) konnte zeigen, dass das über beide Unterrichtsstunden gemittelte Maß für kognitive Aktivierung ein signifikanter Prädiktor für die Post-Testwerte der Lernenden ist. Es wird daher davon ausgegangen, dass das Rating ein Merkmal der Unterrichtsqualität erfasst. Theoretischen Überlegungen folgend (vgl. Cauet, 2016, S.69-73) würde man erwarten, dass die kognitiv aktivierende Gestaltung des Unterrichts stärker vom PCK als vom CK der Lehrkräfte abhängen sollte. Korrelationsanalysen zeigten jedoch lediglich signifikante Korrelationen zwischen CK und dem über beide Unterrichtsstunden gemittelten Maß für kognitive Aktivierung ( $r=.36 \pm 0.19$ ,  $p_{1\text{-seitig}}=.044$ ), aber nicht zwischen PCK und kognitiver Aktivierung ( $r=.21 \pm 0.19$ ,  $p_{1\text{-seitig}}=.165$ ). Im Rahmen von ProwiN wurde auch das PK der Lehrkräfte untersucht: Es zeigten sich positive Zusammenhänge mittlerer Effektstärke sowohl zum Unterrichtserfolg als auch zu Aspekten der Unterrichtsqualität (Klassenführung und kognitive Aktivierung) (Lenske et al., 2015; Cauet, 2016).

### **Diskussion der Ergebnisse und ihrer Aussagekraft**

Auf eine inhaltliche Diskussion der Ergebnisse wird an dieser Stelle verzichtet und auf Cauet (2016, S.206-211) verwiesen. Vielmehr soll hier die Aussagekraft der Ergebnisse diskutiert werden. Als Hauptprobleme für eine valide Ergebnisinterpretation ergeben sich folgende Punkte:

#### *1. Untersuchung einer kleinen Gelegenheitsstichprobe*

Aufgrund der niedrigen Teststärke könnten Zusammenhänge in der vorliegenden Stichprobe „übersehen“ werden. Die Wahrscheinlichkeit Zusammenhänge der Größenordnung der gefundenen Zusammenhänge zwischen PK und Unterrichtserfolg/-qualität nachzuweisen,

liegt bei lediglich  $1-\beta=49-58\%$ . Ein Vergleich mit Daten aus ProwiN I zeigt zudem, dass die Stichprobe der Lehrkräfte eine Positivauswahl bzgl. des Fachwissens darstellt ( $t_{\text{Mann-Whitney}}=-.18$ ,  $p_{1\text{-seitig}}=.039$ ). Da in Extremgruppen im Vergleich zur Grundgesamtheit Zusammenhänge zwischen Merkmalen unterschiedlich stark ausgeprägt sein können, kann es daher zu einer Unterschätzung des Zusammenhangs zwischen CK und Unterrichtserfolg kommen (Bortz & Döring, 2006, S. 509).

### 2. *Beschränkung auf die Untersuchung korrelativer Zusammenhänge*

Das Design der ProwiN-Studie ermöglicht keine Untersuchung kausal bedingter Zusammenhänge, der Einfluss von Störvariablen kann daher nicht ausgeschlossen werden. Zum einen kann nicht sichergestellt werden, dass beobachtete Zusammenhänge nicht lediglich Scheinzusammenhänge darstellen, die auf die Existenz konfundierender Variablen zurückzuführen sind. Zum anderen könnten möglicherweise vorhandene Effekte des fachspezifischen Professionswissen auf Unterrichtserfolg erst unter Kontrolle weiterer Variablen, wie z.B. Klassenführung, sichtbar werden.

### 3. *Einsatz unpräziser Messinstrumente*

Ein weiteres Problem stellen die teils erheblichen Messungenauigkeiten der Testinstrumente dar (siehe Reliabilität des PCK-Tests und des Schülerfachwissenstests). In Korrelationsanalysen führen diese meist zu einer Unterschätzung von Zusammenhängen, während Messungenauigkeiten in Prädiktorvariablen in Mehrebenenanalysen sowohl zu einer Über- als auch zu einer Unterschätzung von Zusammenhängen führen können (vgl. z. B. Kromrey et al., 2006; Woodhouse et al., 1996).

Die angesprochenen Probleme stellen keine Einzelfälle dar, sondern erschweren auch in den anderen bisher durchgeführten Studien zum Zusammenhang zwischen dem mit schriftlichen Tests erhobenen Professionswissen von Physiklehrkräften, Unterrichtsqualität und/oder Unterrichtserfolg eine valide Interpretation der Ergebnisse. So standen in der Studie von Vogelsang (2014) zur prädiktiven Validität des Paderborner Professionswissenstests oder in der Studie „Professionswissen von Lehrkräften, naturwissenschaftlicher Unterricht und Zielerreichung im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe“ (PLUS) zum Teil ähnlich kleine Stichproben zur Verfügung ( $N=22$  bzw.  $N=30$ ) (Ohle, 2010). Die PLUS-Studie konnte zudem zeigen, dass Zusammenhänge zwischen PCK und Schülerleistungen erst unter Kontrolle der Klassenführung nachweisbar waren (Lange, 2010, S.168). Daten zur Klassenführung werden allerdings in anderen Studien meist nicht erhoben oder können (wie im Fall von ProwiN) aufgrund der Stichprobengröße nicht statistisch kontrolliert werden. Geringe Reliabilitäten von Schülerprätests könnten auch in der Studie „Quality of Instruction in Physics“ (QuiP) ( $Rel.=.51$ , Geller, 2015, S.96) oder in einer Large-Scale Untersuchung zu Zusammenhängen zwischen Professionswissen und Schülerleistungen von Sadler et al. (2013, S.1031) ( $Rel.=.53$ ) einen Einfluss auf die Ergebnisse haben.

### **Fazit**

Die Ergebnisse bisheriger empirischer Studien in der Physik sind nicht belastbar genug, um eindeutige Aussagen über Handlungsrelevanz des gemessenen Wissens zu treffen. Für einen kumulativen Erkenntnisgewinn bezüglich der Bedeutsamkeit des Professionswissens müssten - um die Vergleichbarkeit verschiedener Studien zu erleichtern - die Professionswissensdimensionen einheitlicher modelliert werden, es müsste mehr Arbeit in „Hilfsinstrumente“ wie z.B. Schülertests investiert werden – schließlich ist eine Argumentationskette lediglich so stark wie ihr schwächstes Glied – und die Ergebnisse bisheriger Studien müssten in größeren Stichproben überprüft und repliziert werden.

**Literatur**

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Borowski, A., Neuhaus, B. J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H. E., Leutner, D., ... Sumfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) - Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 341–349.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M. & Wilhelm, M. (2013). Erfassen professioneller Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht: Ein Vignettest mit authentisch komplexen Unterrichtssituationen und offenem Antwortformat. *Unterrichtswissenschaft*, 41(4), 306–329.
- Cauet, E. (2016). Testen wir relevantes Wissen? Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten. *Studien zum Physik und Chemielernen*. Berlin: Logos.
- Ergönenç, J., Neumann, K. & Fischer, H. E. (2014). The Impact of Pedagogical Content Knowledge on Cognitive Activation and Student Learning. In H. E. Fischer, P. Labudde, K. Neumann & J. Viiri (Hrsg.), *Quality of Instruction in Physics: Quality of Instruction in Physics* (S. 13–30). Münster u.a.: Waxmann.
- Geller, C. (2015). Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb: Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz. *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos.
- Kirschner, S. (2013). Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften. *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos.
- Kirschner, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gess-Newsome, J. & von Aufschnaiter, C. (2016). Developing and Evaluating a Paper-and-Pencil Test to Assess Components of Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *International Journal of Science Education*, 38(8), 1343-1372.
- Kröger, J., Neumann, K. & Petersen, S. (2015). Struktur und Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014* (S. 106–108). Kiel: IPN.
- Kromrey, J. D., Coraggio, J. T., Phan, H. T., Romano, J. L., Hess, M. R., Lee, R. S., ... Luther, S. L. (2006). The Impact of Measurement Error in Predictor Variables in Multilevel Models: An Empirical Investigation of Statistical Bias and Sampling Error. Paper presented at the annual meeting of the Florida Educational Research Association, 2006, Jacksonville. Zugriff unter <http://www.coedu.usf.edu/main/departments/me/documents/theimpactofmeasurementerrorinpredictorvariablesinhierarchicallinearmodelsfera2006.pdf>
- Lange, K. (2010). Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftsbezogenem fachspezifisch-pädagogischem Wissen von Grundschullehrkräften und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Grundschülerinnen und -schülern. Münster: *Didaktik des Sachunterrichts*. Zugriff unter <http://nbnresolving.de/urn:nbn:de:hbz:6-75459654103>
- Lenske, G., Wagner, W., Wirth, J., Thillmann, H., Cauet, E. & Leutner, D. (2016). Die Bedeutung des pädagogisch-psychologischen Wissens für die Qualität der Klassenführung und den Lernzuwachs der Schüler/innen im Physikunterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 19(1), 211–233. Zugriff unter <http://dx.doi.org/10.1007/s11618-015-0659-x>
- Ohle, A. (2010). Primary school teachers' content knowledge in physics and its impact on teaching and students' achievement. *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos.
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos.
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Borowski, A., Fischer, H., Gramzow, Y., Reinhold, P., ... Zander, S. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In S. Blömeke & O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.), *Kompetenzen von Studierenden* (S. 55–79). *Zeitschrift für Pädagogik*. Beiheft. 61. Weinheim u.a.: Beltz.
- Sadler, P. M., Sonnert, G., Coyle, H. P., Cook-Smith, N. & Miller, J. L. (2013). The Influence of Teachers' Knowledge on Student Learning in Middle School Physical Science Classrooms. *American Educational Research Journal*, 50(5), 1020–1049.
- Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften: Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz. *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos.
- Woodhouse, G., Yang, M., Goldstein, H. & Rasbash, J. (1996). Adjusting for measurement error in multilevel analysis. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)*, 201–212.

Marvin Krüger<sup>1</sup>  
 Michael Szogs<sup>1</sup>  
 Friederike Korneck<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Goethe-Universität Frankfurt

## Welche Kompetenz beeinflusst welche Aspekte der Unterrichtsqualität?

### Einleitung und Hintergrund

Die Studie  $\Phi$ actio verfolgt das Ziel, die Einflüsse professioneller Kompetenz, insbesondere der Lehrerüberzeugungen, auf die Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte näher zu beleuchten und nutzt dabei durch Erhebung der Unterrichtsqualität in einem komplexitätsreduzierten Setting einen neuen Ansatz, der verspricht, durch seine (Teil-)Standardisierung deutlichere Effekte bei zugleich größeren Stichproben zu ermöglichen.

Im Bereich der professionellen Kompetenz werden in diesem Beitrag aufbauend auf dem Modell von Baumert und Kunter (2006) die beiden fachspezifischen Professionswissenskomponenten Fachwissen und fachdidaktisches Wissen sowie die Lehrerüberzeugungsdimensionen „Überzeugungen zum selbstständigen Lernen“, „Überzeugungen zum transmissiven Lernen“ und „Wissenschaftsverständnis“ betrachtet.

Bezüglich der Unterrichtsqualität dient das Modell der Basisdimensionen kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung und Klassenführung (Kunter & Voss, 2011) als theoretischer Rahmen. Die Dimension der konstruktiven Unterstützung wird zusätzlich in einen affektiven Bereich und einen strukturellen Bereich aufgeteilt.

### Studiendesign und Stichprobe

Um das standardisierte, quasiexperimentelle Setting zu ermöglichen, wird die Erhebung an das Microteaching-Seminar „Unterrichtsversuche mit Videofeedback“ gekoppelt. Erhobene Daten (etwa zur Unterrichtsqualität) können so außerdem wieder zurückgespeist werden, etwa durch Rückmeldungen an die Teilnehmer(innen). Das Zentrum dieser Veranstaltung sind die Unterrichtstage, an denen die Studierenden vorab geplante Unterrichtsminiaturen mit dazwischenliegender kollegialer Beratung zwei Mal unterrichten. Diese Unterrichtsminiaturen zeichnen sich gegenüber Regelunterricht durch eine Komplexitätsreduktion hinsichtlich der Zeit (12 Minuten), der Schüler(innen) (fremde Klassenhälfte) und des Inhalts (Freihandexperiment der Mechanik) aus. Die zentrale Stellung des Experiments ermöglicht trotz der geringen Unterrichtszeit einen kohärenten inhaltlichen Abschluss, sodass die Unterrichtsminiaturen vom Einstieg bis zur Ergebnissicherung eine repräsentative Raffung von Regelunterricht darstellen (Korneck et al., 2016). Zudem wird die Störungsanfälligkeit reduziert, die reine Klassenführung entsprechend minimiert und der Zugang zu relevantem Unterrichtshandeln im fachdidaktischen Sinne erleichtert.

Vor dem Seminar findet die Präerhebung zur professionellen Kompetenz statt. Die Stichprobe umfasst 120 Teilnehmer(innen). Die Studierenden sind durchschnittlich im sechsten Fachsemester. Unter der Voraussetzung der freiwilligen Zustimmung und der zweifelsfreien Zuordnung wurde eine Videoanalyse des Unterrichts durchgeführt. Dies war bei insgesamt 84 Teilnehmer(innen) möglich.

### Erhebung und Operationalisierungen

Im Bereich der professionellen Kompetenz kommen Adaptionen etablierter Instrumente zum Einsatz. Die Erhebung des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens erfolgt jeweils mit einer Auswahl des Inventars von Riese (2009), die auf eine Testzeit von 15 Minuten ausgelegt ist. Nicht beantwortete Items werden als falsch gewertet.

Der Fachwissenstest beinhaltet 10 Items, davon 3 Multiple-Choice- sowie 7 offene Items. Diese Items lassen sich den vier Inhaltsbereichen Kraftkonzept, Zentripetalbeschleunigung, Rotationsbewegungen und allgemeine Bewegungsformen zuordnen. Diese Zuordnung wird genutzt, um Parcels für die latente Modellierung zu bilden. So wird die Anzahl der notwendigen Indikatoren bzw. der zu schätzenden Parameter verringert (Little et al., 2002).

Der Test zum fachdidaktischen Wissen besteht ebenfalls aus 3 Multiple-Choice-Items sowie 5 offenen. Diese 8 Items lassen sich dem eher deklarativen Inhaltsbereich „Interesse, didaktische Rekonstruktion und Experimente“ sowie den eher prozeduralen Inhaltsbereichen „Elementarisierung“ und „Schülvorstellungen und Diagnose“ zuordnen und so ein analoges Vorgehen hinsichtlich des Itemparcelings realisieren.

Die Erhebung der Lehrerüberzeugungen erfolgt mittels fragebogenbasierter Selbstauskunft. Das dazu verwendete Inventar wurde aus den Studien von Neuhaus (2004), Seidel et al. (2005) und Riese (2009) zusammengestellt und bei Bedarf adaptiert (Oettinghaus, 2015). Die drei berücksichtigten Überzeugungsdimensionen werden durch jeweils 9 fünfstufig Likert-skalierte Items abgedeckt.

Die Dimension „Überzeugungen zum selbstständigen Lernen“ lässt sich mit den Beispielimens „Schüler sollten Experimente selbst planen und durchführen“ (Riese, 2009) sowie „Physikunterricht muss handlungsorientiert gestaltet sein“ (Neuhaus, 2004) illustrieren. Die Dimension „Überzeugungen zum transmissiven Lernen“ wird wiederum charakterisiert durch die Items „Effektive Lehrpersonen geben die richtige Art und Weise vor, in der ein Problem zu lösen ist“ (Seidel et al., 2005) und „Durch Erklärungen und Demonstrationen ihrer Lehrperson lernen Schüler Physik am besten“ (Riese, 2009).

Und die Dimension „Wissenschaftsverständnis“ lässt sich durch „(umgepolt) Das Schöne an der Physik ist, dass ihre Ergebnisse eindeutig sind“ (Seidel et al., 2005) und „Auch physikalisches Wissen ist nicht eindeutig beweisbar und kann sich im Laufe der Zeit ändern“ (Riese, 2009) beschreiben.

Da eine sinnvolle inhaltliche Unterteilung nicht möglich war, wurde für das Parceling eine Zuordnung auf Basis der Faktorladungen durchgeführt (Little et al., 2002). Für jede Überzeugungsdimension wurden auf diese Weise ebenfalls drei Parcels gebildet.

Für die Erhebung der Unterrichtsqualität wurde ein neues Instrument entwickelt, das mit insgesamt 133 Items 17 Subdimensionen der Unterrichtsqualität erfasst. Diese Subdimensionen lassen sich den entsprechenden Basisdimensionen zuordnen und eignen sich als Indikatoren der entsprechenden Basisdimension. Die Einschätzung der Items erfolgt durch vier ungeschulte Rater (ehemalige Seminarteilnehmer) bei etwa 10-15 Minuten Ratingdauer. Weiterführende Informationen, insbesondere zu den erzielten Reliabilitäten, finden sich in Szogs, Korneck & Krüger (in diesem Band).

### **Ergebnisse**

Für die Beantwortung der Fragen wurden für jede Unterrichtsqualitätsdimension latente Regressionsmodelle geschätzt, deren Ergebnisse nachfolgend zusammengefasst werden. Es wurden die gängigen Fit-Kriterien erfüllt. Die berichteten Effekte sind signifikant mit  $p < .05$  (einseitig). Betrachtet man alle Lehramtsstudierende, so lassen sich kleine bis mittlere Effekte der verschiedenen Überzeugungsdimensionen und des Fachwissens auf die unterschiedlichen Unterrichtsqualitätsmerkmale nachweisen. Im Bereich der „Überzeugungen zum transmissiven Lernen“ ist der Effekt erwartungsgemäß negativ.

Wird die Stichprobe entsprechend der Studiengänge aufgeteilt, so werden die Effekte noch detail- und aufschlussreicher. So zeigt sich bei der kognitiven Aktivierung bei den gymnasialen Studierenden (Gym) ein mittlerer Effekt der beiden kognitiv orientierten Dimensionen „Überzeugungen zum transmissiven Lernen“ und „Wissenschaftsverständnis“. Demgegenüber lässt sich bei den Haupt- und Realschul-Studierenden (HR) ausschließlich ein großer Effekt des Fachwissens feststellen.

Bei der strukturellen konstruktiven Unterstützung ist bei den Gym ein mittlerer Effekt des „Wissenschaftsverständnisses“ nachweisbar. Bei den HR zeigt sich ein mittlerer Effekt der „Überzeugungen zum selbstständigen Lernen“. Ein vergleichbarer Effekt zeigt sich ebenso zum affektiven Bereich konstruktiver Unterstützung. Dieser wird jedoch noch um einen mittleren Effekt des Fachwissens ergänzt. Bei den Gym zeigt sich hier ein Einfluss der „Überzeugungen zum selbstständigen Lernen“ und des „Wissenschaftsverständnisses“.

Im Bereich der Klassenführung weisen bei den Gym alle drei Überzeugungsdimensionen einen mittleren Effekt auf. Bei den HR ist erneut ein großer Effekt des Fachwissens zu finden. Zudem ist ein mittlerer Effekt der „Überzeugungen zum selbstständigen Lernen“ nachweisbar.

Bei keinem der Modelle konnte ein signifikanter Effekt des fachdidaktischen Wissens nachgewiesen werden.

### **Diskussion**

Die herausragende Stellung des Fachwissens bei den HR zeigt, dass die Gestaltung guten und insbesondere kognitiv aktivierenden Unterrichts nur mit ausreichend adäquaten fachlichen Konzepten und damit einhergehender Flexibilität möglich ist. Für sie ergibt sich daher ein besonderer Qualifikationsbedarf im Bereich des Fachwissens.

Dass bei den Gym vorrangig Überzeugungen prädiktiv sind, lässt darauf schließen, dass insbesondere mit adäquaten Lehrerüberzeugungen als Filter zwischen Wissen und Handeln die Gestaltung guten Unterrichts begünstigt wird. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, in der Lehrerbildung auch Lerngelegenheiten anzubieten, die in der Lage sind, Lehrerüberzeugungen zu verändern. Dazu gehören insbesondere praxis- und feedbackintensive Veranstaltungen wie Microteaching.

Die Betrachtung von Unterrichtsminiaturen ist Stärke und Restriktion zugleich. Die Standardisierung erlaubt es, das Unterrichtshandeln ungestörter zu betrachten und hat sich geeignet gezeigt, entsprechende Effekte zwischen Kompetenz und Handeln aufzudecken. Jedoch bleibt die Frage offen, inwiefern die Performanz in Unterrichtsminiaturen über die vergleichbare Sichtstruktur (Korneck et al., 2016) hinaus auf Regelunterricht übertragbar ist. Seidel et al. (2015) konnten aber bereits Zusammenhänge fachunspezifischer Qualitätsmerkmale zwischen Microteaching und Regelunterricht nachweisen.

### **Ausblick**

Um nachfolgend weitere Zusammenhänge und differenziertere Modelle analysieren und den Fokus auf Subdimensionen der Unterrichtsqualität richten zu können, wird aktuell die Datengrundlage um N>50 Teilnehmer(innen) vergrößert.

Ausstehend ist zudem die Auswertung weiterer Kompetenzaspekte, z. B. das pädagogische Wissen oder die Selbstwirksamkeitserwartungen (siehe Peuser et al., in diesem Band).

Aufgrund der besonderen Relevanz der Lehrerüberzeugungen soll das eingesetzte Instrument von einer lerntheoretischen Orientierung zu einer Unterrichtsorientierung weiterentwickelt werden (siehe dazu Große et al., in diesem Band).

**Literatur**

- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 4, S. 469–520.
- Korneck F., Oettinghaus L., Kunter M., Redinger R. (2016). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen - Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.), *Videoanalysen in der Unterrichtsforschung - Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele* (S.174–197). Weinheim: Beltz Juventa.
- Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster: Waxmann
- Little, T. T., Cunningham, W. A. & Shahar, G. (2002). To Parcel or Not to Parcel: Exploring the Question, Weighting the Merits. *Structural Equation Modeling*, 9(2), S. 151–173.
- Neuhaus, B. (2004). Einstellungsausprägungen von Biologielehrern. Ein bundesdeutscher Vergleich. Dissertation. Kassel: Universität Kassel.
- Oettinghaus (2015). Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen, Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat. Dissertation. Frankfurt: Goethe-Universität.
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. *Studien zum Physik- und Chemielernen* Bd. 97. Berlin: Logos.
- Seidel, T., Prenzel, M., & Kobarg, M. (2005). How to run a video study: Technical report of the IPN Video Study. Münster: Waxmann.
- Seidel, T., Stürmer, K., Schäfer, S., & Jahn, G. (2015). How Preservice teachers perform in teaching events regarding generic teaching and learning components. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 47(2), S. 62–74.

### **Der Einfluss universitär vermittelter professioneller Kompetenzen auf das Handeln in unterrichtlichen Erklärsituationen**

Der Zusammenhang von Professionswissen bzw. professioneller Kompetenz von Physiklehrkräften einerseits und der Handlungsqualität in Unterrichtssituationen ist empirisch nicht geklärt (Vogelsang & Reinhold, 2013; Cauet et al., 2015). Das ist ein Kernproblem für die Lehrerbildung. Die gesamte (universitäre) Ausbildung hat das Ziel, professionelles Wissen bzw. professionelle Kompetenzen in den drei Bereichen Fach, Fachdidaktik und Pädagogik zu entwickeln. Quasi-Längsschnitte legen auch nahe, dass im Verlaufe des Studiums solche Entwicklungen stattfinden (z.B. Riese, 2009). Ob diese drei Bereiche jedoch überhaupt Ressourcen sind, aus denen eine Physiklehrkraft während des unterrichtlichen Handelns gewinnen kann, ist nicht genügend geklärt – noch weniger klar ist die Frage, welche Aspekte professionellen Wissens für welche Handlungssituation verwendet werden können. Als Folge ist so auch unbekannt, ob und unter welchen Bedingungen Quereinsteigerprogramme zu einem Standardweg werden können, den Lehrberuf zu ergreifen bzw. in welchen Bereichen Quereingestiegende nachgeschult werden müssen. Ebenfalls stellt sich die Frage, welche Inhalte empirische gestützt im Lehramtsstudium verankert werden müssen; bislang werden diese Inhalte nahezu ausschließlich normativ und tradiert festgelegt. Ein Grund dafür, dass der Nachweis schwierig ist, liegt auch in der Art und Weise, wie üblicherweise getestet wird.

#### **Testformate für professionelles Wissen, Kompetenz und Unterrichtshandeln**

Der gängige Weg, professionelles Wissen bzw. professionelle Handlungskompetenz zu erheben, ist ein schriftlicher Test. In Anlehnung an Miller (1990) können vier Formate des Testens unterschieden werden, wenn berufliche Kompetenzen erhoben werden sollen. Sie gestalten sich bezüglich des Lehrberufs mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen:

1. *Tests des Wissens*. Hierbei handelt es sich in der Regel um schriftliche Testformate mit geschlossenen Aufgaben. Sie sind zumeist mit großem Fokus auf curriculare Validität entwickelt worden.
2. *Tests der Kompetenz*. Auch dies sind üblicherweise schriftliche Testformate, oft mit Unterrichtsvignetten, die die Anwendung von Wissen auf Probleme des Physikunterrichts erfordern. Auch hier ist der Fokus vor allem curriculare Validität, d.h. die normativen Inhalte des Lehramtsstudiums.
3. *Tests des freien beruflichen Handelns*. Dies sind in der Regel Videographien von Unterrichtsstunden. Unterricht besteht aus einer Vielzahl an hochkomplexen Problemen, die unter großem Handlungsdruck gelöst werden müssen. Die Auswertung ist aufwändig und es gelingt auch in großen Studien nicht, eine große Anzahl an Stunden pro Lehrkraft zu filmen.
4. *Tests der Performanz*. Hierbei handelt es sich auch um Videobeobachtungen, allerdings werden hierbei Lehrkräfte mit standardisierten Problemen unter standardisierten Rahmenbedingungen konfrontiert.

Wissens- und Kompetenztests lassen sich mit hoher Testökonomie und hoher Reliabilität konstruieren. Sie lassen sich ebenfalls so entwickeln, dass sie den Lernzuwachs im Verlaufe der Lehrerbildung abbilden. Der Zusammenhang zu mit Unterrichtsvideos erhobenen Daten zur Unterrichtsqualität ist jedoch nicht gelungen. Ein Grund dafür ist, dass Unterrichtsbeobachtungen immer einer Vielzahl an nichtkontrollierbaren Rahmenbedingungen unterworfen sind: So hängt das Gelingen einer Stunde beispielsweise

von der Tagesform der Schülerinnen und Schüler, der Lage einer Stunde oder auch dem Klassenklima ab. Werden all diese Rahmenbedingungen als zufällig schwankend angenommen, so bedarf es einer großen Anzahl an Stunden, die gefilmt werden, bis der „echte“ Effekt beispielsweise des fachdidaktischen Wissens gezeigt werden kann, da sich dann Fehler durch die Rahmenbedingungen erwartbar herausmitteln. Wegen des großen Aufwands ist dies jedoch selbst sehr groß angelegten Projekten nicht möglich. Performanztests hingegen kontrollieren die Rahmenbedingungen – ihr großer Nachteil ist allerdings, dass sie kein holistisches Bild vom Handeln zeigen, sondern nur die Handlungsqualität auf eine bestimmte Unterrichtssituation bezogen. Im Gegensatz zum freien beruflichen Handeln konzentrieren sie sich auf ein einziges berufliches Problem, z.B. das Erklären von Physik. Um einem ganzheitlichen Bild unterrichtlicher Fähigkeiten nahezukommen, müssten alle Standardsituationen des Physikunterrichts in Performanztests abgebildet werden – das Projekt ProfiLe-P+ (siehe Vogelsang in diesem Band) arbeitet daran. In der Medizin sind Performanztests verbreitet, z.B. wird die Aufnahme einer Krankengeschichte simuliert oder die Untersuchung des Bauchraums. Sie werden unter dem Schlagwort „Objective structured clinical examination“ zusammengefasst (Harden et al., 1975). Ihr Kern sind Personen, die mit festen Rollenbeschreibungen Patienten darstellen („standardized patients“) (Barrows & Abrahamson, 1964). Es lässt sich auch zeigen, dass mit Score Sheets in diesen Formaten mit hoher Testgüte Leistungen festgestellt werden können (Walters, Osborn & Raven, 2005).

#### **Ein Performanztest für Erklären im Physikunterricht**

Im Projekt ProfiLe-P wurde ein Performanztest entwickelt, der eine bestimmte Unterrichtssituation nachstellt: das Erklären von Physik. Analog zu den „standardized patients“ in medizinischen Performanztests ist der Kern dieses Tests ein standardisierter Schüler, dessen Verhalten einer Rollenbeschreibung folgt: zum Beispiel werden in allen Tests bestimmte Fragen gestellt, entweder, um Nichtverstehen zu äußern (z.B. „Gibt es dafür auch ein Beispiel?“) oder um die Erklärung komplexer zu gestalten (z.B. „Gibt’s da auch eine Formel für? Ich brauche das für eine Klausur.“). Dadurch werden die Tests miteinander vergleichbar. Die Schüler wurden mit Videofeedbackverfahren in etwa zwei bis drei Stunden dazu trainiert, sich vergleichbar zu verhalten. Ebenfalls standardisiert ist das Thema (z.B. „Warum gleitet man auf einer Pfütze eher aus einer Kurve als auf trockener Strecke?“), die Zeit zur Vorbereitung (10 min) sowie die Erklärdauer (10 min). Auch Materialien wie Diagramme und Zeichnungen stehen in allen Szenarien gleichermaßen bereit.

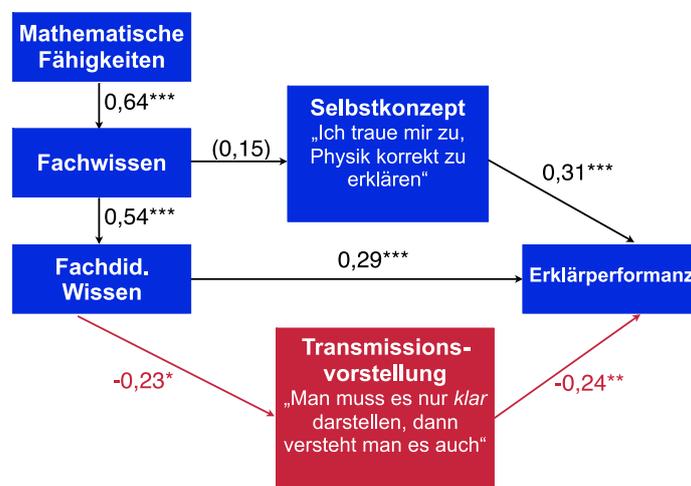
Der Test wurde breit angelegten Validierungsstudien unterzogen, z.B. wurden Interviewstudien durchgeführt, um zu kontrollieren, ob die Situationen authentisch sind. Zur Auswertung der Handlungsqualität wird auf ein Modell des Erklärens von Physik zurückgegriffen (Kulgemeyer & Schecker, 2012). Dabei werden die Videos kategorienbasiert ausgewertet und die positiv zur Erklärqualität beitragenden Kategorien summiert (z.B. verwendete Beispiele). Das so entstehende Maß wurde mit Expertenbefragungen und der Analyse eines nomologischen Netzwerks weiteren Validierungsstudien unterzogen. Im Detail ist die Testentwicklung dargestellt in Kulgemeyer und Tomczyszyn (2015).

#### **Der Zusammenhang von universitär erworbenen Kompetenzen und Handlungsqualität**

Dieser Test wurde im Rahmen des Projekts ProfiLe-P verwendet, um den Einfluss von universitär erworbenem Wissen bzw. Kompetenzen im Bereich Fach und Fachdidaktik auf das Handeln beim Erklären zu untersuchen. Die Kernfrage dabei ist, ob Fachwissen und fachdidaktisches Wissen genutzt werden können, um die Erklärqualität zu steigern. Dazu wurden insgesamt 198 angehende Physiklehrkräfte aller Semester an fünf Universitäten befragt. 134 davon haben neben dem Performanztest zum Erklären Tests zum Fachwissen

(entwickelt an den Universitäten Duisburg-Essen und Potsdam) und zum fachdidaktischen Wissen (entwickelt an der Universität Paderborn) ausgefüllt, zudem wurden einige Kontrollvariablen erhoben (z.B. mathematische Fähigkeiten, epistemologische Überzeugungen, Selbstkonzept, etc.). Einen Überblick über die Anlage der Studie und die Validierungsstudien findet sich in Riese et al. (2015).

Es ergeben sich zunächst manifeste Korrelationen zwischen der Erklärperformanz und sowohl Fachwissen ( $r = 0,376$ ;  $p < 0,01$ ) als auch fachdidaktischem Wissen ( $r = 0,376$ ;  $p < 0,001$ ). Zur genaueren Analyse des Einflusses wurde ein manifestes Pfadmodell berechnet. Dabei wurde insbesondere überprüft, ob ein direkter Effekt vom Fachwissen zur Erklärperformanz vorliegt oder ein indirekter Effekt über das fachdidaktische Wissen. Das Modell, das die besten Fitwerte zeigt, ist in Abb. 1 angegeben und erklärt insgesamt 29 % der Varianz in der Erklärperformanz. Dabei ist bemerkenswert, dass Fachwissen nicht direkt auf die Erklärperformanz wirkt, sondern durch fachdidaktisches Wissen mediiert wird.



**Abb. 1: Pfadmodell (Robust Maximum Likelihood Estimation).**  $\chi^2/df = 1,1$  ( $p = 0,363$ ),  $CFI = 0,994$ ,  $RMSEA = 0,03$ ;  $R^2 = 29\%$ . Die Zahlen unter den Pfeilen entsprechen Pfadkoeffizienten (\* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ).

Ebenfalls beachtenswert ist der starke Einfluss von Einstellungen auf die Handlungsqualität. Das auf Erklärsituationen bezogene Selbstkonzept hat einen robusten, positiven Einfluss. Einen negativen Einfluss hat die Transmissionsvorstellung als Aspekt epistemologischer Überzeugungen: Personen, die Erklären als „klares Darstellen“ und nicht als am Adressaten orientierte Handlung auffassen, erklären schlechter. Bei der weiteren Analyse zeigt sich, dass diese Personen oft auch ein hohes Interesse am Erklären haben. Das lässt sich so interpretieren, dass Erklären oft als dozierende Handlung missverstanden wird und nicht als Interaktion zwischen Erklärer und Adressaten.

Mit diesem Performanztest konnte gezeigt werden, dass Fachwissen und fachdidaktisches Wissen einen positiven Einfluss auf das Handeln in einer unterrichtlichen Situation, nämlich dem Erklären, haben. Da sowohl Fachwissen als auch fachdidaktisches Wissen curricular valide erhoben wurde, liegt es nahe, dass die im Lehramtsstudium vermittelten Inhalte zumindest für Erklärsituationen wertvoll genutzt werden können. Insbesondere ist fachdidaktisches Wissen notwendig, solitäres Fachwissen genügt explizit nicht. Dies ist auch für Quereinsteigerprogramme eine relevante Erkenntnis. Weitere korrelative Analysen zeigen, dass insbesondere das Wissen über Schülervorstellungen im Bereich des fachdidaktischen Wissens besonders wichtig ist.

**Literatur**

- Barrows, H. & Abrahamson, S. (1964). The Programmed Patient: A Technique for Appraising Student Performance in Clinical Neurology. *Journal of Medical Education* 39(8), S. 802–805.
- Cauet, E., Liepertz, S., Borowski, A. & Fischer, H. (2015). Does it matter what we measure? Domain-specific professional knowledge of physics teachers. *Revue suisse des sciences de l'éducation* 37(3), S. 462–479.
- Harden, R., Stevenson, M. & Wilson, W. (1975). Assessment of Clinical Competence using Objective Structured Examination. *British Medical Journal* 1, S. 447–451.
- Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2012). Physikalische Kommunikationskompetenz – Empirische Validierung eines normativen Modells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 18, S. 29–54.
- Kulgemeyer, C. & Tomczyszyn, E. (2015). Physik erklären – Messung der Erklärfähigkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 21(1), S. 111–126.
- Miller, G. (1990). The Assessment of Clinical Skills/Competence/Performance. *Academic Medicine* 65(9), S. 563–567.
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Borowski, A., Fischer, H., Gigl, F., Gramzow, Y., Schecker, H., Tomczyszyn, E. & Zander, S. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. *Zeitschrift für Pädagogik (61. Beiheft)*, S. 55–79.
- Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2013). Zur Handlungsvalidität von Tests zum professionellen Wissen von Lehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 19, S. 129–157.
- Walters, K., Osborn, D. & Raven, P. (2005). The development, validity and reliability of a multimodality objective structured clinical examination in psychiatry. *Medical Education* 39, S. 292–298.

Martina Strübe<sup>1</sup>  
 Oliver Tepner<sup>2</sup>  
 Elke Sumfleth<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Universität Regensburg

## Einsatz von Experimenten im Chemieunterricht – Ergebnisse aus ProwiN 2

### Theoretischer Hintergrund und Ziel der Studie

Der Einsatz von Experimenten zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ist eine Selbstverständlichkeit und wird von internationalen und nationalen Standards gefordert (NRC, 2004; NGSS, 2013; KMK, 2004). Wissen über Experimente gehört damit zu einem unstrittigen Bestandteil des chemiespezifischen Professionswissens. Empirische Daten belegen u. a., dass die Dauer der Nachbereitung eines Experiments und die Offenheit der Auswertung sich positiv auf den Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler auswirken (Schulz, 2011). Bisher sind jedoch die Zusammenhänge zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Chemielehrkräften, ihrem Umgang mit Experimenten im Chemieunterricht und dem Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler kaum untersucht und stehen deshalb in der vom BMBF geförderten Videostudie zum Professionswissen in den Naturwissenschaften (ProwiN 2) im Vordergrund.

### Design und Methoden

An der Videostudie nahmen 29 Chemielehrkräfte ( $n_{\text{weiblich}} = 14$ ;  $M_{\text{Alter}}$ : zwischen 42 und 43 Jahren,  $SD_{\text{Alter}} = 11,09$ ;  $M_{\text{Dienstjahre}} = 11,93$ ,  $SD_{\text{Dienstjahre}} = 11,41$ ) aus NRW und Bayern mit ihren Klassen aus der 8. Jahrgangsstufe teil ( $N_{\text{Klassen}} = 29$ ;  $N_{\text{Schüler}} = 656$  davon 318 weiblich;  $M_{\text{Alter}}$  zwischen 13 und 14,  $SD_{\text{Alter}} = ,63$ ). Der inhaltliche Schwerpunkt lag auf der Unterrichtseinheit Atombau und Periodensystem. Vor Beginn der Einheit erhielten die Lehrkräfte den im Rahmen von ProwiN 1 entwickelten chemiespezifischen Professionswissensfragebogen (ProwiN-Fragebogen, PCK und CK; Dollny, 2011). Am Ende der Unterrichtseinheit wurde mit dem fachdidaktischen Fragebogen FEMo das fachdidaktische Wissen zu Fachsprache, Experimenten und Modellen erfasst. Alle fachdidaktischen Items wurden auf einer sechsstufigen Likert-Skala beantwortet. Der FEMo enthält u. a. 14 Items zum fachdidaktischen Wissen über Experimente und den Experimentierprozess (FEMo-Exp) (Tepner, Backes & Sumfleth, unveröffentlicht; Schmitt, 2015) und besitzt eine gute Reliabilität von  $\alpha = ,87$  für 33 Relationen.

Zudem wurde das Wissen (Fachwissen, Strukturierungswissen) der Schülerinnen und Schüler in einem Prä-Posttest-Design erhoben. Der Fragebogen zum Fachwissen umfasst 25 Aufgaben über den Atombau und das Periodensystem (Holländer, 2010; Tröger, in Vorb.) und fünf allgemeine Aufgaben über Modelle. Alle Items sind im multiple-choice-single-select Design konzipiert worden. Zum Posttest-Zeitpunkt besitzt der Fachwissenstest eine akzeptable Reliabilität von  $\alpha = ,73$ . Der Strukturierungstest (Wahser, 2007; Koenen, 2014) erfasst mithilfe von 35 Aufgaben im multiple-choice-single-select Design das theoretische Wissen über den Experimentierprozess ( $\alpha_{\text{Posttest}} = ,87$ ).

Während der Unterrichtseinheit wurden zwei aufeinanderfolgende Unterrichtsstunden gefilmt, wobei die Stunden ein Experiment und/oder Modell enthalten sollten. Der Inhalt der Stunden wurde von den Lehrkräften bestimmt.

Die Videos werden mit Videograph (Rimmele, 2004) und u. a. einem Kategoriensystem zu experimentierspezifischen Qualitätsmerkmalen (verändert nach Schulz, 2011) ausgewertet. Die Kodierung der niedrig-inferenten Kategorien erfolgt im 10-Sekunden-Intervall und umfasst u. a. die Experimentierphasen (Vorbereitung, Durchführung, Nachbereitung), die Funktion und die Art des Experiments. Insgesamt bilden 7 Facetten (z. B. Sicherheit, Offenheit, Instruktionseffizienz, Schülerorientierung) die experimentierspezifischen Qualitäts-

merkmale ab. Die Ausprägungen der Facetten werden mithilfe eines Kodierfragebogens auf einer sechsstufigen Likert-Skala hoch-inferent geratet.

### Ergebnisse

Von den 29 Lehrkräften (Gesamtstichprobe) nutzte eine Teilstichprobe von 14 Lehrkräften Experimente im Unterricht ( $n_{\text{weiblich}} = 5$ ;  $M_{\text{Alter}}$ : zwischen 41 und 42 Jahren,  $SD_{\text{Alter}} = ,85$ ;  $M_{\text{Dienstjahre}} = 13$ ,  $SD_{\text{Dienstjahre}} = 10,97$ ;  $n_{\text{Klassen}} = 14$ ;  $n_{\text{Schüler}} = 327$  davon 45% weiblich;  $M_{\text{Alter}}$ : zwischen 13 und 14 Jahren,  $SD_{\text{Alter}} = ,66$ ).

Die Gesamtstichprobe erlangt im PCK-Test im Mittel 68,52% ( $M = 42,48$ ,  $SD = 5,91$ ) der Punkte und schnitt damit etwas besser ab als die Stichprobe von ProwiN 1 (65,18% ( $n_{\text{LuLGy}} = 137$ ) der Punkte (Tepner, Steffensky, Parchmann & Sumfleth, 2015). Die Teilstichprobe erreichte im Mittel sogar 70,74% ( $M = 43,85$ ,  $SD = 6,74$ ). Im FEMo-Exp zeigte sich ein ähnliches Bild. Die Gesamtstichprobe erhielt im Mittel 68,83% ( $M = 22,71$ ,  $SD = 5,71$ ) der Punkte und damit etwas weniger als die Teilstichprobe ( $M = 74,78\%$ ;  $M_{\text{Punkte}} = 24,68$ ,  $SD_{\text{Punkte}} = 3,21$ ). Die Testergebnisse beider Fragebögen korrelieren erwartungsgemäß für die Gesamtstichprobe signifikant im mittleren Bereich miteinander ( $r = ,464$ ,  $p = ,011$ ; Teilstichprobe:  $r = ,530$ ,  $p = ,053$ ).

Die Schülerinnen und Schüler lernten über die Unterrichtseinheit hinweg signifikant im Fachwissen über den Atombau und das Periodensystem mit einem großen Effekt dazu ( $t(655) = -33,91$ ,  $p < ,001$ ;  $d_{\text{Cohen's}} = 1,4$ ). Dieses Ergebnis zeigte sich auch für die Schüler der Teilstichprobe ( $t(326) = -27,27$ ,  $p < ,001$ ;  $d_{\text{Cohen's}} = 1,5$ ). Des Weiteren lernten die Schülerinnen und Schüler sowohl in der Gesamt- als auch in der Teilstichprobe bezüglich des Strukturierungstests signifikant dazu, jedoch mit einem mittleren Effekt von Cohen's  $d = ,43$  (Gesamtstichprobe:  $t(655) = -13,87$ ,  $p < ,001$ ; Teilstichprobe:  $t(326) = -9,02$ ,  $p < ,001$ ).

Es findet sich kein Zusammenhang zwischen dem Wissen über den Experimentierprozess der Schüler und dem PCK ProwiN bzw. FEMo-Exp der Lehrkräfte. Jedoch besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des FEMo-Experimente-Tests der Lehrkräfte und dem Fachwissen der Schülerinnen und Schüler zum Posttestzeitpunkt, mit dem 20,2% der Varianz aufgeklärt wird ( $r_p = ,511$ ;  $p = ,005$ ;  $R^2 = ,202$ ).

In den 17 Videos (45 sowie 90 Minuten Stunden ein oder zwei Videos pro Lehrkraft,  $n_{\text{Lehrkräfte}} = 12$ ) wurden 22 Experimente beobachtet. Führt eine Lehrkraft mehrere Experimente in einer Stunde oder verteilt über zwei Stunden durch, so wurde der Mittelwert über alle Experimente berechnet. Der prozentuale Anteil der Experimentierphasen an der Unterrichtsdauer beträgt für die Vorbereitung 13,1%, Durchführung 24,9% und die Nachbereitung 40%. Die Nachbereitung nimmt somit den größten Anteil ein. Überwiegend nahmen die Experimente die Funktion „Erarbeitungsexperiment“ ( $n_{\text{Lehrkräfte}} = 8$ ) ein. Des Weiteren kamen häufiger weiterführende Experimente ( $n_{\text{Lehrkräfte}} = 4$ ) vor, während Bestätigungsexperimente ( $n_{\text{Lehrkräfte}} = 2$ ) und Problemexperimente ( $n_{\text{Lehrkräfte}} = 1$ ) selten zum Einsatz kamen. Häufig durften die Schülerinnen und Schüler experimentieren ( $n_{\text{Schülerexperiment bei Lehrkräften}} = 7$ ). Lehrerdemonstrationsexperimente ( $n_{\text{Lehrkräfte}} = 5$ ) wurden ebenso mehrfach durchgeführt, während nur einmal ein Schülerdemonstrationsexperiment vorkam.

Sowohl für die Anteile der Experimentierphasen an der Unterrichtsdauer, die Art und die Funktion des Experiments konnten keine Zusammenhänge zum PCK ProwiN und FEMo-Exp der Lehrkräfte, dem Fachwissen der Schülerinnen und Schüler und dem Wissen über den Experimentierprozess der Schülerinnen und Schüler gefunden werden. Des Weiteren zeigte sich kein Zusammenhang zwischen den Schülerleistungen und den experimentierspezifischen Qualitätsmerkmalen. Beim fachdidaktischen Wissen der Lehrkräfte finden sich nur wenige Zusammenhänge zu den experimentierspezifischen Qualitätsmerkmalen (vgl. Tabelle 1).

Facette	PCK ProwiN	FEMo-Exp
<i>Unterrichtsaspekt</i>		
<b>Instruktionseffizienz</b>	$r = ,630^*$ ; $p = ,028$ ; $R^2 = ,397$	$r = ,550$ ; $p = ,064$
<b>Klarheit &amp; Strukturiertheit</b>	$r = ,536$ ; $p = ,072$	-
<i>Strukturierungshilfen</i>	$r = ,737^*$ ; $p = ,006$ ; $R^2 = ,543$	-
<b>Schülerorientierung</b>	-	-
<i>Interaktionstempo</i>	-	$r = ,670^*$ ; $p = ,017$ ; $R^2 = ,449$

Tab. 1: Zusammenhänge zwischen ausgewählten Facetten und Unterrichtsaspekten und dem fachdidaktischen Wissen (PCK ProwiN) bzw. dem fachdidaktischen Wissen über Experimente (FEMo-Exp).

### Diskussion und Zusammenfassung

Die Fragebogenergebnisse der Lehrkräfte deuten darauf hin, dass es sich hierbei um eine Positivauswahl handelt. Möglicherweise sind Lehrkräfte, die sich hinsichtlich ihres Wissens sicher sind, eher bereit, an einer Videostudie teilzunehmen als andere. Trotz der kleinen Stichprobe können Zusammenhänge zwischen dem FEMo-Exp und dem Interaktionstempo sowie dem Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler festgestellt werden, welche durch eine Regression bestätigt werden konnten. Schülerinnen und Schüler, die von einer Lehrkraft mit hohem fachdidaktischen Wissen über Experimente unterrichtet werden, lernen im Fachwissen mehr dazu. Auch scheint das mit dem ProwiN-1-Test gemessene PCK einen Einfluss auf die Instruktionseffizienz und den Einsatz von Strukturierungshilfen zu haben. Fehlende Zusammenhänge zwischen dem fachdidaktischen Wissen und den Anteilen der Experimentierphasen an der Unterrichtsdauer sind möglicherweise dadurch erklärbar, dass die Dauer der Experimentierphasen vermutlich stärker durch die Handlungen der Schüler als durch das fachdidaktische Wissen der Lehrkraft beeinflusst wird.

**Literatur**

- Dollny, S. (2011). Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften. Studien zum Physik- und Chemieunterricht: Vol. 127. Berlin: Logos.
- Holländer, M. (2010). Effektivität des Advance Organizers als Strukturierungshilfe im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Berlin: uni-edition.
- Koenen, J. (2014). Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen. Studien zum Physik- und Chemieunterricht: Vol. 171. Berlin: Logos.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2008). Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen: Chemie (1st ed.). Frechen: Ritterbach Verlag.
- National Research Council (2004). National Science Education Standards. Washington D. C.: National Academy Press.
- NGSS Lead States (2013). Next generation science standards. For states, by states. Washington D. C.: National Academies Press.
- Rimmele, R. (2004). Videograph. Kiel: IPN-Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Schmitt, A.-K. (2015). Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Dortmund: Technische Universität Dortmund.
- Schulz, A. (2011). Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht: -Eine Videostudie-. Studien zum Physik- und Chemieunterricht: Vol. 113. Berlin: Logos.
- Tepner, O., Backes, A., & Sumfleth, E. (unveröffentlicht). Test zum fachdidaktisch-experimentellen Wissen von Chemielehrkräften
- Tepner, O., Steffensky, M., Parchmann, I., & Sumfleth, E. (2015). Fachspezifisches Professionswissen von Chemielehrkräften - Vergleich der Projekte KiL und ProwiN. In: Elke Sumfleth. Das Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften - Ein Vergleich der Befunde aus KiL und ProwiN (Symposium), GEBF Tagung, Bochum.
- Tröger, H. (in Vorb.) Vom Umgang mit Fachsprache und Schülervorstellungen im Chemieunterricht - Eine Videostudie zum Zusammenhang zwischen Aspekten fachspezifischen Professionswissens mit Lehrerhandeln und Schülerleistung. Dissertation, Universität Duisburg-Essen.
- Wahser, I. (2007). Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. Studien zum Physik- und Chemieunterricht: Vol. 73. Berlin: Logos.

## **Beeinflusst Priming den Wissenserwerb zum 3. Newtonschen Axiom?**

### **Einleitung**

Beim Priming beeinflusst ein Reiz, ein sogenannter Prime, die Verarbeitung nachfolgender Informationen. In Studien zum micro-level Priming (Bermeitinger, 2014) wird ein Prime sehr kurz dargeboten und dessen Einfluss z. B. mit Messungen der Reaktionszeit belegt. Beim macro-level Priming (ebd.) sind die Abläufe hingegen weniger streng vorgegeben. Es gibt Hinweise, dass diese Form von Priming komplexe Verarbeitungs- bzw. Lernprozesse beeinflussen kann (vgl. Dreistadt, 1969).

In dieser Studie wurde explorativ eine Form des macro-level Primings zum Physiklernen des 3. Newtonschen Axioms mit den Fragen eingesetzt: 1) Beeinflusst Priming die Entwicklung eines intendierten mentalen Modells? 2) Haben der Zeitpunkt und die Dauer der Darbietung eines Primes einen Einfluss auf die Entwicklung des Modells? Beide Forschungsfragen wurden mit einem 2x2-Treatment-Kontrollgruppen-Design mit den unabhängigen Variablen „Priming vor“ bzw. „Priming bei dem Lernprozess“ und der abhängigen Variable „Wissenserwerb zum 3. Newtonschen Axiom“ untersucht. Die Entwicklung eines mentalen Modells zum 3. Newtonschen Axiom wurde mit einem Lernprogramm induziert. Als Prime wurde eine Animation verwendet.

### **Stand der Forschung**

Priming beschreibt eine kognitionspsychologische Methode, bei der ein erster Reiz, ein sogenannter Prime, die Verarbeitung eines nachfolgenden Reizes, eines sogenannten Targets, beeinflusst (u. a. Asendorpf, 2007). Dabei soll die Wahrnehmung des Primes (ebd.) oder eine Verbindung zwischen Prime und Target (u. a. Tulving, 1991) implizit erfolgen, so dass die Reize bzw. ihre Verbindung nicht verbalisiert werden können (Berry & Dienes, 1991). Beim micro-level Priming (Bermeitinger, 2014) sind die Reihenfolge und die Dauer der Darbietung der Reize stark strukturiert. Eine implizite Verarbeitung wird dadurch kontrolliert, dass die Reize wenige Millisekunden dargeboten und „maskiert“ werden (z. B. Klauer et al., 2007). Als abhängige Variable werden z. B. Reaktionszeiten oder Fehlerraten gemessen. Beim macro-level Priming (Bermeitinger, 2014) sind diese Bedingungen weniger streng kontrolliert: Ein Prime kann auch gleichzeitig zum Target und länger dargeboten werden. Studien zum macro-level Priming bei komplexen Verarbeitungs- bzw. Lernprozessen sind dabei singular: In einer Studie zum mathematischen Problemlösen bearbeitete eine Treatmentgruppe Aufgaben in einem Raum mit Bildern, die versteckte Lösungshinweise enthalten und als Primes interpretiert werden können (Dreistadt, 1969). Probanden dieser Treatmentgruppe konnten die Aufgaben signifikant besser lösen als Probanden ohne diese Bilder.

### **Forschungsfragen & Design**

Die Studie wurde im Bereich der Newtonschen Mechanik zum 3. Newtonschen Axiom durchgeführt. Den Forschungsfragen liegt ein explorativer Charakter zugrunde: 1) Hat Priming einen Einfluss auf den Wissenserwerb zum 3. Newtonschen Axiom? Bemerkung: Mit Wissenserwerb ist hier die Entwicklung eines intendierten mentalen Modells (Schnotz, 2005) zum 3. Newtonschen Axiom gemeint. 2) Die zweite Forschungsfrage bezieht sich auf den Einsatz von Priming. Beim micro-level Priming wird ein Prime vor einem Verarbeitungsprozess und sehr kurz dargeboten. Hingegen zeigte Dreistadt (1969) die Primes während des gesamten Problemlöseprozesses. Es lässt sich fragen, ob der Zeitpunkt

und die Dauer des Primings, d. h. ob ein Prime vor, bei oder vor und bei dem eigentlichen Lernprozess dargeboten wird, einen Einfluss auf den Wissenserwerb haben? Diese Forschungsfragen legen ein 2x2-Treatment-Kontrollgruppen-Design mit den unabhängigen Variablen „Priming vor“ bzw. „Priming bei dem Lernprozess“ (Ausprägungen Ja/Nein) und der abhängigen Variable „Wissenserwerb zum 3. Newtonschen Axiom“ nahe.

### Lernprogramm zum 3. Newtonschen Axiom

Der Prozess zur Entwicklung eines intendierten mentalen Modells zum 3. Newtonschen Axiom sollte mit einem computergestützten Lernprogramm aktiviert werden. Das Programm besteht aus 59 Folien mit Texten und Bildern. Zum Lesen braucht man etwa 15 Minuten. Das Design entspricht bekannten Kriterien zur Gestaltung einer Textoberfläche (Kulgemeyer & Staraschek, 2014) und zur Gestaltung von Bildern (Ballstaedt, 1997).

### Prime zum 3. Newtonschen Axiom

Die Probanden lasen das Lernprogramm am Laptop. Der Prime wurde als Animation auf einem zusätzlichen Bildschirm abgespielt. Dieser sollte an einen Bildschirmschoner erinnern und visualisierte den Aufprall von zwei Kugeln, genauer eine Bewegungsänderung und ein Eindellen der Kugeln, siehe Abb. 1. Der Prime sollte adäquates Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis aktivieren und somit die Entwicklung eines intendierten mentalen Modells zum 3. Newtonschen Axiom zusätzlich unterstützen.

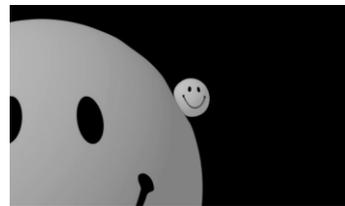


Abb. 1: Ausschnitt des Primes.

### Pre-Post-Test zum 3. Newtonschen Axiom

Der Wissenserwerb zum 3. Newtonschen Axiom wurde mit einem Pre-Post-Test mit offenen Aufgaben erhoben, z. B. mit der Aufgabe „Eine kleine und eine große Lok fahren geradlinig aufeinander zu und prallen zusammen. Vor dem Aufprall sind die Geschwindigkeiten der Loks gleich groß. Beschreiben Sie möglichst vollständig was während des Aufpralls passiert. Achten Sie dabei auf eine zusammenhängende Argumentation und versuchen Sie physikalische Begriffe zu verwenden. Hinweis: Reibungseffekte und die Gravitation können Sie vernachlässigen“. Die offenen Aufgaben wurden mit einem theoriegeleiteten Kategoriensystem dichotom kodiert, d. h. „1 = wird genannt“ oder „0 = wird nicht genannt“. Die Kategorien zum genannten Beispiel lauten: 1) Die kleine und 2) die große Lok ändern ihre Bewegung. 3) Die kleine Lok und 4) die große Lok werden eingedellt. 5) Die große Lok übt eine Kraft auf die kleine Lok aus und 6) andersherum. 7) Die Kräfte sind entgegengesetzt gerichtet und 8) gleich groß. Der Pre-Post-Test enthielt vier Aufgaben, die wie vorgestellt kodiert wurden, und vier weitere Aufgaben zum Einzeichnen von Kräften. Jede Kategorie wurde als ein Item gewertet und eine Skala gebildet. In der Skala konnte ein Score zwischen Null, d. h. geringes Wissen zum 3. Newtonschen Axiom, bis 40, d. h. höchstes Wissen zum 3. Newtonschen Axiom, erreicht werden.

	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>r<sub>it</sub></i>	<i>α</i>
Pre	7.13	3.04	.15	.57
Post	25.28	5.66	.25	.78

Tab. 1: Kennwerte der Skala (*N* = 159).

Im Pre-Test wies der Mittelwert auf ein geringes Vorwissen der Probanden hin, siehe Tab. 1. Die niedrigen mittleren Trennschärfen können insbesondere auf die inhaltlich unterschiedlichen Kategorien zurückgeführt werden und deuten auf Subskalen hin.

Cronbachs  $\alpha$  wies im Pre-Test eine ausreichende Reliabilität auf, im Post-Test war die Reliabilität gut (Schmitt, 1996; Schecker, 2014) und deutet auf eine interne Konsistenz der Skala hin. 20 % der Eingaben wurden von einem zweiten Rater kodiert und Cohens Kappa als Maß der Übereinstimmung bestimmt. Die mittlere Interrater-Reliabilität war sehr gut (Cohens Kappa:  $M = .83$ ,  $SD = .17$ ).

### Design & Ergebnisse

*Design:* In einer ersten Sitzung bearbeiteten die Probanden den Pre-Test. In einer zweiten Sitzung lasen die Probanden das Lernprogramm und bearbeiteten den Post-Test. In der Gruppe „Priming vor“ wurde der Prime in der Einleitung der zweiten Sitzung und in der Gruppe „Priming bei“ beim Lesen des Lernprogrammes gezeigt. In der Gruppe „Priming vor & bei“ wurde der Prime sowohl in der Einleitung als auch beim Lesen des Lernprogrammes abgespielt. Die Gruppe „Kein Priming“ entspricht der Kontrollgruppe ohne Priming.

*Stichprobe:* An der Studie nahmen  $N = 159$  Studierende der PH Ludwigsburg teil (Alter:  $M = 23.61$ ,  $SD = 3.14$ ). Die Treatment- und Kontrollgruppen unterschieden sich signifikant hinsichtlich des Geschlechts ( $\chi^2(3) = 11.629$ ,  $p = .009$ ), was durch die Mehrheit weiblicher Studierender an der PH Ludwigsburg bedingt war. Die weiteren Kontrollvariablen waren zwischen den Gruppen vergleichbar.

*Ergebnisse:* Tabelle 2 zeigt die Scores der vier Gruppen im Pre-Post-Test.

	Gruppe			
	Kein Priming $M (SD)$	Priming vor $M (SD)$	Priming bei $M (SD)$	Priming vor & bei $M (SD)$
Pre	7.33 (3.21)	6.56 (2.28)	7.12 (2.99)	7.48 (3.58)
Post	25.03 (6.73)	25.18 (4.80)	25.85 (5.32)	25.05 (5.81)

Tab. 2: Scores im Pre-Post-Test (Range 0 – 40).

Mit einer Zweifaktoriellen univariaten Varianzanalyse mit Messwiederholung wurden die möglichen Unterschiede zwischen den Treatment- und Kontrollgruppen hinsichtlich der abhängigen Variable „Wissenserwerb zum 3. Newtonschen Axiom“ untersucht. Der Messwiederholungsfaktor deutet auf einen signifikanten Wissenserwerb vom Pre- zum Post-Test hin ( $F(3, 155) = 1654.993$ ,  $p = .000$ ,  $\eta_p^2 = .914$ ). Die unabhängigen Variablen „Priming vor“ bzw. „Priming bei dem Lernprozess“ zeigen keinen signifikanten Einfluss auf die abhängige Variable.

### Zusammenfassung & Diskussion

In der Studie konnte die Entwicklung eines intendierten mentalen Modells zum 3. Newtonschen Axiom nicht mit Priming beeinflusst werden. Welche Ursachen könnte dies haben? 1) Zum einen konnte das Lernprogramm die Entwicklung eines mentalen Modells effektiv aktivieren, so dass Priming keinen zusätzlichen Nutzen haben könnte. 2) Des Weiteren könnte der Prime zu unauffällig gewesen sein, um von den Probanden wahrgenommen zu werden. Mit einem Eye-Tracker könnte untersucht werden, ob und wann der Prime beim Lesen des Lernprogrammes betrachtet wird. 3) Der Prime könnte nicht den gewünschten Effekt haben.

### Danksagung

Dieses Projekt wurde von der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg gefördert.

**Literatur**

- Asendorpf, J. B. (2007). *Psychologie der Persönlichkeit*. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag
- Ballstaedt, S. P. (1997). *Wissensvermittlung*. Weinheim: Psychologie Verlags Union
- Bermeitinger, C. (2014). Priming. In: Z. Jin (Hrsg.), *Exploring Implicit Cognition: Learning, Memory, and Social-Cognitive Processes*. Hershey: Information Science Reference, 16-61
- Berry, D. C. & Dienes, Z. (1991). The relationship between implicit memory and implicit learning. *British Journal of Psychology*, 82, 359-373
- Dreistadt, R. (1969). The Use of Analogies and Incubation in Obtaining Insights in Creative Problem Solving. *Journal of Psychology*, 71, 159-175
- Klauer, K. C., Eder, A. B., Greenwald, A. G. & Abrams, R. L. (2007). Priming of semantic classification by novel subliminal Prime words. *Consciousness and Cognition*, 16, 63-83
- Kulgemeyer, C. & Starauschek, E. (2014). Analyse der Verständlichkeit naturwissenschaftlicher Fachtexte. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 241-253
- Schecker, H. (2014). Überprüfung der Konsistenz von Itemgruppen mit Cronbachs Alpha. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Online Zusatzmaterial). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.  
URL: <http://static.springer.com/sgw/documents/1426184/application/pdf/Cronbach+Alpha.pdf>
- Schmitt, N. (1996). Uses and Abuses of Coefficient Alpha. *Psychological Assessment*, 8 (4), 350-353
- Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In: R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge, 49-69
- Tulving, E. (1991). Concepts of Human Memory. In: L. R. Squire, G. Lynch, N. M. Weinberger & J. L. McGaugh (Hrsg.), *Memory: Organization and locus of change*. New York: Oxford University Press, 3-32

## Interne Struktur einer Skala zu konstruktivistischem Unterrichten

In der Diskussion um die Effektivität geöffneter Lernumgebungen entstanden zwischen 2006 und 2007 unterschiedliche Auffassungen zum Verhältnis von konstruktivistischen Lehr-Lernprozessen im Vergleich zu kognitivistischen Perspektiven. Eine Unklarheit, die dabei hervortrat war, dass Konstruktivismus nicht eindeutig definiert vorlag und somit von der einen Seite als Sicht auf Lehr-lernprozesse vorlag (und somit problem-basiertes oder forschend-entdeckendes Lernen inkludierte), von der anderen Seite Konstruktivismus als separate Lehrmethode (also zu problem-basiertem oder forschend-entdeckendem Lernen parallelisiert) interpretiert wurde. Zudem schien die kognitivistische Sicht im Sinne effizienter, direkter Instruktion nicht vereinbar mit erfahrungs- und konstruktionsbasierten Methoden. Zum Beispiel attestierten Sweller, Kirschner und Clark (2007) den konstruktivistischen Lehrmethoden geringe Führung durch Lehrende und stellten den Konstruktivismus in Form einer Lehrmethode einer lernwirksamen, direkten Instruktion diametral gegenüber. Darauf ergab sich eine publikationsbasierte Diskussion sowohl um die Effektivität von konstruktionsorientierten Lehr-Lernprozessen, als auch um die Verortung dieser in Bezug zu vergleichbaren Methoden wie *discovery*, *inquiry-based* oder *problem-based learning*.

In einer Antwort auf Sweller et al. deutet Kuhn (2007) geringe Führung in schülerinnen- und schülergeleitet um und modelliert Konstruktivismus nicht mehr als eigene Methode, sondern als Tätigkeiten, die, je nach Offenheitsgrad zu Klassen zusammengefasst werden können. Discovery learning etc. (siehe oben) beschreiben diese Klassen.

Eine weitere Antwort stammt von Hmelo-Silver, Duncan und Chinn (2007). Sie postulieren Konstruktivismus als Teil von sowohl geöffneten, als auch direktiven Unterrichtsansätzen und lösen damit die Gegensätzlichkeit von direkter und nicht-direkter Instruktion auf. Ähnlich zu Kuhn (2007) lassen sich die Methoden zu Klassen zusammenfassen, aber das Modell enthält keine explizit konstruktivistischen Methoden mehr, sondern die Annahme, dass jedwede Unterrichtsmethode konstruktivistisch ist. Damit wird Konstruktivismus als Generalfaktor modelliert und als allgemeine Sicht auf Unterrichtsprozesse definiert.

Dieser Beitrag geht der Frage nach, inwieweit sich Unterrichtsmethoden als Generalfaktor modellieren lassen und in welche Teilkomponenten Unterrichten gegliedert werden kann. Das Ziel ist es, exploratorisch und auf Basis einer konstruktivistischen Sicht auf das Lehr-Lerngeschehen ein Modell zu entwickeln, das Konstruktivismus nicht als Einzelmethode betrachtet, sondern als Eigenschaft von Lehrtätigkeiten beschreiben lässt. Damit kann gleichwohl die Gegensätzlichkeit von direkter und indirekter Instruktion aufgelöst werden.

### Methode

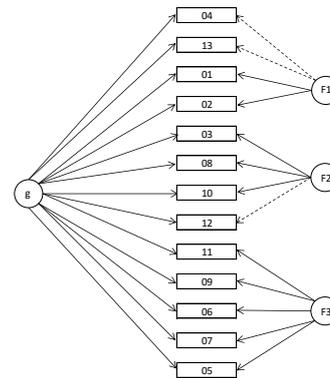
Zur Erfassung von generellem Unterrichten wurde eine Selbsteinschätzungsskala über handlungsrelevante Überzeugungen von Lehrpersonen über ein ganzes Schuljahr konstruiert. Damit kann das Unterrichten jenseits von vielen Einzelbeobachtungen approximiert werden (Fishbein & Ajzen, 2010). Sie wurde 160 deutschschweizer Naturwissenschaftslehrpersonen der Primar- und Sekundarstufe 1 vorgelegt. Die Skala enthält 13 Items ( $\alpha= .82$ ,  $AM=3.06$ ,  $SD=.37$ ), Beispiele sind *Ich lasse die Schülerinnen und Schüler eigene Lösungen diskutieren* oder *Ich erfasse die individuellen Fähigkeiten und passe Aufgaben an*. Alle Items wurden im Sinne eines moderatkonstruktivistischen Lehr-Lernverständnisses formuliert, wie es etwa bei Duit (1995), Widodo und Duit (2004) oder Muijs und Reynolds (2011) vorkommt.

Die einzelnen Indikatoren wurden mit einer Bi-Faktoranalyse in einem Generalfaktor (g) und orthogonalen Subdimensionen modelliert. Damit ist eine dimensionale Interpretation sowohl gesamthaft wie auch im Detail möglich (Reise, Moore, & Haviland, 2010). Zur Beurteilung der Reliabilität der modellierten Faktoren werden Omega und Omega-hierarchisch berechnet. Omega entspricht der Reliabilität des Gesamtmodells einer Subdimension und bezieht die Varianzen von Generalfaktor und Subdimension ein. Omega-hierarchisch bezieht die Reliabilität einer Subdimension unter Ausschluss aller übrigen Dimensionen.

### Resultate

Exploratorische Bi-Faktoranalysen (Geomin-Rotation) erbrachte eine gute Modellanpassung mit einem Generalfaktor g und drei Gruppierungsfaktoren F1, F2 und F3 (Abbildung 1;  $(X^2(32)=38.31, p=.205, RMSEA=.035, SRMR=.04, CFI=.99, TLI=.98)$ ). Alle Items laden signifikant und positiv auf g. Die Reliabilitäten der Subdimensionen liegen zwischen .97 und .47 (Omega) und zwischen .51 und .53 (Omega-hierarchisch).

Die Indikatoren der jeweiligen Subdimensionen lassen sich zusammenfassen als: F1: Inter-Aktivität herstellen, F2: krisenbelaftete Lerngelegenheiten bieten sowie F3: Lernprozesse bedarfsorientiert unterstützen. Innerhalb der Subdimensionen treten jedoch gleichzeitig positive und negative Ladungen auf. Separate Hauptkomponentenanalysen der einzelnen Subdimensionen deuten an, dass die Subdimensionen in zwei Komponenten unterteilt werden können. Da bei Faktor 1 beide Items positiv laden, ist hier keine Unterteilung möglich. Bei Faktor 2 lassen sich zwei Komponenten extrahieren, die erste enthält die positiv geladenen Items, die zweite das negativ geladene. Bezüglich Faktor 3 laden ebenfalls die drei positiv geladenen Items auf der einen Komponente, die beiden negativ geladenen auf der anderen. Der Unterschied zwischen den jeweiligen Komponenten lässt sich exemplarisch darin beschreiben, dass einmal Aussagen im Sinne von *Ich gebe Gelegenheit.../ Ich unterstütze...* vorkommen, auf der zweiten Komponente eher Aussagen in der Form *Ich wähle Aufgaben.../ Ich erfrage...*



Anmerkungen: Gestrichelte Linien entsprechen nicht-signifikanten Ladungen auf den Subdimensionen

Abb. 1: Resultat der exploratorischen Bi-Faktoranalyse

### Interpretation

Aus den vorliegenden Daten lassen sich die Existenz eines Generalfaktors g und drei Subdimensionen ableiten. g kann als ubiquitärer Konstruktivismus interpretiert werden oder als Unterrichten im Sinne eines konstruktivistischen Lehr-Lernverständnis. Die Subdimensionen unterscheiden sich darin, dass sie entlang eines Kontinuums der Führungsstrenge angeordnet werden können, bspw. enthält Inter-Aktivität herstellen weniger starke Lenkung durch die Lehrperson, als das Herstellen krisenbelafteter Lerngelegenheiten und die bedarfsorientierte Unterstützung.

Die interne Struktur der Subdimensionen (im Sinne gegensätzlicher Ladungen) weist darauf hin, dass die Lehrperson die kognitiven Prozesse explizit oder implizit anzuregen versucht. Dies zeigt sich in den oben angeführten Beispielen. Als explizit werden von der Lehrperson steuerbare Massnahmen interpretiert, wie Aufgabenauswahl und das Richten von Fragen an die Schülerinnen und Schüler. Als implizit geführt werden diejenigen Tätigkeiten subsummiert, deren Lernerfolg für die Lehrperson ungewiss ist oder unklar ist, was genau gelernt wird. Diskussionsgelegenheiten oder unterstützende Massnahmen sind in dieser Interpretati-

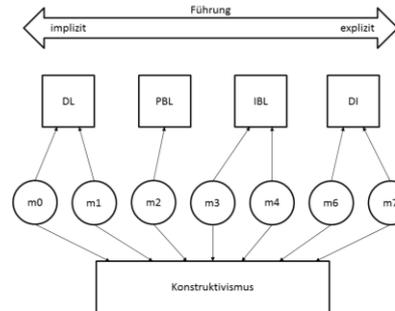
on Tätigkeiten mit schwer kalkulierbarem Ausgang. Damit wird mit explizit/ implizit ein Führungskontinuum eröffnet, in dem Unterrichtsmethoden anhand ihrer Öffnungsgrade angeordnet werden können.

In der Abbildung 2 ist der Versuch dargestellt, die Resultate in einem Gesamtmodell von Unterricht anhand eines Führungskontinuums darzustellen. Nach Öffnungsgrad geordnet sind dort *discovery learning*, *problem-based learning*, *inquiry-based learning* und *direct instruction* als Inhaltsklassen konstruktivistischer Methoden abgetragen.

Interpretativ lassen sich in diese Inhaltsklassen auch die Subdimensionen des Bi-Faktormodells einordnen: *Inter-Aktivität herstellen* lässt sich in *discovery learning* einbinden, *Krisenbehaftete Lerngelegenheiten bieten* kann im Sinne eines *problem-based learning* verstanden werden und *Lernprozesse bedarfsorientiert unterstützen* kann als Form der *direct instruction* ausgelegt werden.

### Diskussion

Die Schlussfolgerung dieses Beitrags ist, dass konstruktivistisch orientiertes Unterrichtshandeln auf einem Kontinuum zwischen dem Aspektpaar impliziter und expliziter Führung betrachtet werden kann. Implizit besteht in der Bereitstellung von schwierig kontrollierbaren Lernmöglichkeiten, explizit in der Umsetzung von konkreten Massnahmen seitens der Lehrperson. Für die Dimension *Inter-Aktivität herstellen* konnte dies jedoch nicht eindeutig gezeigt werden, da nicht genügend Indikatoren vorlagen. Eine Erweiterung des Itempools sollte deshalb angestrebt werden. Auf einer theoretischen Ebene wäre gleichwohl die Beziehung der Subdimensionen der statistischen Modellierung mit den Lehrmethoden in Abbildung 2 zu diskutieren.



Anmerkungen: DL: discovery learning, PBL: problem-based learning, IBL: inquiry-based learning, DI: direct instruction, m: Methode

Abb. 2: Führungskontinuum von Unterrichtsmethoden auf Basis einer konstruktivistischen Lerntheorie

**Literatur**

- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftlichen Lehr-Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 905-923.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (2010). *Predicting and changing behavior : the reasoned action approach*. New York, NY [u.a.]: Psychology Press.
- 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.
- Kuhn, D. (2007). Is Direct Instruction an Answer to the Right Question? *Educational Psychologist*, 42(2), 109-113.
- Muijs, D., & Reynolds, D. (2011). *Effective teaching : evidence and practice* (2. Ed.). London: Sage.
- Reise, S., Moore, T., & Haviland, M. (2010). Bifactor Models and Rotations: Exploring the Extent to which Multidimensional Data Yield Univocal Scale Scores. *Journal of Personality Assessment*, 92(6), 544-559.
- Sweller, J., Kirschner, P. A., & Clark, R. E. (2007). Why Minimally Teaching Techniques Do Not Work: A Reply to Commentaries. *Educational Psychologist*, 42(2), 115-121.
- Widodo, A., & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 233-255.

## Zum Streben hochbegabter Kinder nach Erkenntnis und Selbstständigkeit

### Zielsetzung der Studie:

Welche Faktoren sind es, die das Streben nach Erkenntnis und Selbstständigkeit besonders und hochbegabter Grundschulkindern in naturwissenschaftlichen Lernkontexten fördern?

Um diese Frage zu beantworten, führen wir eine Studie in Kooperation mit der Kinderakademie Mannheim durch. Diese bietet getesteten hochbegabten Kindern ein freiwilliges nachmittägliches Angebot von (u.a.) naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaften (AG) an.

### Theoretischer Hintergrund:

Lehwald beschreibt die Selbstständigkeit einer Person als die Summe unterschiedlicher Äußerungsformen, zu der auch die soziale Selbstständigkeit oder die Erkenntniselbstständigkeit gehören (Lehwald, 1981a, S. 326). Erkennbar ist diese Erkenntniselbstständigkeit laut Lehwald im kognitiven Selbstständigkeitsstreben, einem aktiven Prozess zur Gewinnung geistiger Selbstständigkeit. Zur Realisierung dieses Prozesses, bedarf es zweier Faktoren, die in einem engen Wechselverhältnis stehen. Den kognitiven Faktor beschreibt Lehwald als geistige Fähigkeit zum Wissenserwerb, die eine Person besitzen muss, um überhaupt in der Lage zu sein, sich kognitive Inhalte anzueignen. Den zweiten Faktor nennt Lehwald den motivationalen Faktor. Dieser beschreibt die Motivation einer Person, diesen aktiven Prozess zu begehnen (vgl. Lehwald, 1981b, 1985, 2009, Lehwald & Paternostro, 2010). Das bedeutet, dass das Erkenntnisstreben als der motivationale Aspekt des Strebens nach Selbstständigkeit (hier die Erkenntniselbstständigkeit) zu verstehen und das Streben nach Erkenntnis und das Streben nach Selbstständigkeit als eine Einheit zu begreifen sind. Diese Einheit beschreibt Lehwald als „eine Form der (habituellen) Motiviertheit.“ (Lehwald, 1985, S. 38). Dadurch wird dieses Streben zu einem Persönlichkeitsmerkmal, das bei begabten Kindern in besonderem Maße ausgeprägt ist und sich in der Wechselwirkung (Transaktion) mit Situationsvariablen in beobachtbaren Handlungen äußert (vgl. ebd., S. 19). Hierdurch wird dieses Persönlichkeitsmerkmal zu einem Beobachtungs- und Diagnosewerkzeug einerseits und zu einem bedeutsamen Ansatzpunkt zur Förderung andererseits. Die situative Interaktion stellt sich „als gegenseitiger Beeinflussungsprozeß“ (ebd., S. 19) dar, wodurch das Erkenntnis- und Selbstständigkeitsstreben zu einem Basismotiv des Lernens (vgl. ebd.) werden und ein entsprechend ausgerichteter Lernkontext enormes Förderpotenzial birgt. Interessant ist, dass situierte Motiviertheit in den aktuellen psychologischen Begabungsmodellen eine ebenso große Rolle spielt. Bei Gagné wird die aktuelle Motiviertheit als intrapersonaler Katalysator (vgl. Feger & Prado, 1998, S. 39) verstanden, bei Mönks wird er als Faktor (vgl. Mönks & Ypenburg, 2000, S. 23) oder bei Heller als Moderator (vgl. Heller, 2001, S. 24) bezeichnet. In dem Begriff des Persönlichkeitsmerkmals findet sich ein verbindendes Element von Lehwalds Theorie des Erkenntnisstrebens und Trautmanns Modell zur Hochbegabung. Trautmann geht in seinem sogenannten Mikadomodell davon aus, dass das begabte Kind Hochbegabung als besondere Anlage im Sinne einer geistigen Disposition in sich trägt. Diese Disposition interagiert mit der Umwelt und dem sich entwickelnden Ich des Kindes und speist so die Ausbildung und –prägung der Persönlichkeitsmerkmale. Trautmann bezeichnet sein Modell als Mikadomodell, in welchem die einzelnen Persönlichkeitsmerkmale den Mikadostäben gleichen, welche sich nach dem Loslassen in besonderer Weise und stets unterschiedlich kombinieren. Eine vorteilhafte Kombination

innerhalb einer förderlichen Umgebung, die sich aus der Familie, den Peers, den Medien und der Schule aufbaut, führt zu einer erkennbaren Hochbegabung im Sinne einer Hochleistung (vgl. Trautmann, 2008). Damit schreibt Trautmann der Umgebung eine Interventionskompetenz zu. Das bedeutet, dass Familie, Peers, Medien und auch die Schule auf die Kombination der Persönlichkeitseigenschaften Einfluss haben und diese sowohl positiv als auch negativ beeinflussen können. Hier zeigt sich das zweite verbindende Element der beiden Theorien: die einflussnehmende Interaktion von Kind und Umwelt im situativen Kontext. Dadurch wird das Mikadomodell zu einem Interventionsmodell, für hochbegabte Kinder, das auf die Förderung von Persönlichkeitsmerkmalen ausgerichtet ist. Es legitimiert somit die Förderung des Strebens nach Erkenntnis und Selbstständigkeit im Sinne einer Begabungsförderung.

Diese Aspekte der Begabungsförderung finden sich ebenso in der Motivationstheorie nach Deci und Ryan (2000) und bei dem TARGET-Model of Motivation (vgl. Clinkenbeard, 2012).

#### **Forschungsfragen:**

Um das individuelle Streben nach Erkenntnis und Selbstständigkeit im Zusammenhang mit stattfindenden Interaktionen und Interventionen untersuchen zu können, müssen drei Fragen nacheinander beantwortet werden:

- Wie kann ein solches Streben seitens des Kindes überhaupt beschrieben und auch beobachtet werden? Also: Woran erkennt man entsprechende Situationen?
- Welchen Einfluss übt der Lernkontext auf das in der Situation erkannte Streben aus?
- Welche Reaktion zeigt das Kind auf diese Interaktion bzw. Intervention?

Für jede einzelne Situation ist es dann möglich, die Wirkung der Intervention zu beurteilen und zusammenfassend die Frage zu klären, welche Faktoren das Streben nach Erkenntnis und Selbstständigkeit besonders und hochbegabter Grundschul Kinder in naturwissenschaftlichen Lernkontexten fördern.

#### **Forschungsdesign und -methodik:**

Aus den Fragestellungen wird deutlich, dass ein sehr detaillierter Blick auf einzelne Interaktionen zwischen hochbegabtem Kind und Lernkontext notwendig ist. Daher haben wir uns für eine qualitative Videostudie entschieden. Der methodische Aufbau der Untersuchung richtet sich dabei nach Saldana (2009), dessen Vorgehen zur qualitativen Datengenerierung von uns adaptiert und den Forschungsbedürfnissen dieser Studie angepasst wurde. Die gesamte Analyse des Videomaterials ist in zwei Analyseebenen unterteilt:

Die Makroanalyse dient der Filterung des Videomaterials nach denjenigen Situationen, in welchen das Streben eines Kindes nach Erkenntnis und Selbstständigkeit zu beobachten ist. Dazu werden Kategorien gebildet, die in Anlehnung an Lehwalds Fragebogen Erkenntnisstreben (FES) (vgl. Lehwald 1981) adaptiert wurden. Daraus ergab sich ein Beobachtungskatalog mit 41 Codes, die kommunikativ validiert und anschließend operationalisiert und mit Ankerbeispielen in das Analysemanual aufgenommen wurden. Methodisch wird diese Analyseebene im Rahmen einer kategoriengeleiteten Videoanalyse im Event-Sampling-Verfahren und aufgrund der Datenmenge nahezu in Echtzeit realisiert. (vgl. Niedderer et al. 1998, Fischer & Neumann 2012)

In der Pilotphase der Studie wurden drei AG-Sitzungen mit fünf AG-Leitern und elf Kindern von zwei verschiedenen AGs in der Kinderakademie videografiert, was 4,5 Stunden Videomaterial entspricht. Für die Hauptstudie wurden 19 AG-Sitzungen von fünf unterschiedlichen AGs mit insgesamt sechs AG-Leitern und 31 Kindern videografiert (28,5 Stunden). Es wurden eine statische Kamera für die Aufnahme der Totalen und eine mobile Handkamera zur Unterstützung genutzt. Für die Analyse wurde nur das Material der Totalen

genutzt, um den zeitlichen Aufwand zu begrenzen. Allerdings konnte bei Bedarf auf das weitere Material zurückgegriffen werden (vgl. Jewitt, 2012, Seidel, Meyer & Dalehefte, 2005).

Zur Analyse wurden insgesamt drei Coder mithilfe des Manuals und des Videomaterials geschult. Diese erhielten hierzu im ersten Schritt ein ausgewähltes Video aus der Pilotphase, das jeder separat sequenzierte und codierte. Aufgrund der hochinferenten Codes haben wir auf eine Intercoderreliabilitätsbestimmung verzichtet (vgl. Fischer & Neumann, 2012). Stattdessen wurden jede gefundene Sequenz und die dazugehörige Codierung in Validierungstreffen durch alle drei Coder kommunikativ validiert. Dies wurde mit einem weiteren Video aus der Pilotphase ebenso durchgeführt, um die Sequenzierungs- und Codierungsfähigkeit der Coder zu trainieren.

Aus dem Videomaterial der Hauptphase wurden zwölf Videos ausgesucht. Die Auswahl wurde aufgrund der Verwertbarkeit der Bild- und Tonqualität getroffen. Auch die Analyse dieser Videos wurde nach der Sequenzierung und Codierung durch alle drei Coder kommunikativ validiert. Anschließend werden nun alle Situationen des Strebens der Kinder herausgesucht, die eine Interaktionssequenz mit dem Lernkontext besitzen.

In der Mikroanalyse führen wir eine hermeneutisch-orientierte, sequenzanalytische Videointeraktionsanalyse durch (vgl. Knoblauch, 2004). Diese ermöglicht den detaillierten Blick auf die gefundenen Interaktionen. Dazu werden zunächst die Interaktionssequenzen in einzelne Sequenzelemente zerlegt, die den Situationen: 1. Streben des Kindes, 2. Intervention des Lernkontextes und 3. Reaktion des Kindes entsprechen. Jedes Sequenzelement wird dann kontextbezogen interpretiert, indem zunächst alle möglichen Lesarten der beobachteten Handlungen und zu erwartenden Anschlussoptionen (außer bei Sequenzelement 3.) beschrieben werden. In Codertreffen werden dann die einzelnen Sequenzen anhand der beschriebenen Lesarten und Anschlussoptionen rekonstruktiv analysiert (vgl. Dinkelaker & Herrle 2009), so dass sich eine konsequent logische Interaktionsfolge bestimmen lässt, die nachvollziehbar macht, ob die Intervention des Lernkontextes sich positiv oder negativ auswirkte. Durch die Zusammenführung der erkannten Wirkungen in Kategorien wird es so möglich, diejenigen Faktoren zu bestimmen, die ein Streben nach Erkenntnis und Selbstständigkeit fördern.

#### **Stand der Studie und erstes Ergebnis:**

Die Makroanalyse ist inzwischen abgeschlossen. Derzeit legen wir die Interaktionssequenzen für die Mikroanalyse fest.

Bei der Makroanalyse des Videomaterials fällt auf, dass der mit „Wissensaustausch“ bezeichnete Code am weitaus häufigsten zu beobachten ist. Der „Wissensaustausch“ entspricht dem Lehwald'schen Item: „Von den Menschen meiner Umgebung möchte ich gern alles wissen“ (Lehwald, 1981, S. 362). In unserer Studie ist er mit der Operationalisierung „Wenn das Kind mit anderen Kindern und/oder der AG-Leitung inhaltsbezogen kommuniziert bzw. kommunizieren möchte“ vertreten. Diese Häufigkeit lässt sich mit der guten Codeerkennung und der recht kommunikativ ausgelegten AG-Organisation erklären. Allerdings deutet der extrem hohe Wert von über 86% bezogen auf alle markierten Codes auch an, dass ein großes Bedürfnis an inhaltsbezogenem Austausch auf Seiten der Kinder vorhanden ist. Untermuert wird dies dadurch, dass in allen bisher analysierten AG-Sitzungen der Anteil des codierten Wissensaustausches im Verhältnis zu allen Codierungen nicht unter 76% fällt, unabhängig davon, ob die AG stark kommunikativ oder eher experimentell angelegt ist. Der inhaltsbezogene Austausch scheint also für hochbegabte Kinder ein sehr wichtiger Aspekt zu sein, dem mit dem Blick auf eine angemessene Förderung des Persönlichkeitsmerkmals Erkenntnis- und Selbstständigkeitsstreben Raum und Zeit gegeben werden muss.

**Literatur:**

- Clinkenbeard, P. R. (2012). Motivation and gifted students: Implications of theory and research. In: *Psychology in the Schools*, Vol. 49(7), 2012 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pits.21628/e.pdf>
- Deci, E. L., Ryan, R. M. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. In: *Contemporary Educational Psychology* 25. [http://ac.els-cdn.com/S0361476X99910202/1-s2.0-S0361476X99910202-main.pdf?\\_tid=74b2f21a-1b2e-11e5-ab1c-00000aacb35d&acdnt=1435232384\\_730a1c381d7fce2d5a278aac79dde80b](http://ac.els-cdn.com/S0361476X99910202/1-s2.0-S0361476X99910202-main.pdf?_tid=74b2f21a-1b2e-11e5-ab1c-00000aacb35d&acdnt=1435232384_730a1c381d7fce2d5a278aac79dde80b).
- Dinkelaker J. & Herrle, M. (2009). *Erziehungswissenschaftliche Videografie Eine Einführung*. Reihe: Qualitative Sozialforschung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Feger, B., Prado, T. M. (1998). *Hochbegabung Die normalste Sache der Welt*. Darmstadt: Primus Verlag.
- Fischer, H. E., Neumann, K. (2012). Video Analysis As A Tool For Understanding Science Instruction. In: Jorde, D., Dillon, J. (Hrsg.). *Science Education Research and Practice in Europe Retrospective and Prospectiv*. Rotterdam. Sense Publishers, S. 115-140
- Volume 5 of the series *Cultural Perspectives in Science Education* pp 115-139
- Heller, K. A. (2001). *Hochbegabung im Kindes- und Jugendalter*. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Göttingen: Hogrefe
- Jewitt, C. (2012). *An Introduction to Using Video for Research*. NCRM Working Paper. NCRM. (unveröffentlicht). [http://eprints.ncrm.ac.uk/2259/4/NCRM\\_workingpaper\\_0312.pdf](http://eprints.ncrm.ac.uk/2259/4/NCRM_workingpaper_0312.pdf)
- Knoblauch, H. (2004). Die Video-Interaktions-Analyse. In: *Sozialer Sinn* 5 (2004). 1. S. 123-138. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-7571>
- Lehwald, G. (1981) (1). Verfahren zur Untersuchung der Selbstständigkeit bei Leistungsanforderungen – Skala „schöpferische Tätigkeiten“ (SST). In: Guthke, Witzlack (Hrsg.) *Zur Psychodiagnostik von Persönlichkeitsqualitäten bei Schülern*. Beiträge zur Psychologie, Band 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag, 323 - 344
- Lehwald, G. (1981) (2). Verfahren zur Untersuchung des Erkenntnisstrebens. In: Guthke, Witzlack (Hrsg.) *Zur Psychodiagnostik von Persönlichkeitsqualitäten bei Schülern*. Beiträge zur Psychologie, Band 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag, 345 - 427
- Lehwald, G. (1985). *Zur Diagnostik des Erkenntnisstrebens bei Schülern*. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag.
- Lehwald, G. (2009). Beiträge zur Motivationsdiagnostik und Motivförderung in der Schule (5.–12. Schulstufe). *özbF-Handreichungen zur Differenzierung von Lern-, Trainings- und Motivierungsprozessen* (Heft 2). [http://www.oebf.at/cms/tl\\_files/Publikationen/Veroeffentlichungen/lehwald\\_2\\_small.pdf](http://www.oebf.at/cms/tl_files/Publikationen/Veroeffentlichungen/lehwald_2_small.pdf). 26. Juni 2015
- Lehwald, G., Paternostro, M. (2010). Beiträge zur Motivationsdiagnostik bei Volksschulkindern. *ÖZBF Handreichung zur Differenzierung von Lern-, Trainings- und Motivierungsprozessen* (Heft 3). [http://www.oebf.at/cms/tl\\_files/Publikationen/Veroeffentlichungen/Lehwaldheft\\_3\\_kleiner.pdf](http://www.oebf.at/cms/tl_files/Publikationen/Veroeffentlichungen/Lehwaldheft_3_kleiner.pdf). 26. Juni 2015
- Mönks, F. J., Ypenbeurg, I. H. (2000). *Unser Kind ist hochbegabt: ein Leitfaden für Eltern und Lehrer*. 3. Auflage. München, Basel: Reinhardt Verlag
- Niedderer, H., Tiberghien, A., Buty, C., Haller, K., Hucke, L., Sander, F., ... Welzel, M. (1998). *Category Based Analysis of Videotapes from Labwork (CBAV) - Method and Results from Four Case-Studies; Targeted Socio-Economic Research Programme. Project PL 95-2005 Labwork in Science Education*. <http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1998-WP9.pdf>.
- Saldana, J. (2009). *The Coding Manual for Qualitative Researchers*. 3. Edition. London: SAGE Publications Ltd
- Seidel, T., Dalehefte, I. M., Meyer, L. (2005). „Das ist mir in der Stunde gar nicht aufgefallen...“ – Szenarien zur Analyse von Unterrichtsaufzeichnungen. In: Welzel, M., Stadler, H. (Hrsg.) „Nimm doch mal die Kamera!“ *Zur Nutzung von Videos in der Lehrerbildung – Beispiele und Empfehlungen aus den Naturwissenschaften*. Münster: Waxmann, 133 - 154
- Trautmann, T. (2008). *Hochbegabt - was n(t)un? Hilfen und Überlegungen zum Umgang mit Kindern*. Reihe: Hochbegabte, Bd. 6. 2. Auflage. Berlin: LIT Verlag

Andreas Kral<sup>1</sup>  
 Christian Theis<sup>1</sup>  
 Bernadette Schorn<sup>1</sup>  
 Heidrun Heinke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen

## Praxistauglicher Einstieg in die Quantenphysik mit Realexperimenten

### Einbettung und Ziele

Realexperimente nehmen jeweils eine zentrale Rolle in der naturwissenschaftlichen Forschung und im naturwissenschaftlichen Unterricht ein. Allerdings unterscheidet sich das Experimentieren in der Forschung maßgeblich vom Experimentieren im Unterricht (vgl. Heinicke & Peters 2014). Unter der Prämisse, dass Entwicklungen für die Praxis dort auch Bestand haben sollen, ist es erforderlich, Experimente bei der Übertragung aus der Forschung in die Schule unter Berücksichtigung schulpraktischer Überlegungen zu entwickeln. Der Beitrag zielt darauf ab, schulpraktische Überlegungen für die Entwicklung von komplexeren Experimenten vor dem Hintergrund der vielfältigen Anforderungen im Schulalltag zu formulieren, zusammenzufassen und exemplarisch für ein Experiment für den Einstieg in die Quantenphysik zu konkretisieren.

In verschiedenen physikdidaktischen Veröffentlichungen (vgl. z.B. Muckenfuß, 1995; Kircher et al., 2009) werden psychologische Aspekte zum Lernen, zur Wahrnehmung und zur Motivation als bedeutsame Kriterien benannt, die beim Einsatz von Experimenten in der Schule berücksichtigt werden sollten. Diese schulpraktischen Kriterien orientieren sich an den Schülerinnen und Schülern. Die Perspektive der Lehrerinnen und Lehrer sowie schulinterne Rahmenbedingungen für den Einsatz von Experimenten wurden in der Literatur bisher kaum diskutiert.

### Praxistaugliche Realexperimente als Einstieg in die Quantenphysik

Die Formulierung und Zusammenstellung der Kriterien erfolgt anhand eines Realexperiments, das bislang in der Hochschulausbildung eingesetzt wird (vgl. Weis & Wynands 2003; Dimitrova & Weis, 2008 und Rueckner & Peidle, 2013) und für einen Einsatz in der Schule weiterentwickelt und angepasst wurde. Dabei handelt es sich um das Doppelspaltexperiment mit geringen Lichtintensitäten, das für einen Einstieg in die Quantenphysik verwendet wird (s. Abb. 1).

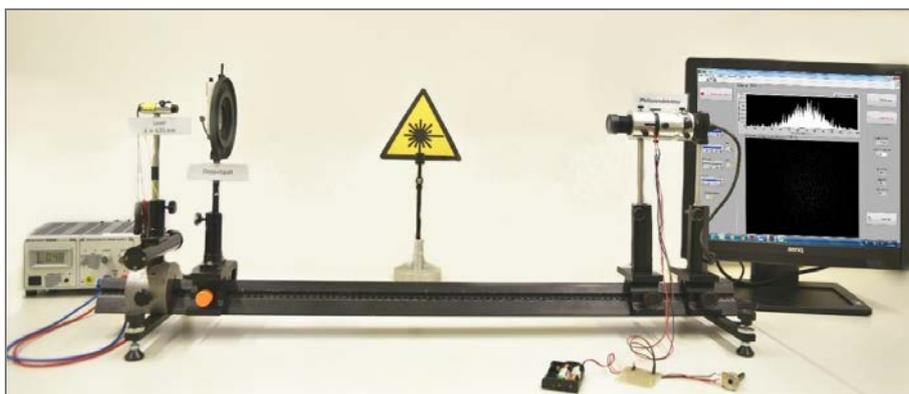


Abb. 1 Darstellung des Doppelspaltexperiments zum Einstieg in die Quantenphysik

Ausgehend vom etablierten Konzept der „Wesenszüge der Quantenphysik“ (Müller & Küblbeck, 2007) wurde der experimentelle Aufbau an der RWTH Aachen so weiterentwickelt, dass mit einem schulpraxistauglichen Flächendetektor eine sich zeitlich aufbauende Photondichte visualisiert und darüber ein experimenteller Zugang zu den Wesenszügen der Quantenphysik mit ihren Interpretationsfragen im Realexperiment ermöglicht wird. Eine ausführlichere Beschreibung des in Abb. 1 dargestellten experimentellen Aufbaus findet sich in (Kral et al., 2016). Bei der Entwicklung des Experiments wurde von Beginn an auch die Expertise erfahrener Lehrkräfte berücksichtigt. Im Folgenden werden die dabei abgeleiteten Kriterien zur Praxistauglichkeit von komplexeren experimentellen Aufbauten vorgestellt, die bei der Entwicklung des Experiments berücksichtigt wurden.

### **Kriterien für einen praxistauglichen Einsatz von Realexperimenten im Schulunterricht**

Bei der Entwicklung komplexerer Versuchsaufbauten, wie beim hier betrachteten Doppelspaltexperiment stößt man schnell an unterschiedliche Grenzen der Umsetzbarkeit für den Einsatz im Schulalltag. So haben fachdidaktische Forschungsarbeiten gezeigt, dass die Wirkung, die ein Realexperiment im Unterricht entfalten kann, in der Regel eher von der Einbindung in den Unterricht abhängt als vom materiellen Versuchsaufbau (vgl. Maurer & Rincke, 2013). Trotzdem gibt es Grenzen, die vom materiellen Versuchsaufbau abhängen. So ist es aktuell noch nicht möglich dieses Experiment kostengünstig mit einzelnen Photonen zu realisieren. Im Folgenden werden verschiedene Kriterien dargestellt, die bei der Entwicklung komplexerer Experimente für die Schulpraxis von Bedeutung sind.

Realexperimente erweisen sich aus wahrnehmungspsychologischer Sicht als praxistauglich, wenn ihre Elemente gut sichtbar, klar akzentuiert, auf das Wesentliche beschränkt und mit Beschriftungen klar gegliedert sind (vgl. Kircher et al., 2009). Es ist leicht einzusehen, dass die Erfüllung dieser Anforderungen mit zunehmender Komplexität der Experimente anspruchsvoller wird. Abb. 1 zeigt, dass die genannten Aspekte in dem hier diskutierten quantenphysikalischen Experiment berücksichtigt wurden. Aus lernpsychologischer Sicht ist auf eine angemessene Strukturierung der Lerninhalte zu achten. Beim vorgeschlagenen Einsatz des diskutierten Experiments sollen die Schülerinnen und Schüler das experimentelle Ergebnis des Durchtritts von wenigen Photonen durch den Doppelspalt mit dem Resultat eines klassischen Realexperiments (Farbmuster nach Durchtritt von Tröpfchen aus einer Farbspraydose) vergleichen und dadurch eine Abgrenzung quantenphysikalischer Phänomene vornehmen. Aus motivationspsychologischer Sicht ist es sinnvoll den Ablauf des Experiments interessant und abwechslungsreich zu gestalten sowie die Lernenden aktiv einzubinden (vgl. Kircher et al., 2009). Erste Erfahrungen mit dem entwickelten Experiment zeigen, dass besonders der zeitlich verlangsamte Aufbau des Interferenzbildes nach dem Durchtritt weniger Photonen durch den Doppelspalt für die Schülerinnen und Schüler stark motivierend wirkt.

### *Perspektive der Lehrerinnen und Lehrer*

Damit die Lehrkraft ein komplexeres Experiment im Unterricht regelmäßig sinnvoll einsetzen kann, muss das Experiment verschiedene Anforderungen erfüllen. Hier wird zwischen primären und sekundären Kriterien unterschieden. *Primäre Kriterien* sind für eine Durchführung des Experiments im Unterricht zwingend notwendig, während *sekundäre Kriterien* zusätzliche, attraktive Funktionalitäten des Experiments betreffen. Beide Typen der Kriterien gelten prinzipiell für den Einsatz des Experiments im Unterricht unabhängig vom konkreten Schulstandort. Darüber hinaus gibt es schulinterne und damit schulspezifische Rahmenbedingungen. Eine Zusammenfassung der abgeleiteten Kriterien, die bei der Entwicklung komplexerer Experimente unter dem Aspekt der Schulpraxistauglichkeit des Experiments zu beachten sind, zeigt Tab. 1.

<b>Primäre Kriterien</b> - notwendig - allgemeingültig	- Curriculare Verankerung - Sicherheit - Durchführbarkeit im Unterricht (z.B. Umgebungslicht, benötigter Platz, Justageaufwand) - Stabilität des experimentellen Aufbaus - Reproduzierbarkeit der Messergebnisse
<b>Sekundäre Kriterien</b> - nützlich - allgemeingültig	- Variable Versuchsdauer - Flexibilität der Einsatzmöglichkeiten (z.B. Wahl zwischen Demonstrations- oder Schülerexperiment) - geringer Zeitraum für Aufbau, Justage und Abbau - Mobilität
<b>Schulinterne Rahmenbedingungen</b> - notwendig - schulspezifisch	- Experimentierkompetenz der Lehrerinnen und Lehrer - Anschaffungskosten - Ausstattung der Sammlung (z.B. bereits vorhandener Experimentiermaterialien) - Lagerungsmöglichkeit für Experimente

Tab. 1 Kriterien für den praxistauglichen Einsatz von komplexeren Experimenten im Physikunterricht aus Perspektive der Lehrkräfte und Schulen

Zum Kriterium der curricularen Verankerung sei angemerkt, dass es neben den engen inhaltlichen Bezügen auch methodische Aspekte sowie erweiterte Kontexte eines experimentellen Aufbaus geben kann, aus denen sich weitere Optionen der curricularen Verankerung ergeben können. Am hier vorgestellten Realexperiment können vielfältige prozessbezogene Kompetenzen aus dem Bereich der Erkenntnisgewinnung geschult werden. Außerdem lassen sich zur Erklärung der Funktionsweise des entwickelten Photonendetektors vielfältige inhaltliche Kontexte finden, wie z.B. der Kontext der Nachtsichtgeräte (vgl. Bammel, 2008). Die weiteren primären Kriterien der Sicherheit, der Durchführbarkeit im Unterricht, der Stabilität des experimentellen Aufbaus und der Reproduzierbarkeit der Messergebnisse (bis auf stochastische Schwankungen) weisen darauf hin, dass der materielle Versuchsaufbau zunächst für den Unterricht handhabbar, sicher und zuverlässig funktionierend entwickelt werden muss, bevor eine Einbindung in den Unterricht möglich ist. Damit stellen die primären Kriterien an den materiellen Versuchsaufbau eine Voraussetzung für die Einbindung in den Unterricht dar.

Bei der Entwicklung des experimentellen Einstiegs in die Quantenphysik unter Nutzung des in Abb. 1 dargestellten Experiments wurden neben den aufgeführten Kriterien weitere Ergebnisse fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten berücksichtigt. Insbesondere wurde aufbauend auf dem Realexperiment auch eine exemplarische Unterrichtskonzeption entwickelt, da die Vor- und Nachbereitung von Experimenten ihre Lernwirksamkeit entscheidend beeinflusst (vgl. Tesch, 2004).

### Fazit und Ausblick

Im Zuge der Entwicklung eines schulpraxistauglichen experimentellen Zugangs zur Quantenphysik unter Nutzung eines adaptierten Doppelspaltexperiments mit wenigen Photonen (Kral et al., 2016) wurden Kriterien der Praxistauglichkeit für den Einsatz von komplexeren Experimenten im Schulunterricht abgeleitet und hier vorgestellt. Ein Schwerpunkt der Darstellung lag dabei auf Kriterien, welche die Perspektive der Lehrkräfte und schulinterne Rahmenbedingungen betreffen, die bislang in der fachdidaktischen Literatur wenig Beachtung fanden. Es ist geplant die vorgestellten Kriterien durch weitere Lehrkräfte kritisch bzgl. ihrer Zuordnung und Relevanz beurteilen zu lassen und diese ggfs. zu ergänzen. Die formulierten Kriterien sollten bei weiteren Entwicklungsarbeiten komplexerer Experimente für den Schulunterricht Berücksichtigung finden und können auch dabei ggfs. ergänzt werden.

**Literatur**

- Bammel, K. (2008) Physik im Alltag - Wenn die Nacht zum Tage wird. In PhysikJournal 7 Nr. 10, S. 50-51.
- Dimitrova, T. L. & Weis, A. (2008): The wave-particle duality of light: A demonstration experiment. Am. J. Phys. 76, 137.
- Heinicke, S. & Peters, S. (2014): Was ist Experimentieren? Populäre Sichtweisen unter der Lupe. In NiU144, S.10-13.
- Kircher, E. et al. (2009): Physikdidaktik – Theorie und Praxis. Zweite Auflage. Heidelberg: Springer-Verlag. S. 244- 264.
- Kral, A., Theis, C. & Heinke, H. (2016): Der Photonendetektor für die Schule als Einstieg in die Quantenphysik. In PhyDid B (in Begutachtung).
- Tesch, M. & Duit, R. (2004): Experimentieren im Physikunterricht. Ergebnisse einer Videostudie. In: ZfDN 10, S. 51-69.
- Muckenfuß, H. (1995): Lernen im sinnstiftenden Kontext - Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts. Berlin: Cornelsen. S. 334 - 339.
- Müller, R. & Küblbeck, J. (2007): Die Wesenszüge der Quantenphysik - Modelle, Bilder und Experimente. Aulis-Verlag, 2. Auflage, S. 25-51.
- Maurer, C. & Rincke, K. (2013). Zielgerichtetes Experimentieren. In: S. Bernholt, Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover.
- Rueckner, W. & Peidle, J. (2013): A lecture demonstration of single photon interference. Am. J. Phys 81(12), 951-958.
- Weis, A. & Wynands, R. (2003): Three demonstration experiments on the wave and particle nature of light. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule. PhyDid 1/2. S.67-73.

Katrin Weber<sup>1</sup>  
 Markus Emden<sup>2</sup>  
 Elke Sumfleth<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule  
 Schwäbisch Gmünd

## Validierung einer Learning Progression zum Konzept der Stoffumwandlung

In dieser Studie wird eine Learning Progression zum Konzept der Stoffumwandlung in der Sekundarstufe I an Gymnasien entwickelt und validiert. Dabei werden die Basiskonzepte „Struktur der Materie“ und „Chemische Reaktion“ zugrunde gelegt (vgl. MSW, 2008).

### Theoretischer Hintergrund

Die Studie folgt dieser Definition: „Learning progressions are descriptions of the successively more sophisticated ways of thinking about a topic that can follow one another as children learn about and investigate a topic over a broad span of time“ (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007, S. 214). Validierte Learning Progressions skizzieren empirisch überprüfte Lernwege, die der Curriculums-Entwicklung und als Orientierungshilfe für die Unterrichtsplanung dienen können (vgl. Weber, Emden & Sumfleth, 2016). Learning Progressions bestehen aus einer oder mehreren Progressionsvariablen (Corcoran, Mosher & Rogat, 2009), die die kognitiven Dimensionen beschreiben, die durch das Lernen entwickelt werden sollen. Die Progressionsvariablen umfassen mehrere Progressionsstufen, die durch das Erreichen von für die einzelnen Stufen charakteristischen Fähigkeiten definiert sind.

### Forschungsfragen

- Kann mit Hilfe einer Learning Progression die Entwicklung von 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 Dimensionen „Chemische Reaktion“ und „Struktur der Materie“ in wechselseitiger Abhängigkeit?

### Forschungsdesign und Methoden

Die zu erreichenden Ziele der Learning Progression sind auf Grundlage der Bildungsstandards (KMK, 2005) und des Kernlehrplans Chemie für die Sekundarstufe I an Gymnasien (MSW, 2008) formuliert worden. In einer Strand Map (vgl. Weber, Emden & Sumfleth, 2016) werden einzelne Fähigkeiten, die der Erreichung dieser Ziele dienen, sowie deren Abhängigkeiten dargestellt (analog zu: AAAS, 2007). Die angenommenen Fähigkeiten, die die Learning Progression zum Konzept der Stoffumwandlung strukturieren, werden folgenden Progressionsstufen zugeordnet:

Progressionsstufe	Progressionsvariable	
	Struktur der Materie auf der Ebene...	Chemische Reaktion als...
3	...des Bohrschen Atommodells	...Veränderungen in der Elektronenhülle
2	...des Daltonschen Atommodells	...Umgruppierung von Atomen
1	...der Phänomene	...Bildung von neuen Stoffen

Tab. 1: Progressionsstufen der Learning Progression zur Stoffumwandlung.

Die Validierung erfolgt durch eine Schülerbefragung in den Jahrgangsstufen 7 bis 9 ( $N = 590$ ) mit einem Paper-Pencil-Test im Multiple-Choice-Single-Select-Format. Es wird

ein Multi-Matrix-Design verwendet. Mit IRT-Methoden werden die Item-Schwierigkeiten geschätzt und Dimensions- sowie Korrelationsanalysen durchgeführt.

### Erste Ergebnisse

Ein zweidimensionales Modell mit den Dimensionen „Struktur der Materie“ und „Chemische Reaktion“ bildet die Daten besser ab als ein eindimensionales Modell (vgl. Weber, Emden & Sumfleth, 2016). Dies belegt auch ein Vergleich der Informationskriterien BIC, AIC und CAIC und der Deviance für die beiden Modelle. Die Signifikanz von  $\Delta$  Deviance ist gemäß dem Likelihood-Quotienten-Test auf dem 0,1%-Niveau signifikant ( $\Delta$  Deviance = 2202.467\*\*\*<sup>1</sup>). Die Item Separation Reliabilität beträgt .933. Die EAP/PV Reliabilitäten liegen bei .838 (Struktur der Materie) und .805 (Chemische Reaktion). Die latente Korrelation zwischen beiden Dimensionen beträgt .953 und die Korrelation der WLE-Schätzer .624\*\*. Eine Sichtung der Wright Map zeigt, dass Items, die Fähigkeiten im oberen Bereich der Strand Map entsprechen, als eher schwierig geschätzt werden (vgl. Weber, Emden & Sumfleth, 2016). Items zu der in der Strand Map am weitesten unterliegenden Fähigkeit aus der Progressionsvariablen „Chemische Reaktion“ finden sich erwartungsgemäß am unteren Ende der Wright Map (Mittlerer Schätzer: -.774). Entgegen der Erwartung erweisen sich vier von fünf Items zu der – erwartet: sehr leichten – Fähigkeit „Reinstoffe und Stoffgemische unterscheiden“ als sehr schwierig (Mittlerer Schätzer: 1.470). Für die nachfolgenden Analysen wurden 7 Items aus dem Itempool (100 Items) aufgrund ihrer schlechten Fit-Indizes (vgl. Wright & Linacre, 1994; Bond & Fox, 2015) und 13 Items aufgrund ihrer geringen Trennschärfe ( $r_{it} \leq .25$ ; vgl. Ferber, 2014) eliminiert. Die Item Separation Reliabilität liegt danach bei .921. Die EAP/PV-Reliabilitäten betragen im Anschluss .843 (Struktur der Materie) und .804 (Chemische Reaktion). Die Reliabilitäten sind auch nach Entfernung der Items nicht deutlich schlechter. Die Itemschwierigkeiten unterscheiden sich zwischen den beiden Dimensionen nicht signifikant ( $t(78) = -1.974, p = .52$ ). Mit Hilfe einer ANOVA wurde herausgestellt, dass sich die Itemschwierigkeiten zwischen den Progressionsstufen der Dimension „Struktur der Materie“ signifikant voneinander unterscheiden ( $F(2, 58) = 6.124, p = .004$ , partielles  $\eta^2 = .18$ ; vgl. Abb. 1).

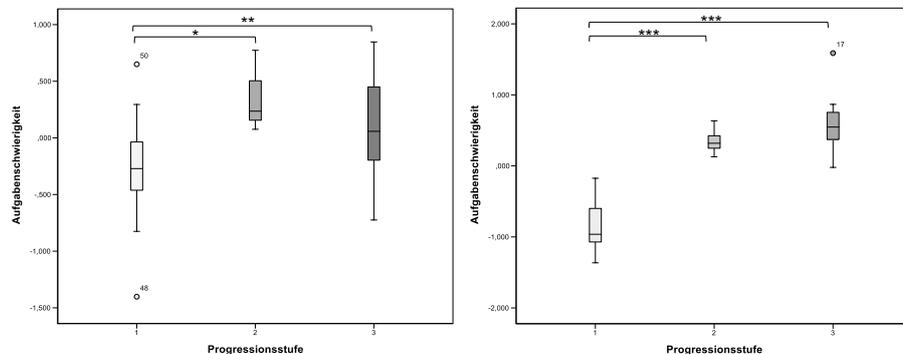


Abb. 1. Itemschwierigkeit für die drei Progressionsstufen für die Progressionsvariablen „Struktur der Materie“ (links) und „Chemische Reaktion“ (rechts).

Ergänzend zeigen Berechnungen von nicht-orthogonalen Kontrasten, dass sich zwischen den Progressionsstufen 1 und 2 signifikante und zwischen 1 und 3 hoch signifikante, zwischen den Stufen 2 und 3 hingegen keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Itemschwierigkeit finden lassen. Gleichermäßen zeigen sich Unterschiede bezüglich der

<sup>1</sup> \*\*\* höchst signifikant ( $p \leq .001$ ); \*\* hoch signifikant ( $p \leq .01$ ); \*signifikant ( $p \leq .05$ )

Itemschwierigkeiten zwischen den Progressionsstufen der Dimension „Chemische Reaktion“ ( $F(2, 20) = 22.785, p < .001, \text{partielles } \eta^2 = .72$ ). Auch hier zeigen Kontrastberechnungen, dass zwischen den Progressionsstufen 1 und 3 und 1 und 2 höchst signifikante Unterschiede bezüglich der Itemschwierigkeiten bestehen. Es kann kein signifikanter Unterschied zwischen den Progressionsstufen 2 und 3 gezeigt werden. Berechnet man für die Jahrgangsstufen 7, 8 und 9 getrennte Rasch-Modelle, werden für die Jahrgangsstufe 7 im Gegensatz zu den anderen beiden Jahrgangsstufen nur sehr geringe EAP/PV-Reliabilitäten von .308 (Struktur der Materie) und .387 (Chemische Reaktion) erreicht (vgl. Tab. 2).

Itemkennwerte	Jahrgangsstufe 7		Jahrgangsstufe 8		Jahrgangsstufe 9	
$N_{\text{Stichprobe}}$	189		225		176	
$N_{\text{Items}}$	59	21	59	21	59	21
EAP/PV Reliabilität	.308	.387	.833	.795	.864	.842
Item Separation Rel.	.778		.810		.819	

Tab. 2. EAP/PV Reliabilitäten und Item Separation Reliabilitäten der Rasch-Modelle für die einzelnen Jahrgangsstufen 7, 8 und 9.

Auch die Item Separation Reliabilität ist für die Jahrgangsstufe 7 deutlich geringer als die anderen beiden Jahrgangsstufen. Eine Wright Map für die Jahrgangsstufe 7 zeigt deutliche Bodeneffekte, wenngleich auch hier Items der ersten Progressionsstufe größtenteils im unteren Bereich der Wright Map liegen und Items der zweiten und dritten Progressionsstufe im oberen. Das Erhebungsinstrument erscheint für die Jahrgangsstufe 7 nicht hinreichend sensibel. Die Wright Maps für die Jahrgangsstufen 8 und 9 deuten jeweils eine bessere, annehmbare Passung zwischen Personenfähigkeiten und Itemschwierigkeiten an.

### Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass ein zweidimensionales Modell mit den Dimensionen „Struktur der Materie“ und „Chemische Reaktion“ angenommen werden kann. Die hohe latente Korrelation lässt vermuten, dass die Dimensionen nicht vollständig trennbar sind. Die latente Korrelation ist gegenüber der Korrelation der WLE-Schätzer messfehlerbereinigt; letztere kann analog der Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson interpretiert werden (Artelt & Schlagmüller, 2004) und liegt im vorliegenden Fall bei .624<sup>\*\*</sup>. Die Unterschiede der Deviance und der Informationskriterien stützen die Annahme, dass der Test ein zweidimensionales Konstrukt erhebt. Sowohl die Ergebnisse der ANOVA als auch der Kontrastberechnung zeigen, dass für beide Dimensionen die Items der Progressionsstufe 1 im Mittel leichter sind als jene der Progressionsstufen 2 und 3. Die Progressionsstufen 2 und 3 unterscheiden sich in ihren Itemschwierigkeiten nicht signifikant. Eine Ursache könnte die im Unterricht häufig kurze Thematisierung des für die Progressionsstufe 2 relevanten Daltonschen Atommodells sein. Es ist auch möglich, dass es den Lernenden relativ leichtfällt, Fähigkeiten auf der dritten Progressionsstufe zu erwerben, wenn ihnen einmal der Konzeptwechsel zwischen Phänomen- und Teilchenebene gelungen ist, sodass die zusätzliche Schwierigkeit in einem weiteren diskontinuierlichen Modell statistisch nicht bedeutsam ist. Die unerwartet schwierige Schätzung von Items zur Unterscheidung zwischen Reinstoff und Stoffgemisch widerspricht zunächst der Annahme der Strand Map. Es ist jedoch möglich, dass diese Fähigkeit nach ihrem initialen Erwerb für den später folgenden Fähigkeitserwerb nicht mehr *explizit* abrufbar sein muss. Diese Annahme könnte auch weitere unerwartete Schwierigkeitsstufungen in den Jahrgangsstufen 8 und 9 erklären, in denen Items der Progressionsstufen 2 und 3 teils einfacher geschätzt werden als Items der Progressionsstufe 1. Weitere Analysen (Bayessche Netze) sollen hier Aufschluss geben.

**Literatur**

- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (2007). Atlas of Science Literacy. Volume 2. Washington, DC: AAAS
- Artelt, C. & Schlagmüller, M. (2004). Der Umgang mit literarischen Texten als Teilkompetenz im Lesen? Dimensionsanalysen und Ländervergleiche (S. 169-179). In Schiefele, U., Artelt, C., Schneider, W., & Stanat, P. (Hrsg.): Struktur, Entwicklung und Förderung von Lesekompetenz. Vertiefende Analysen im Rahmen von PISA 2000. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Bond, T. G. & Fox, C. M. (2015). Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences. New York, NY: Routledge
- 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
- Kultusministerkonferenz (KMK). (2005). Bildungsstandards für das Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW). (2008). Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Chemie. Frechen: Ritterbach Verlag
- Weber, K., Emden, M., & Sumfleth, E. (2016). Entwicklung von Fachwissen im Basiskonzept „Chemische Reaktion“ (S. 226-228). In Maurer, C. (Hrsg.): Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. Regensburg: Universität Regensburg
- Wright, B. D. & Linacre, M. (1994). Reasonable mean-square fit values. <http://rasch.org/rmt/rmt83b.htm> abgerufen am 12.10.2015

### **Implementation nur bedingt gelungen: Stärken und Schwächen von Seminarfächern aus der Perspektive der Lehrkräfte**

Goldenbaum (2012) stellte fest: „Der Frage, welche Kompetenzen von Lehrpersonen die Umsetzung von Innovationen im Einzelnen begünstigen, hat sich die Implementationsforschung [...] bislang (noch) nicht explizit zugewendet“. Die hier vorgestellte Studie setzt an dieser Stelle an und ist dabei auf das Professionswissen von Chemie-Lehrkräften fokussiert.

#### **Forschungskontext**

Als Reaktion auf Studien wie TOSCA oder TIMMS, die deutliche Defizite bei deutschen Abiturienten aufzeigten (Trautwein, Neumann, Nagy, Lüdtke, & Maaz, 2010), sollte die bayerische gymnasiale Oberstufe stärker auf die Anforderungen von Studium und Berufsleben ausgerichtet werden. Hierfür wurden Seminarfächer als vertiefte Lernleistung eingeführt. Im Gegensatz zu Seminarskursen anderer Bundesländer etablierte man zwei unterschiedliche Typen, die Wissenschaftspropädeutischen- (W-Seminare) und die Projekt-Seminare (P-Seminare). Diese Seminarfächer unterscheiden sich von allen anderen Fächern des Fächerkanons vor allem darin, dass es keinen Lehrplan für sie gibt und sie von der Lehrkraft zeitlich flexibel gestaltet werden können. Die Rahmenvorgaben für die Seminare wurden den Lehrkräften in einer kurzen Implementationsphase vor Einführung der Seminarfächer primär über eine ausführliche Broschüre kommuniziert (ISB, 2007). Weiterhin wurden einzelne Lehrkräfte als Multiplikatoren ausgebildet, die ihr Wissen in schulinternen Lehrerfortbildungen weitergeben sollten. Auf dieser Grundlage werden seit der Einführung des achtjährigen Gymnasiums in 2010 von allen Gymnasiallehrern Bayerns Seminarfächer unterrichtet.

#### **Fragestellung und Methode**

Seminarfächer sind, als ein in vielen Facetten neues und offen angelegtes Unterrichtsformat zu sehen. Weiterhin sollen in ihrem Rahmen Inhalte wie Projektmanagement und Berufs- und Studienberatung (BuS) vermittelt werden, die bisher kein Inhalt des Chemie-Lehrplans waren. Damit stellte sich die Frage, welche neuen professionellen Herausforderungen Chemie-Lehrkräfte bei der Durchführung von Seminarfächern nach ihren eigenen Aussagen bewältigen müssen und wie sie diesen Herausforderungen begegnen. Mit in einer Pilotstudie entwickelten Leitfäden wurden Lehrkräfte in 16 Interviews befragt und diese per qualitativer Inhaltsanalyse in Anlehnung an Mayring ausgewertet. Die Hauptkategorien wurden deduktiv aus dem Modell professioneller Kompetenz der COACTIV-Studie (Kunter et al., 2011) und in Anlehnung an ProwiN (Borowski et al., 2014; Jüttner & Neuhaus, 2013; Tepner et al., 2012) gewonnen. Die Aussagen der Lehrkräfte bedienten einerseits alle Hauptkategorien, und andererseits mussten keine weiteren geschaffen werden. Alle beteiligten Codierer waren selbst erfahrene Gymnasial-Lehrkräfte für Chemie. Die Unterkategorien wurden induktiv aus dem Material entwickelt und ergaben drei Facetten, unter denen die Aussagen zum Professionswissen weitergehend betrachtet wurden. Diese resultierten in Sub-Kategorien 1) zur Detektion von Themenfeldern, 2) zum Anforderungsniveau an die Lehrkräfte (Weirauch & Geidel, 2015) sowie 3) zur Fachspezifität der Anforderungen. Zur Kategorisierung der Aussagen der Lehrkräfte danach, ob es sich um fachspezifisch und damit „generisches“ Wissen einer Gymnasial-Lehrkraft der Naturwissenschaft handelte oder nicht, musste ein

Modell des professionellen Wissens im Hinblick auf die Fachspezifität entworfen werden<sup>1</sup>. Dies ermöglichte die Unterscheidung von vier Fällen: 1) Fachspezifisches Wissen, das im „normalen“ Chemie-Unterricht benötigt wird, 2) Fachspezifisches Wissen, das zusätzlich in den Seminarfächern benötigt wird, 3) Fachunabhängiges Wissen für den üblichen Unterricht im Gymnasium und 4) Fachunabhängiges Wissen für Seminarfächer. Hiermit wurde es möglich, aus den Aussagen der Lehrkräfte Inhalte eines spezifisch für die Seminarfächer nötigen professionellen Wissens zu beschreiben.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Sowohl für W- als auch für P-Seminare ergaben die Aussagen der Lehrkräfte, dass ihnen maßgebliche professionelle Kompetenzen für eine erfolgreiche Umsetzung der Seminarfächer fehlte. In den W-Seminaren scheiterten die Lehrkräfte häufig daran, die Schüler zu einer naturwissenschaftlichen Fragestellung zu führen (Weirauch & Geidel, 2015). Dies bestätigt Befunde aus der Literatur (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Neumann & Kremer, 2013) wonach Lehrkräften fachspezifische didaktische Kompetenzen (PCK) zur Vermittlung von „Nature Of Science Inquiry“ fehlen. Für die erfolgreiche Umsetzung der P-Seminare müssen die Lehrkräfte – unabhängig von ihrem Fach – über Fachwissen (CK) und Fachdidaktisches Wissen (PCK) zu Projektmanagement und BuS verfügen. Beides fehlte den Lehrkräften nachweislich, womit die Implementation dieser Seminarfächer nicht gelang. Wie von Hertel belegt (2009), kann die notwendige Expertise für eine erfolgreiche Berufs- und Studienberatung aufgrund des Umfangs nicht im Rahmen von Lehrerfortbildungen erworben werden. Aus diesem Grunde plädieren wir dafür, die Berufs- und Studienberatung im Gymnasium von den P-Seminaren abzukoppeln und von externen Spezialisten durchführen zu lassen. Im Gegensatz dazu zeigt diese Studie, dass ausgewählte Inhalte des Projektmanagements gut in Lehrerfortbildungen erworben und dann erfolgreich in P-Seminaren umgesetzt werden können. Um eine erfolgreiche Implementation der P-Seminare zu erreichen, müssen dementsprechend alle Gymnasial-Lehrkräfte zum Thema Projektmanagement-Methoden fortgebildet werden.

Die konzeptuelle Anlage der Seminarfächer (dezentrale Struktur, methodische Vielfalt, Verantwortungsübergabe an SuS) fordert das pädagogisch-psychologische Wissen und Können der Lehrkräfte (PK) in anderer Weise, als regulärer Unterricht dies tut. Die den Lehrkräften gewährten Freiheiten bergen das Potenzial sehr motivierend zu sein, da Lehrkräfte und Schüler in Bezug auf Thema und Umsetzung ihre Ideen einbringen können. Andererseits führt die gewährte Freiheit dazu, dass vielen Lehrkräften nicht klar ist, welche Leistungen in diesen Seminarfächern zu erbringen und zu bewerten sind. Damit gehen oft eine fehlende Struktur des Unterrichts und schließlich Probleme mit der Disziplin der Schüler einher. Ein möglicher „didaktischer Hebel“ kann in diesem Fall der Echtheitscharakter der Aufgabe sein: Gehen die Schüler im W-Seminar einer echten Fragestellung nach (statt ein Thema zu bearbeiten), so kann daraus eine größere Motivation erwachsen. Diese kann zu einem „Wissen-wollen“ und letztlich zu wirklichem und stringentem Arbeiten im Sinne eines naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges führen. Für ein P-Seminar kann sich der Echtheitscharakter aus dem „externen Spiegel“ der von den Schülern erbrachten Leistung ergeben. Ein solcher kann ein authentisches Publikum sein, ein Experte (der die Leistung anerkennt) oder ein externer Partner (für den eine konkrete Leistung erbracht werden muss). In jedem Fall ist ein Projektmanagement für den Erfolg notwendig. Dieses gibt wiederum Struktur, die disziplinarische Probleme zu vermeiden hilft.

---

<sup>1</sup> Veröffentlichung in Vorbereitung

Eine weitere Herausforderung an das PK der gymnasialen Lehrkräfte ist, dass Seminarfächer sich nicht frontal unterrichten lassen, denn die Schüler sollen selbst aktiv werden und ihr Tun eigenverantwortlich mitbestimmen. Der Lehrer ist „Initiator, Mediator, Motivator, Organisator, Koordinator, Bewerter, aber er ist nicht Allwissender“ (Habelitz-Tkocz & Hörnig, 2011). Das Verhältnis zwischen Lehrkraft und Schüler verschiebt sich in den Seminarfächern also hin zu einem solidarischen Arbeiten und Lernen. Autoritär begründete disziplinarische Maßnahmen greifen damit nicht mehr. Unter „Leistung“ sollen in den Seminarfächern vor allem erworbene Kompetenzen verstanden werden. Für die Bewertung derselben – zum Beispiel beim Arbeiten im Labor oder innerhalb des Projekt-Teams – müssen die Lehrkräfte passende Methoden finden und anwenden. Die Lehrkräfte müssen also insgesamt eine moderne Pädagogik leisten, womit Seminarfächer letztlich ein Anstoß zur Weiterentwicklung der einzelnen Lehrkraft sein können.

Darüber hinaus scheinen Seminarfächer auch Auswirkungen auf die Situation im Kollegium einer Schule zu haben: Alle Kollegen unterrichten nun ein gemeinsames „Fach“. Daraus ergibt sich eine neue Kommunikationsebene über die bisherigen Fächergrenzen hinaus. Nach Aussage der Lehrkräfte stoßen die Seminarfächer damit einerseits einen vielfach geforderten Schritt hin zu fächerübergreifenden professionellen Lerngemeinschaften an (Lohwasser, 2013). Andererseits wurde offenbar, dass für viele Lehrkräfte diese Kommunikation mit Kollegen die primäre Informationsquelle über die Umsetzung der Seminarfächer ist und damit essentieller Faktor für deren Implementation war. Dies bestätigt Befunde aus der Literatur, wonach nicht nur der Fortbildung der einzelnen Lehrkraft, sondern auch den Kommunikations- und Aushandlungsprozessen im Gesamt-Kollegium einer Schule Rechnung getragen werden muss (Gräsel & Parchmann, 2004), wenn eine erfolgreiche Implementation erreicht werden soll.

**Literatur**

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teacher's conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Borowski, A., Fischer, H. E., Leutner, D., Neuhaus, B. J., Sumfleth, E., Tepner, O., & Wirth, J. (2014). Professionswissen in den Naturwissenschaften ProwiN. Retrieved from <https://www.uni-due.de/prowin/Fragestellung.shtml>
- Goldenbaum, A. (2012). *Innovationsmanagement in Schulen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Gräsel, C., & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung - oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), 196-214.
- Habelitz-Tkocz, W., & Hörnig, J. (2011). P- und W-Seminare mit Leitfach Chemie in Bayern - Möglichkeiten zur Interessenförderung für das Fach Chemie in der Oberstufe des achtjährigen Gymnasiums. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 60(7), 5-15.
- Hertel, S. (2009). *Beratungskompetenz von Lehrern - Kompetenzdiagnostik, Kompetenzförderung, Kompetenzmodellierung*. Münster u. a. : Waxmann.
- ISB, S. f. S. u. B. (2007). *Die Seminare in der gymnasialen Oberstufe (1. Auflage ed.)*. München.
- 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.
- Lohwasser, K. (2013). *Science-for-Teaching Discourse in Science Teachers' Professional Learning Communities*. (Doctor of Philosophy), University of Washington, Seattle.
- Neumann, I., & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen - Ähnlichkeiten und Unterschiede. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19.
- 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.
- Trautwein, U., Neumann, M., Nagy, G., Lütke, O., & Maaz, K. (2010). *Schulleistungen von Abiturienten - Die neu geordnete gymnasiale Oberstufe auf dem Prüfstand*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien.
- Weirauch, K., & Geidel, E. (2015). Heterogenität als "Kerngeschäft": Neue Herausforderungen an das Professionswissen durch Seminarfächer. In S. Bernholt (Ed.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Vol. 35, pp. 325-327)*. Kiel: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

## Lernprozesse von Chemielehramtsstudierenden zum Experimentieren im Schulpraktikum

### Theoretischer Hintergrund

Schulpraktika stellen innerhalb der universitären Lehrerbildung zentrale Lernorte für den kumulativen und systematischen Kompetenzaufbau der Studierenden dar, da sie die Möglichkeit bieten, theoretische Ausbildungsinhalte mit schulpraktischen Erfahrungen zu verknüpfen (Fraefel & Haunberger, 2012; Schüssler & Keuffer, 2012). Die hohe Bedeutung von Schulpraktika für die Professionalisierung von Lehrkräften wird nicht zuletzt auch dadurch deutlich, dass im Zuge der Bologna-Reform deren Anteil in der universitären Lehrerbildung an zahlreichen Hochschulstandorten in Deutschland, z.B. durch die Einführung ganzer Praxissemester, deutlich erhöht wurde. Den hohen Erwartungen an diese Schulpraktika stehen aber Zweifel an deren Lernwirksamkeit entgegen, da diese bisher noch nicht empirisch abgesichert ist (Gröschner & Müller, 2014). An diesem Forschungsdesiderat arbeiten seit einigen Jahren verschiedene Forschungsprojekte, wie z.B. KLIP (Gröschner, Schmitt & Seidel, 2013), ProPrax (Schubarth, Speck, Seidel, Gottmann, Kamm & Krohn, 2012) oder ESIS (Bach, Besa & Arnold, 2014), in denen v.a. quantitative Studien durchgeführt und Fragebögen zur Erhebung der Veränderungen in den Selbsteinschätzungen der Studierenden eingesetzt werden (Besa & Büdcher, 2014). Objektive und mehrperspektivische Messverfahren zur Kompetenzentwicklung der Studierenden sowie qualitative Studien werden bisher nur selten in Untersuchungen zur Entwicklung von Studierenden im Schulpraktikum genutzt, obwohl die Entwicklung eben solcher Verfahren von vielen Seiten gefordert wird (z.B. Hedtke, 2003). Die Entwicklung solcher Studien bzw. Erhebungsmethoden stellt ein weiteres Forschungsdesiderat dar. An den beiden zuvor genannten Forschungsdesideraten setzt die hier vorliegende Arbeit sowohl inhaltlich als auch methodisch im Rahmen des Oldenburger Promotionsprogramm LÜP an.

### Ziel der Studie und Forschungsfragen

Das Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, die individuellen Lernprozesse der Studierenden auf mehreren Ebenen zu analysieren und zu beschreiben (siehe Abb.1).

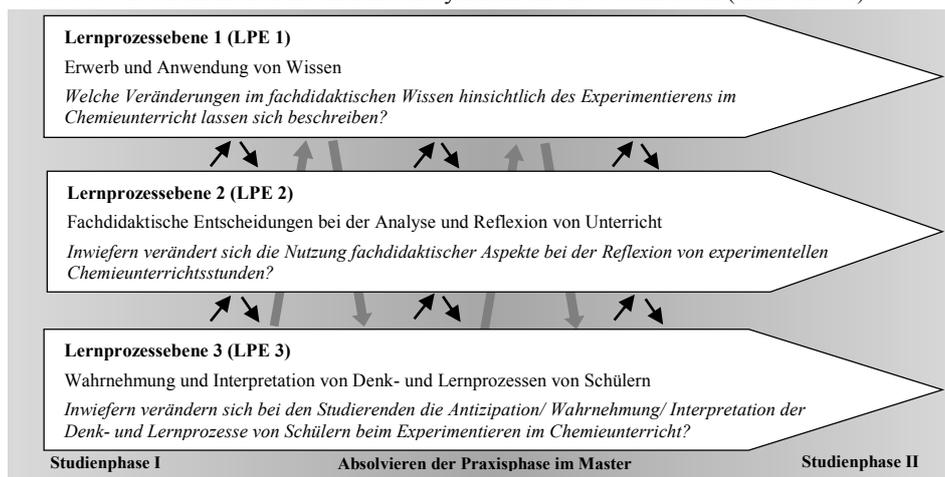


Abb. 1: Untersuchungsschwerpunkte, Forschungsfragen und Forschungsrahmen der Studie

Den einzelnen Untersuchungsebenen kann jeweils eine Forschungsfrage zugordnet werden, was im Lernprozessebenenmodell in Abb.1, das gleichzeitig den Forschungsrahmen dieser Arbeit darstellt, verdeutlicht wird. Das methodische Ziel dieser Arbeit lag in der Entwicklung einer qualitativen Studie und eines möglichst objektiven und mehrperspektivischen Messverfahren, welches im nächsten Abschnitt vorgestellt wird.

### Forschungsdesign und -methoden

Zur Diagnose der individuellen Lernprozesse der Studierenden wurden drei verschiedene Erhebungsinstrumente innerhalb einer qualitativen Fallstudie im Mixed-Method-Design eingesetzt und deren Daten bei der Auswertung trianguliert. Bei diesen Erhebungsinstrumenten handelt es sich um ein episodisches Interview, ein schriftliches Diagnoseinstrument und Protokollbögen, die jeweils zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Lernprozess der Studierenden eingesetzt wurden. Die drei Erhebungsinstrumente, die jeweils damit verbundenen Untersuchungsziele und der Zeitpunkt dessen Einsatzes in der Studie sind in Abb. 2 aufgeführt.

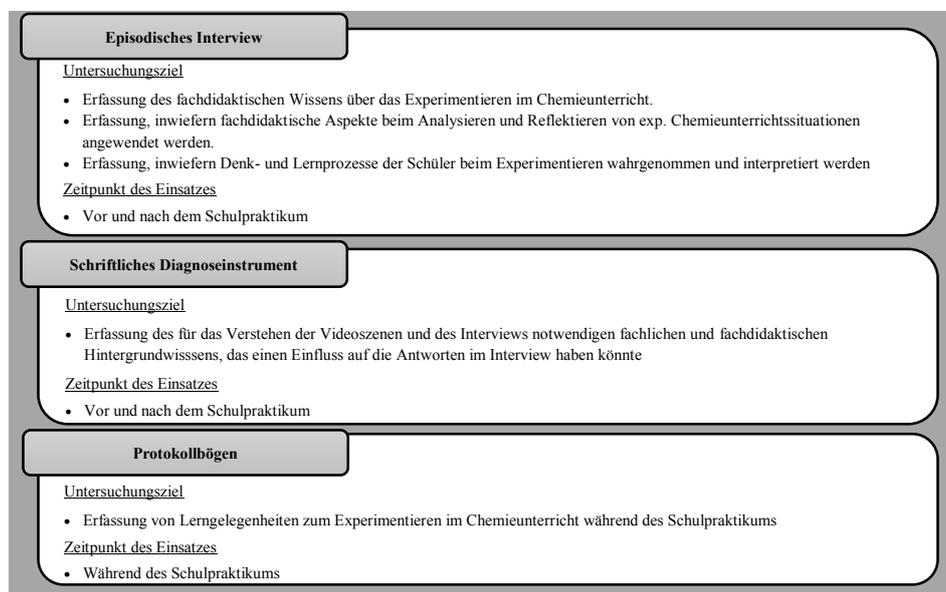


Abb. 2: Übersicht über die in der Studie eingesetzten Erhebungsinstrumente

### Ausgewählte Ergebnisse aus der Studie

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte zunächst anhand einer detaillierten Einzelfallanalyse, um die individuellen Lernprozesse und Lernkontexte im Schulpraktikum der einzelnen Studierenden zu beschreiben. Diese Einzelfallanalyse ergab, dass das Lernen der Studierenden sehr stark vom jeweiligen Studierenden bzw. seines spezifischen Lernkontextes im Schulpraktikum abhängig sind. Trotz der Individualität der Lernprozesse gab es bei einigen Studierenden in einzelnen Bereichen ähnliche Entwicklungen im Schulpraktikum. Diese wurden in einer anschließenden fallvergleichenden Analyse herausgearbeitet, deren Ergebnisse im Folgenden auszugsweise vorgestellt werden.

Basierend auf der fallvergleichenden Analyse der Ergebnisse konnten mehrfach auftretende positive Entwicklungen bei einigen Studierenden festgestellt werden. Zu diesen gehören die Steigerung des fachdidaktischen Wissens zum Experimentieren (LPE 1), besonders im Wissensbereich zu Funktionen von Experimenten, sowie ein vermehrtes Abwägen von

Handlungsalternativen beim Analysieren des in den Videoszenen gezeigten Chemieunterrichts (LPE 2). Aus der Analyse der Lerngelegenheiten in den Protokollbögen der Studierenden, die diese positiven Veränderungen aufzeigten, wurde deutlich, dass als Erklärungsansatz für diese Entwicklungen besonders das Modell-Lernen beim Hospitieren herangezogen werden kann. Diese Studierenden erhielten im Schulpraktikum die Möglichkeit, Chemieunterricht zu hospitieren, der von einer hohen Vielfalt an Einsatzmöglichkeiten von Experimenten geprägt war und hatten so die Chance, neue Funktionen Experimenten und verschiedene Alternativen von Einsatzmöglichkeiten von Experimenten dazuzulernen.

Neben diesen positiven Entwicklungen konnte aber auch bei mehreren Studierenden eine negative Entwicklung festgestellt werden. Bei dieser negativen Veränderung handelte es sich um das Vernachlässigen der Schülerperspektive bei der Analyse von experimentellen Chemieunterrichtssituationen. Als Erklärungsansatz konnten wieder die Lerngelegenheiten der Studierenden herangezogen werden. Deren Analyse ergab, dass die Schülerperspektive in den Inhalten der Lerngelegenheiten dieser Studierenden, wie z.B. in den Inhalten der Reflexionsgespräche, nur in einem sehr geringen Ausmaß berücksichtigt wurde. Stattdessen wurden dort andere (individuelle) Aspekte fokussiert. Dies lässt darauf schließen, dass sich die Inhalte, die Art und die Tiefe der Lerngelegenheiten auf die Wahrnehmung bzw. Berücksichtigung bestimmter Aspekte, wie z.B. der Schülerperspektive, bei der Unterrichtsanalyse auswirken.

Die fallvergleichende Analyse zeigte zwar einige positive und negative Entwicklungen, allerdings wurde durch diese auch deutlich, dass die Veränderungen insgesamt bei den meisten Studierenden auf den unterschiedlichen Ebenen nur sehr gering sind. Zudem führte das Absolvieren des Schulpraktikums nicht dazu, dass die Studierenden nach dem Schulpraktikum bei der Analyse von Chemieunterricht vermehrt Bezüge zwischen ihrem theoretischen Wissen und ihren schulpraktischen Erfahrungen vornahmen. Weiterhin fällt auf, dass insbesondere auf der Lernprozessebene 3 nur geringe Veränderungen auftraten. Als Deutungsansätze für die geringen Veränderungen in den Fähigkeiten der Studierenden, konnten aus dem Datenmaterial zwei Ansätze entnommen werden. Zum einen nehmen die meisten Studierenden das Schulpraktikum nicht als einen Lernort wahr, der zum eigenen Kompetenzerwerb beitragen soll. Durch dieses fehlende Bewusstsein für das eigene Lernen im Schulpraktikum können die Studierenden eventuell die Lerngelegenheiten für ihre Kompetenzentwicklung im Schulpraktikum nicht erkennen und somit auch nicht nutzen. Zum anderen finden sich im Datenmaterial Hinweise darauf, dass die Studierenden zwar im Bereich des Experimentierens nur geringe Kompetenzentwicklungen durchlaufen haben, aber stattdessen in anderen Bereichen durchaus Lernprozesse stattgefunden haben, die aber in dieser Studie nicht erfasst wurden.

Zusammenfassend geben die Studienergebnisse Hinweise darauf, dass das Absolvieren eines Schulpraktikums im Bereich des Experimentierens im Chemieunterricht i.d.R. nur geringe Kompetenzentwicklungen bei den Studierenden hervorruft. Des Weiteren kann das Absolvieren des Schulpraktikums auch zu negativen bzw. unerwünschten Entwicklungen bei den Studierenden führen. Somit lässt sich die Lernwirksamkeit eines Schulpraktikums auf den fachdidaktischen Bereich des experimentellen Unterrichtens anhand dieser Studie nur mit Einschränkungen bestätigen.

**Literatur**

- Bach, A., Besa, K.-S. & Arnold, K.-H. (2014). Bedingungen von Lernprozessen in Schulpraktika: Ergebnisse aus dem Projekt ESIS (Entwicklung Studierender im Schulpraktikum). In *Schulpraktika in der Lehrerbildung: theoretische Grundlagen, Konzeptionen, Prozesse und Effekte* (S. 165–182). Münster: Waxmann.
- Besa, K.-S. & Büdcher, M. (2014). Empirical evidence on field experiences in teacher education: A review of the research base. In *Schulpraktika in der Lehrerbildung: theoretische Grundlagen, Konzeptionen, Prozesse und Effekte*. Münster: Waxmann.
- Fraefel, U. & Haunberger, S. (2012). Entwicklung professionellen Handelns in der Ausbildung von Lehrpersonen. Einblick in die laufende Interventionsstudie „Partnerschulen für Professionsentwicklung“. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 30(2), 185–199.
- Gröschner, A. & Müller, K. (2014). Welche Rolle spielt die Dauer eines Praktikums? Befunde auf der Basis der Selbsteinschätzung von Kompetenzen. In *Ein Praxissemester in der Lehrerbildung. Konzepte, Befunde und Entwicklungsperspektiven am Beispiel des Jenaer Model* (S. 62–75). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gröschner, A., Schmitt, C. & Seidel, T. (2013). Veränderung subjektiver Kompetenzeinschätzungen von lehramtsstudierenden im Praxissemester. *Zeitschrift Pädagogische Psychologie*, 27(1–2), 77–86.
- Hedtke, R. (2003). Das unstillbare Verlangen nach Praxisbezug - Zum Theorie-Praxis-Problem der Lehrerbildung am Exemple Schulpraktischer Studien. Abgerufen von [http://www.uni-bielefeld.de/soz/ag/hedtke/pdf/Hedtke\\_unstillbares-Verlangen-Praxisbezug\\_2001\\_opt.pdf](http://www.uni-bielefeld.de/soz/ag/hedtke/pdf/Hedtke_unstillbares-Verlangen-Praxisbezug_2001_opt.pdf).
- Schubarth, W., Speck, K., Seidel, A., Gottmann, C., Kamm, C., & Krohn, M. (2012). Das Praxissemester im Lehramt-ein Erfolgsmodell? Zur Wirksamkeit des Praxissemesters im Land Brandenburg. In *Studium nach Bologna: Praxisbezüge stärken?! Praktika als Brücke zwischen Hochschule und Arbeitsmarkt* (S. 137–169). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden : Imprint: Springer VS.
- Schüssler, R., & Keuffer, J. (2012). „Mehr ist nicht genug(...)!“ Praxiskonzepte von Lehramtsstudierenden-Ergebnisse einer qualitativen Untersuchung. In *Studium nach Bologna: Praxisbezüge stärken?! Praktika als Brücke zwischen Hochschule und Arbeitsmarkt* (S. 185–195). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden : Imprint: Springer VS.

## **Perspektiven von Physiklehrkräften an Haupt- und Realschulen auf Aufgaben**

*„Es kann nicht früh genug darauf hingewiesen werden, dass man die Kinder nur dann vernünftig erziehen kann, wenn man zuvor die Lehrer vernünftig erzieht.“ (Erich Kästner)*

Inspiziert durch Arbeiten von Leisen (u. a. 2010) zum Einsatz von Lernaufgaben im Unterricht, einer Videostudie zu Lehrerhandeln im Zusammenhang mit Aufgaben (Bohl, Klein-knecht u. a., 2012) sowie den Arbeiten zu „Lernaufgaben als Katalysatoren von Lernprozessen“, die Thonhauser (2008) herausgegeben hat, entstand die Idee, Lernaufgaben als Strukturierungshilfe für Unterricht Lehrkräften der Haupt- und Realschulen nahezubringen. Unterricht mithilfe des Strukturelements „Aufgaben“ zu gestalten, kann dann innovativ sein, wenn die Aufgaben kognitiv anregen und Lernprozesse in Gang setzen. Um Lehrkräfte dahingehend zu professionalisieren, ihnen zu helfen, kompetent mit dem Element „Aufgaben“ umzugehen, müssen ihre subjektiven Überzeugungen zum Umgang mit und zum Einsatz von Aufgaben im Unterricht untersucht werden (vgl. Staub & Stern, 2002). Denn nur mit dem Wissen um diese Überzeugungen kann an sie angeknüpft werden und können Prozesse der Professionalisierung stattfinden. Aufgabenkompetenz aufzubauen soll dabei bedeuten zu lernen, bei Aufgaben einzuschätzen, inwieweit sie Lernen anregen oder fördern, diese entsprechend auszuwählen und in die Unterrichtsstruktur einzubetten. Darüber hinaus soll die Fähigkeit aufgebaut werden, Aufgaben selbst zu entwickeln oder bereits vorhandene Aufgaben an konkrete Unterrichtsziele anzupassen.

### **Entwicklungsziel und Forschungsfragen**

Physiklehrkräfte der Haupt- und Realschulen sollen dahingehend professionalisiert werden, Unterricht mithilfe von potenziell lernfördernden Aufgaben zu strukturieren. Das generelle Entwicklungsziel des vorliegenden Projekts ist es daher, Elemente für die fachdidaktische Strukturierung von Unterricht durch Aufgaben zu entwerfen und diese Elemente als konkrete Vorschläge oder generelle Leitlinien zur Strukturierung von Unterricht zu nutzen. Damit diese Entwicklungsaufgabe gelingt, muss empirisch untersucht werden, welche subjektiven Überzeugungen bei Lehrkräften zur Nutzung von Aufgaben bestehen. Ebenso muss erhoben werden, inwieweit Lehrkräfte Aufgaben als lernfördernd einschätzen, die bei ihren Schülerinnen und Schülern Lernprozesse anregen und fördern können, und wie diese Fähigkeit der Lehrkräfte entwickelt werden kann. Folgende Forschungsfragen dienen der Erarbeitung:

- Welche Komponenten von „Aufgaben-Kompetenz“ sind bei Physiklehrkräften erkennbar?
- Welche Prozesse lassen sich nachzeichnen, die bei der Planung und Strukturierung von Physikunterricht durch Aufgaben ablaufen?
- Wie kann die Nutzung potenziell lernförderlicher Aufgaben angeregt und gefördert werden?

### **Forschungsdesign**

Im Rahmen des Projekts piko-OL (Physik im Kontext am Standort Oldenburg) fand eine Erhebung von Lehrervorstellungen zur fachdidaktischen Strukturierung mithilfe von Aufgaben statt. Befragt wurden sechs Lehrer aus zwei Kollegien mithilfe eines leitfadengestützten Gruppeninterviews dazu, nach welchen Kriterien sie Aufgaben beurteilen, wie sie Aufgaben auswählen, sie diese evtl. selbst konstruieren, zu welchen Zwecken sie Aufgaben im Unterricht einsetzen und inwiefern sie Unterricht mit Aufgaben strukturieren.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die befragten Lehrkräfte

- die Funktion von Aufgaben für die Anregung von Aktivitäten von Schülerinnen und Schülern auf der Handlungsebene erkennen und nutzen
- die Funktionen von Aufgaben bei der Anregung kognitiver Prozesse des Denkens, Lernens, Argumentierens etc. aber nicht erwarten bzw. unterschätzen und deswegen nicht unterstützen.
- Aufgaben kaum als Strukturierungsmittel im Physikunterricht einsetzen.

Diese Ergebnisse werden durch eine Fragebogenerhebung im Vorfeld einer Lehrerfortbildung mit 12 Lehrkräften zum Einsatz von Aufgaben weitgehend bestätigt. Parallel zu dieser Befragung ist eine literaturbasierte Analyse von Ansätzen lernprozessbezogener Aufgabenkonstruktion durchgeführt worden. Sie hat ergeben, dass vermeintlich lernwirksame Aufgaben folgende Kriterien erfüllen sollen:

- Sie greifen Alltagsvorstellungen auf, die aus physikalischer Sicht hinterfragt werden können
- Sie sind abwechslungsreich und lebensweltorientiert
- Sie sind fächerübergreifend und anwendungsbezogen angelegt
- Sie bieten verschiedene Lösungswege und Zugangsweisen zu fachlichem Lernen
- Sie ermöglichen es, Kreativität und Problemlösekompetenz zu entwickeln (vgl. MNU, 2001; Schmit, 2009)

Die empirischen Ergebnisse aus den Befragungen und aus der Literaturanalyse sind gemäß der Didaktischen Rekonstruktion für die Lehrerbildung (vgl. Abb1 aus dem Promotionsprogramm ProfaS; vgl. Komorek & Kattmann, 2008) aufeinander bezogen worden. Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen fachdidaktischen Ideen zur Nutzung von Aufgaben und der Sicht von Lehrkräften auf die Nutzung und Funktion von Aufgaben sind herausgearbeitet worden. Aus diesem Vergleich heraus ist ein Konzept für eine Lehrerfortbildung zur Konstruktion und Erprobung vermeintlich lernfördernder Aufgaben einschließlich Arbeitsmaterialien (u. a. Richter & Komorek, 2012) entwickelt worden. Dieser Teil der Studie hatte in erster Linie die Funktion der Sensibilisierung der Lehrkräfte für die Andersartigkeit von Lernaufgaben verglichen mit Prüfungsaufgaben, die den Lehrkräften vertraut sind. In der Fortbildung wird den Lehrkräften demonstriert, wie positiv Schülerinnen und Schüler auf die anregende Struktur dieser Aufgaben reagieren.



Abb. 1 Einbettung der Studie in das Modell der Didaktischen Rekonstruktion für Unterrichtspraxis und Lehrerbildung“ (vgl. Komorek & Kattmann, 2008)

### Teaching Experiment

Basierend auf den Ergebnissen der Befragungen wurde ein „Teaching Experiment“ (vgl. Steffe & Thompson, 2000) mit neun Lehrkräften aus drei Fachkollegien zum Thema des Einsatzes und zur Konstruktion vermeintlich lernfördernder Aufgaben durchgeführt. Bei diesem Teaching Experiment wechseln sich Phasen der Auswahl, des Bewertens, der Entwicklung und der Einbettung von Aufgaben in Unterrichtskonzepte mit Interviewelementen und Inputphasen ab. Durch die Inputphasen wird das professionelle Lernen angeregt und herausgefordert. Ob und wie dies geschieht, wird hinterfragt. Das Teaching Experiment provoziert Prozesse des fachdidaktischen Denkens, Entscheidens und Strukturierens der beteiligten Lehrkräfte; diese Prozesse werden detailliert dokumentiert (mittels Interview, Auswertebogen, Feldnotizen). In den Einzelinterviews wird dazu hinterfragt, wie die Rolle von Aufgaben bei der Unterrichtsstrukturierung als lernfördernd bzw. lernhemmend gesehen wird.

Im anschließenden Workshop wird diskutiert, wie Aufgaben beurteilt (Maier, 2010) und entwickelt bzw. konstruiert werden, um die Kontextorientierung, die Öffnung von Unterricht oder die Differenzierung mittels Aufgaben (Leisen, 2001, 2010) zu erreichen. Darüber hinaus wird erarbeitet, wie Aufgaben im Unterricht eingebettet werden können (Stichwort: Unterrichts-Choreografie nach Oser, 2001) und wie sie zur Diagnose eingesetzt werden können (Sjuts, 2006; Maier, 2010). In einem folgenden Einzelinterview wird erhoben, wie dabei die Inhalte des Workshops genutzt werden und sich der Umgang mit Aufgaben bei der Planung und bei der Gestaltung von Unterricht verändert. Mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) wurden die Interviews ausgewertet; dabei wurden sechs Analysekatoren herausgearbeitet, anhand derer eine Erfassung der Lehrerperspektiven auf Aufgaben erfolgt:

1. **Auswahlkriterien:** Nach welchen Kriterien werden Aufgaben ausgewählt? Werden Aufgaben konstruiert und wie wird bei der Konstruktion vorgegangen?
2. **Schülerbezug:** Wie werden Schülervorstellungen mit in die Planung zum Einsatz von Aufgaben einbezogen? Was wird unter Schülerorientierung verstanden (Vorstellungen, ihr Vorwissen, prozessbezogene Fähigkeiten)?
3. **Lernziele:** Welche Lernziele werden formuliert? Welcher Bezug zu den eingesetzten Aufgaben besteht?
4. **Strukturierung von Unterricht:** Nach welchen Prinzipien wird der Unterricht mit Aufgaben strukturiert (singuläre Elemente, „Roter Aufgabenfaden“)?
5. **Wirkungserwartungen:** Welche Erwartungen bzgl. der Bearbeitung von Aufgaben bestehen? In welchen Bereichen bestehen die Erwartungen (Lernprozesse, Lernerträge, äußere Handlungen)?
6. **Diagnose/Reflexion:** Werden die Aufgaben als lernfördernd eingestuft, werden Probleme bei der Erarbeitung erkannt? Nach welchen Kriterien werden Aufgaben oder Strukturierungen durch Aufgaben angepasst?

Für jeden der neun an der Studie beteiligten Lehrkräfte konnte auf diese Weise ein Profil erstellt werden, das aufzeigt, über welche Kompetenzen die jeweilige Lehrkraft bzgl. des Einsatzes von Aufgaben verfügt. Gleichzeitig lässt sich feststellen, an welcher Stelle angesetzt werden kann, um Lehrkräfte hinsichtlich Aufgabenkompetenz zu professionalisieren. Lernfördernde Aufgaben als Strukturierungselemente von Unterricht können helfen, Schwächen der Unterrichtsplanung und -führung auszugleichen und das fachdidaktische Denken von Lehrkräften weiterzuentwickeln. So kann es gelingen, von der immer noch vorherrschenden Lehr-Orientierung von Physikunterricht zu einer notwendigen Lern-Orientierung zu gelangen.

**Literatur**

- Bohl, T.; Kleinknecht, M., Batzel, A., Richey, P. (2012) Aufgabenkultur in der Schule. Hohengehren: Schneider.
- Dijk, E. M., & 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.
- Jacobs, B. (2008) Was wissen wir über die Lernwirksamkeit von Aufgabenstellungen und Feedback, 111.
- Komorek, M. & Kattmann, U. (2008) The Model of Educational Reconstruction. In: S. Mikelskis-Seifert, U. Ringelband & M. Brückmann (Eds.) *Four Decades of Research in Science Education - from Curriculum Development to Quality Improvement*, Münster: Waxmann, 171-188.
- 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.
- Leisen J. (2001) Qualitätssteigerung des Physikunterrichts durch Weiterentwicklung der Aufgabenkultur. *Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)* 7(2001), S. 401-405.
- Leisen, J. (2010) Mit Aufgaben Kompetenzen diagnostizieren und fördern, Studienseminar Koblenz.
- Leisen, J. (2010) Lernprozesse mithilfe von Lernaufgaben strukturieren, *Unterricht Physik*, Friedrich Verlag 117/118, 9-13.
- Maier, U. (2010) Lernaufgaben analysieren und konstruieren, *Entwicklung einer fächerübergreifenden Aufgabenanalyse*. Oldenburg.
- Mayrng, P. (2015) *Qualitative Inhaltsanalyse, Grundlagen und Techniken*, Beltz-Verlag, Weinheim und Basel
- MNU (2001) *Physikunterricht und naturwissenschaftliche Bildung*  
<http://www.mnu.de/concepta/download.php?datei=128&myaction=save> Zugriff 25.06.2011
- Oser, F. K., Baeriswyl, F. J. (2001). *Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning*. In V. Richardson (Eds.), *Handbook of Research on Teaching* (4th Edition) Washington: AERA, 1031-1065.
- Richter, C., Komorek, M. (2012) *Die Reise zum Planeten Magneton*, Oldenburger Vordrucke 595.
- Schmit, S. (2009) *Analytische und empirische Untersuchungen zu kooperativen Lernaufgaben für den Physikunterricht*, Oldenburg: Masterarbeit.
- Staub, F.C. Stern, E. (2002) *The Nature of Teacher's Pedagogical Content Beliefs, Matters for Students' Achievement Gains: Quasi- Experimental Evidence from Elementary*
- Steffe, L. P., & Thompson, 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*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 267-307
- Sjuts, J. (2006) *Unterrichtliche Gestaltung und Nutzung kompetenzorientierter Aufgaben in diagnostischer Hinsicht*. In: Blum, Werner & Drüke-Noe, Christina & Hartung, Ralph & Köller Olaf (Hrsg.): *Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichts Anregungen, Fortbildungsideen*. Berlin, S. 96-112
- Thonhauser, J. (Hrsg) (2008) *Aufgaben als Katalysatoren von Lernprozessen*. Münster: Waxmann.

### **Verstehensprozesse bei Lehramtsstudierenden im Fach Chemie initiieren**

Innovative Bildungsgestaltung orientiert sich an der Lebens- und Arbeitswelt. Das Ziel besteht darin, Kinder und Jugendliche so zu bilden, dass sie als Erwachsene an der Gesellschaft als mündige Bürger und kompetente Fachkräfte oder Akademiker teilhaben können. Diese Zielvorgaben werden in den Bildungsstandards, welche die Grundlage für die Planung und Realisierung von Unterricht bilden, gespiegelt. Unterrichtsqualität<sup>1</sup> zeichnet sich im Wesentlichen in der kognitiven Aktivierung der Lernenden ab. D. h. im Unterricht müssen Lerngelegenheiten geschaffen werden, welche Lernende veranlassen, sich aktiv mit den Inhalten auseinanderzusetzen. Unterricht mit diesem Anspruch zu konzipieren, erfordert von Lehrenden eine tiefgründige Auseinandersetzung mit den Fachinhalten. Zunächst müssen die sachlogischen Bezüge hergestellt werden, die dann der Inszenierung von Erkenntniswegen im Unterricht zu Grunde gelegt werden können (vgl. Niethammer, 2015, S. 35-53). Bei der Planung und Realisierung von Lehr- und Lernprozessen sind somit die Inhalts- und Methodenauswahl von zentraler Bedeutung. Aus der Perspektive der Lehrerbildung stellt sich die Frage, wie Studierende hierzu befähigt werden können, und zwar unter der Maßgabe, dass sie Unterricht so gestalten, dass Lernende in ihren Denkprozessen aktiviert werden.

#### **Problematik der Inhaltsanalyse und -aufbereitung**

Lernende im Unterricht kognitiv aktivieren zu können, setzt voraus, dass Lehrende ein vertieftes Verständnis über die Wissensstrukturen haben. Aufgabe der Fachdidaktik ist es, eine Verknüpfung von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen bei Studierenden so zu initiieren und zu unterstützen, dass diese die Fachinhalte nicht nur als solche verinnerlichen, sondern so abstrahieren können, dass sie die zugrundeliegenden Inhaltsstrukturen erkennen und didaktisch bewerten können. Diese sachlogischen Bezüge sind die Basis, um mögliche Wege der Erkenntnisgewinnung für den Unterricht zu operationalisieren. Studierende haben häufig Probleme, die Verknüpfung zwischen inhaltlichen Zusammenhängen und den daraus abzuleitenden Erkenntniswegen herzustellen, was sich in den Unterrichtskonzepten in der geringen kognitiven Aktivierung der Lernenden niederschlägt. Die Gründe hierfür können an einer unzureichenden inhaltlichen Auseinandersetzung mit dem zu unterrichtenden Sachverhalt festgemacht werden. Um diesen Problemen zu begegnen, sind aus hochschuldidaktischer Sicht zum einen die Wissensquellen und zum anderen die inszenierten Lernanlässe, über die die Auseinandersetzung mit einem Sachverhalt initiiert wird, zu überdenken. Die Wissensquellen, auf die Studierende bei der Bedeutungsaushandlung zurückgreifen, sind überwiegend Texte aus Fach- und Lehrbüchern. Die Texte dienen nicht nur zur Aneignung von Faktenwissen, sondern auch von fachlichen Zusammenhängen, die für die Unterrichtsgestaltung herauszuarbeiten sind. Es geht um das Erkennen und vertiefte Verständnis der Inhaltsstrukturen (vgl. Ball, 2008, Hill, Loewenberg Ball, Bass, Blunk, Brach et al., 2011. Sprache ist hierbei Mittel zum Zweck.

---

<sup>1</sup> Für ein tiefergreifenderes Verständnis erfolgreichen Unterrichts sind in den letzten Jahren einige Studien zur Kompetenzmodellierung des Professionswissens von Lehrkräften durchgeführt worden (vgl. Woitkowski 2015, Woitkowski, Riese & Reinhold, 2011, Riese 2009, Riese, & Gramzow & Reinhold, 2016). Dabei zeichnet sich ab, dass das fachdidaktische Wissen ein Prädiktor für die kognitive Aktivierung der Lernenden im Unterricht ist. Das Fachwissen ist dabei die Moderatorvariable (notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung) (vgl. Baumert & Kunter 2006; Krauss et. al. 2008; Stender, Brückmann & Neumann, 2014 in Niethammer 2015, S. 36).

Exemplarisch werden solche sachlogischen Strukturierungen an einer Prozesseinheit dargestellt. Eine Prozesseinheit ist Element eines technischen Systems, in welchem eine definierte Änderung am Arbeitsgegenstand realisiert wird. Die in Abb. 1 dargestellten Relationen kennzeichnen die Beziehungen zwischen den Begriffen, die den Aneignungsgegenstand charakterisieren. Diese zu erkennen, ist Voraussetzung dafür, im Unterricht nicht nur Fakten, sondern Zusammenhänge zu thematisieren. Das Erschließen von Zusammenhängen fordert das logische Denken heraus und sichert die kognitive Aktivierung der Lernenden.

Die Relationen zwischen der stofflichen, operationellen und apparativen Seite umfassen sowohl Aspekte der äußeren Prozessbeschreibung als auch Zusammenhänge zur Charakterisierung der ablaufenden physikalischen Vorgänge oder chemischen Reaktionen, wodurch das Wirkprinzip bzw. der Mechanismus untersetzt wird (vgl. Komplexitätsstufen nach Bernholt, 2010, S. 123).

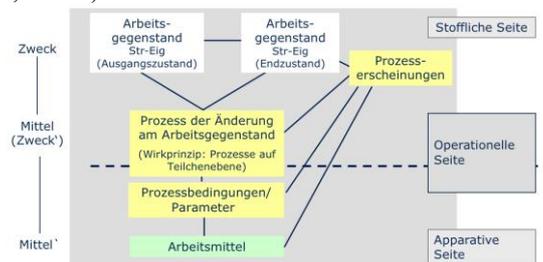


Abb. 1: Sachlogische Strukturierung der Inhalte einer Prozesseinheit, z. B. eines Trennverfahrens (vgl. Storz & Wirsing, 1987; Niethammer, 2006, Frank, Bernholt & Parchmann, 2016)

Betrachtet man das Quellenmaterial, das als Wissensgrundlage für die Inhaltsanalyse und -aufbereitung zur Verfügung steht, wird deutlich, dass im deutschen Quellenmaterial, ob Lehr- oder Fachbücher, nach didaktischen Gesichtspunkten noch einiger Aufbereitung bedürfen, wenn die Offenlegung der sachlogischen Bezüge zwischen den Inhalten zum Maßstab genommen wird.

Beim Vergleich ausgewählter englischer und deutscher Fachtexte aus Lehr- und Fachbüchern wird deutlich, dass englische Texte didaktisch besser aufbereitet sind. Englische Texte weisen eine bessere Adressatenorientierung<sup>2</sup> gegenüber deutschen auf, z. B. durch eine stärkere Verwendung metasprachlicher Elemente (advance organisers), eine bessere Ausgewogenheit in der Ausführung einzelner Propositionen und eine eher lineare Diskursstruktur (vgl. Göpferich, 1995: 446-447). Zudem fällt auf, dass die Inhalte so angeordnet sind, dass eine didaktische Linienführung<sup>3</sup> abgebildet wird, die unmittelbar auf den Unterricht übertragen werden kann. Hieraus ergibt sich die Annahme, dass englischsprachiges Material eine bessere Basis bietet, die fachlichen Tiefenstrukturen zu erkennen.

<sup>2</sup> Die Ausprägung dieser Kriterien ist je nach Textsorte (Zeitschriftenartikel, Fach-/Lehrbuchtexte, enzyklopädische Texte, Normschriften) unterschiedlich. Für die betrachteten Lehr- und Fachbuchtexte können die in den Analysen von akademischen Texten der Soziologie/Linguistik herausgestellten Unterscheidungsmerkmale (vgl. Diskursanalysen von Kaplan, 1980, Clyne, 1981, 1984, 1987a, 1987b, 1991, 1993 in Göpferich, 1995: 446-447) nachvollzogen werden.

<sup>3</sup> Verglichen wurden z. B. zwei Lehrbuchtextabschnitte der Sekundarstufe I zur Erdölfractionierung, die unmittelbar mit dem Verfahren der Erdölaufbereitung zu tun haben. Augenfällig ist, dass der englische Text der Logik des Schemas zur sachlogischen Strukturierung der Inhalte folgt. Der deutsche Text ist dagegen weniger konsistent verfasst und vernachlässigt das Wirkprinzip des Verfahrens. Beide Texte treffen Aussagen über den Prozess zur Änderung des Arbeitsgegenstandes (Erdöl) und die Prozesserscheinung (getrennte Erdölfractionen). Aber nur der englische Text untersetzt die sachlogischen Bezüge der Prozessparameter (Temperatur, Druck), die Voraussetzung für die Prozesserscheinung sind.

### **Forschungsfragen und Operationalisierung**

Vor diesen Überlegungen leitet sich die Forschungsfrage ab, wie Studierende methodisch geleitet werden können, damit sie für die Gestaltung von Unterrichtskonzepten die fachlichen Zusammenhänge erkennen, die für die Erkenntnisgewinnung der Lernenden im Unterricht zu operationalisieren sind. Dazu wird zum einen ein Lehrkonzept entwickelt, das Studierende veranlasst, sich vertieft mit den Fachinhalten auseinanderzusetzen. Zum anderen wird Textmaterial (hier aus einem englischen Fachbuch) zur Verfügung gestellt, das als Wissensquelle dient. Somit werden zwei Aspekte betrachtet:

- wie wirkt sich das Lehrkonzept auf die Inhaltsanalyse und -aufbereitung aus?
- wie spiegelt sich die Verwendung englischer Fachtexte in der Inhaltsanalyse und -aufbereitung wider?

Zur Operationalisierung der Forschungsfragen werden Studierende<sup>4</sup> mit einer Fallsituation konfrontiert, in der sie in Vorbereitung auf eine Vertretungsstunde, Ergebnisse eines Erkundungsexperimentes zur chromatografischen Trennung von Farbstoffen auswerten sollen. Sie sind somit gefordert, die sachlogischen Bezüge herzustellen, über die die experimentellen Ergebnisse begründet werden können. Die Wahl des Inhaltsbereiches „Chromatografie“ hat zwei Gründe:

- das Thema wird in der Schule und an der Universität in der Lehramtsausbildung des Faches Chemie nur in Ansätzen behandelt, sodass davon ausgegangen werden kann, dass Studierende zu diesem Inhaltsbereich nur geringe bis mittlere Vorkenntnisse haben und sich somit neues Wissen durch das Textmaterial aneignen müssen
- Chromatografie ist ein analytisches Trennverfahren, bei dem viele wechselseitige Bezüge zwischen den stofflichen Komponenten, die am Trennvorgang beteiligt sind, herzustellen sind; somit sind Fachinhalte unterschiedlicher Komplexität zu betrachten (vgl. Frank, 2015, Bernholt, 2010, Kauertz, 2008, Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth & Walpuski, 2010)

Der Grad des fachlichen Tiefenverständnisses der Probanden wird nach fachlichen, fachdidaktischen und sprachlichen Aspekten analysiert und bewertet.

### **Zu erwartende Ergebnisse und Ausblick**

Noch liegen keine belastbaren Ergebnisse vor. Dennoch ist davon auszugehen, dass nicht nur in der schulischen, sondern auch in der fachdidaktischen Ausbildung zukünftiger Lehrer aktivierende Lehrkonzepte eine wichtige Voraussetzung für die Tiefenauseinandersetzung mit Fachinhalten sind. Englische Texte liefern implizit die Erkenntniswegstrukturen mit, die deutsche Texte z. T. vermissen lassen, und weisen (auch dadurch) eine bessere Lesbarkeit auf. Englische Fachtexte können somit eine Lücke schließen und langfristig den Fachdiskurs im deutschen Sprachraum bereichern. Darüber hinaus sind mit der Einbeziehung englischen Quellenmaterials positive Begleiterscheinungen zu erwarten wie die stärkere kognitive Verarbeitung der Inhalte durch die Auseinandersetzung in der Fremdsprache sowie die Förderung des englischen Spracherwerbs (vgl. Rüschoff, Sudhoff & Wolff, 2015). Auch deuten die neueren Entwicklungen in der Schreibprozessforschung zur Literalitätsförderung (Göpferich, 2015, 2016) auf eine stärkere Integration sprachlicher Aspekte in die Fachlehre hin. Somit ist nicht nur aus sprachdidaktischer Sicht ein *content integrated language learning (CLIL)* zu denken, sondern auch aus fachdidaktischer Sicht ein *language integrated content learning (LICL)*.

---

<sup>4</sup> Ausgewählt werden Studierende des 7. Fachsemesters, Lehramt Chemie. Sie verfügen über die nötigen fachdidaktischen Grundlagen.

**Literatur**

- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching: What makes it special. *Journal of Teacher Education*, 59, 389-407; doi:10.1177/0022487108324554
- Bernholt, S. (2010). Kompetenzmodellierung in der Chemie: Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität. Berlin: Logos-Verlag
- Frank, C., Bernholt, S. & Parchmann, I. (2016). Modellierung des Zusammenhangs allgemeiner und beruflicher Kompetenzen für die Domäne Chemie. *ZfDN*. doi:10.1007/s40573-015-0040-x
- GEMEINSAMER EUROPÄISCHER REFERENZRAHMEN (GER); online verfügbar unter <<http://www.europaeischer-referenzrahmen.de>> (05.02.2016)
- Göpferich, S. (1995). Textsorten in Naturwissenschaften und Technik pragmatische Typologie, Kontrastierung, Translation (27). Tübingen: Narr
- Göpferich, S. (2006). Textproduktion im Zeitalter der Globalisierung Entwicklung einer Didaktik des Wissenstransfers. (2. Auflage ed. Vol. 15). Tübingen: Stauffenburg-Verlag
- Göpferich, S. (2015). Text competence and academic multiliteracy from text linguistics to literacy development (Band 16). Tübingen: Narr Verlag
- Göpferich, S. (2016). Sich Fachliches erschreiben: Förderung literaler Kompetenzen als Förderung des Denkens im Fach. In Ballweg, S. (Hrsg.), *Schreibberatung und Schreibförderung in Theorie, Empirie und Praxis. (Wissen - Kompetenz - Text 11)*. Frankfurt/M.: Lang, 275-296.
- Hill, H. C., Loewenberg Ball, D., Bass, H., Blunk, M., Brach, K. et al. (2011). Measuring the mathematical quality of instruction. (14(1)). Springer Netherlands, Dordrecht. doi:10.1007/s10857-010-9140-1
- Kauertz, A. (2008). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. Berlin: Logos-Verlag
- 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
- Niethammer, M. (2006). Berufliches Lernen und Lehren in Korrelation zur chemiebezogenen Facharbeit Ansprüche und Gestaltungsansätze (7). Bielefeld: Bertelsmann
- Niethammer, M. (2015). Kooperative Ausbildung im technischen Lehramt KATLA; kompetenzorientierte Lehrerbildung für berufsbildende Schulen im gewerblich-technischen Bereich (40). Bielefeld: WBV
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. (Bd. 97). Berlin: Logos-Verlag
- Riese, J., & Gramzow, Y.; & Reinhold, P. (2016). Analysen zum fachdidaktischen Wissen von angehenden Physiklehrkräften. Konferenzbeitrag
- Rüschhoff, B., Sudhoff, J.-T., & Wolff, D. (Eds.) (2015). *CLIL Revisited: Eine kritische Analyse zum gegenwärtigen Stand des bilingualen Sachfachunterrichts*. Frankfurt a. M.: Lang
- Storz, P., & Wirsing, G. (1987). *Unterrichtsmethodik Technische Chemie. Berufstheoretischer Unterricht*. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.
- Woitkowski, D., Riese, J., & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 289–313
- Woitkowski, D. (2015). Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung: Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung

Ivano Laudonia<sup>1,2</sup>  
Moritz Krause<sup>1,3</sup>  
Ingo Eilks<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Bremen  
<sup>2</sup>Gewerbliche Berufsschule Chur (CH)  
<sup>3</sup>SZ Geschwister Scholl GyO Bremerhaven

## **Eine multimediale Lerneinheit zum Thema „Chemische Bindungen“ an einer Schweizer Berufsfachschule**

### **Einleitung**

Die Anwendung von Aktionsforschung zur Innovation beruflicher Bildung ist für die naturwissenschaftlichen Fächer bislang kaum beschrieben. Die hier vorgestellte Studie stellt eine Ausnahme dar. Hier wird durch lehrerzentrierte Aktionsforschung eine Unterrichtseinheit zum Thema „Chemische Bindungen“ an einer Schweizer Berufsfachschule zyklisch entwickelt und deren Einsatz untersucht. Die Unterrichtsgestaltung über eine multimediale Lernplattform soll die Lernenden unterstützen, stärker selbstständig und selbstbestimmt zu lernen.

### **Problem und Zielsetzung**

Der naturwissenschaftliche Unterricht sowohl an allgemein- als auch berufsbildenden Schulen leidet, insbesondere in Chemie und Physik, nach wie vor an einer mangelnden Motivation vieler Schülerinnen und Schüler und wird von ihnen oft als irrelevant für ihre eigene Lebens- und Erfahrungswelt empfunden (Stuckey, Hofstein, Mamlok & Hofstein, 2013). Gründe für diese fehlende Motivation werden in der oftmals stark lehrerzentrierten Unterrichtsmethodik, einer allzu oft fehlenden Kontextualisierung des Lernens und fehlenden Bezügen zu praktischen Problemen und persönlichen Erfahrungen gesehen. Das betrifft gleichermaßen die allgemeine, wie die berufliche Bildung (Laudonia & Eilks, 2015). Möglichkeiten des individualisierten und stärker selbstgesteuerten Lernens, wie sie etwa die Kultusministerienkonferenz im Rahmenlehrplan der Chemikanten verlangt, werden im Berufsschulunterricht immer noch zu wenig genutzt, obwohl positive Effekte auf die Entwicklung der Problemlösekompetenz von BerufsschülerInnen in verschiedenen Fächern gezeigt werden konnten und diese die zusätzlichen Freiheitsgrade selbstgesteuerten Lernens bewusst wahrnehmen und nutzen (Laudonia & Eilks, 2015). Daher wurde eine Unterrichtseinheit zum Thema „chemische Bindungen“ entwickelt, die mit Hilfe digitaler Medien selbstständig oder paarweise bearbeitet wird. Solche multimedialen Lerninhalte sind an Berufsfachschulen im Fach Chemie wenig erprobt und dokumentiert.

### **Hintergrund der Unterrichtsentwicklung**

Die Unterrichtseinheit wird in Anlehnung an das Konzept der Partizipativen Aktionsforschung nach Eilks und Ralle (2002), allerdings in einer stärker lehrerzentrierten Interpretation (Laudonia & Eilks, 2016), entwickelt und in verschiedenen Berufsschulklassen (DrogistInnen, InformatikerInnen und Berufsmaturanden) erprobt. Die Stichprobe setzt sich bislang aus verschiedener Klassen zweier Jahrgänge zusammen: 68 Lernende im Jahr 2014 und 59 Lernende in 2015. Das Alter der Lernenden lag bei den Klassen der InformatikerInnen zwischen 17-19 Jahren und in den restlichen Klassen bei 16-17 Jahre. Nach jedem Entwicklungsschritt wurde das Feedback der Lernenden mit offenen und Likert-basierten Fragebögen erhoben. Die Unterrichtsdauer für die Lerneinheit beträgt 7 Wochen. Für die DrogistInnen und InformatikerInnen standen zwei Lektionen pro Woche in der Schule zur Verfügung und für die BerufsmaturandInnen eine Lektion.

### **Die Unterrichtseinheit**

Die Unterrichtseinheit behandelt die Typen chemischer Bindungen. Dieses Thema ist

Bestandteil der entsprechenden Bildungsverordnung in der Schweiz für verschiedene Berufsschulgruppen. Anstelle von Frontalunterricht wurde eine multimediale Lernplattform erstellt und eingesetzt. Die Lernplattform ist angelehnt an die *Tour de Chemie* (Krause, Kienast, Witteck & Eilks, 2013) und soll es den Lernenden ermöglichen, stärker selbstständig zu arbeiten. Mit Hilfe der Lernplattform können die Lernenden einzeln oder zu zweit die Theorie erarbeiten. Die Inhalte werden mit der Software PREZI dargestellt. PREZI erlaubt eine dynamische Navigation und bietet den Vorteil, dass die Inhalte nicht linear, wie bei PowerPoint, sondern vernetzt dargeboten werden können. PREZI erlaubt es den Lernenden zwischen einzelnen Folien, Überblicksdarstellungen und Inhalten auf verschiedene Ebenen zuzugreifen (Krause & Eilks, 2014). Die Unterrichtsmethodik basiert auf drei Bereichen: Der Theorie, die mit Hilfe von PREZI vermittelt wird, kleinen Experimenten, die an die Lebenswelt der Schüler angelehnt sind und dem Praxisbezug dienen, und Online-Etappentests, mit denen die Lernenden ein Feedback über ihren Lernfortschritt am Ende jeder Lernphase erhalten.

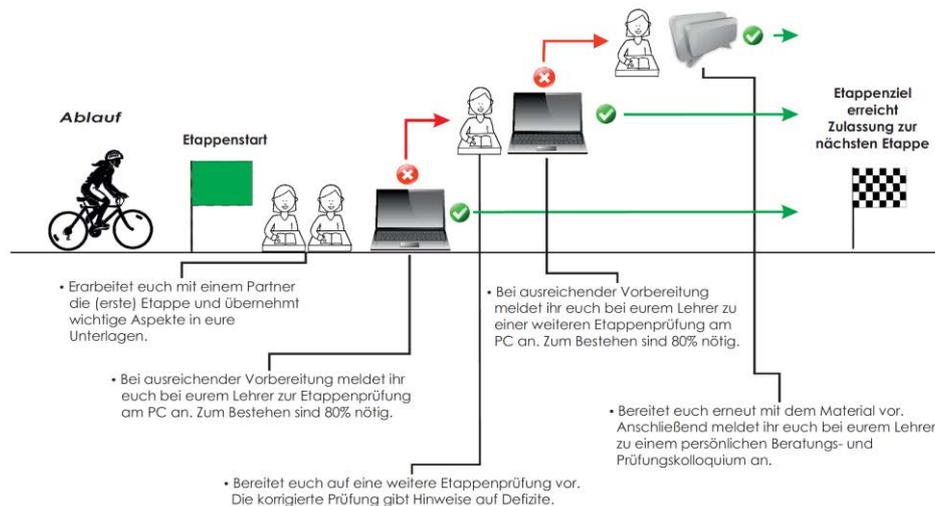


Abb. 1: Ablauf der Unterrichtseinheit (Krause et al., 2013).

### Rückmeldungen und erste Ergebnisse

Fragen der Motivation wurden mit dem MoLe-Fragebogen (Motivationales Lernklima; Bolte, 2004) erhoben. Im MoLe-Fragebogen konnten bei der Zufriedenheit, Verständlichkeit, Beteiligungsmöglichkeiten, Klassenkooperation und Bereitschaft zur Teilnahme keine signifikanten Veränderungen zwischen Pretest und Posttest festgestellt werden. Bei der Fachorientierung und der Themenrelevanz wurde sogar eine Verschlechterung festgestellt. Abbildung 2 zeigt die Beurteilungen gemäß PREZI-Fragebogen auf einer vierstufigen Skala (1= „stimme zu“, 4= „stimme nicht zu“) für beide Durchläufe. Positive Einschätzungen bezogen sich auf das eigene Lernverhalten (konnte selbstständig arbeiten) sowie auf die PREZI selbst (Übersichtlichkeit, Bedienbarkeit). Die Ergebnisse beider Durchläufe 2014 und 2015 sind sehr ähnlich.

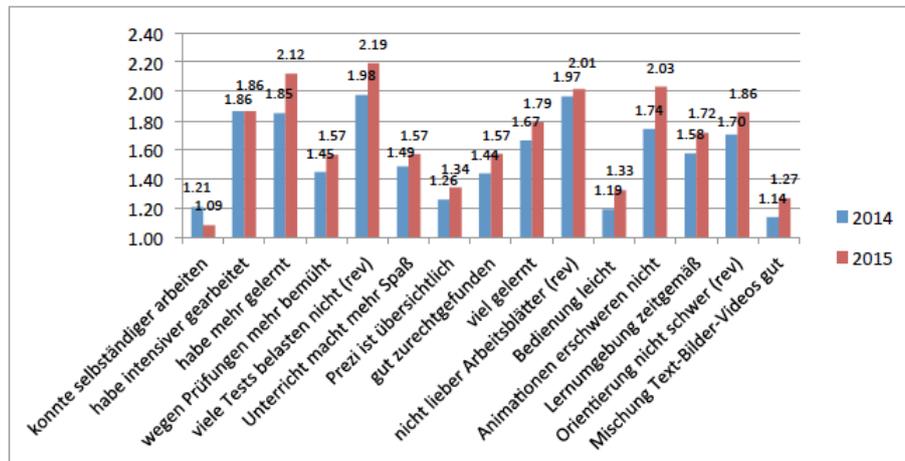


Abb 2: Beurteilungen gemäß PREZI-Fragebogen.

### Diskussion und Fazit

Die Zufriedenheit der Lernenden mit dem Unterricht stieg insgesamt nicht an. Die Fachorientierung und die Relevanz der Themen haben aus Sicht der Lernenden abgenommen. Auch die Kooperation der Lernenden untereinander, die Verständlichkeit, die Anforderungen, die Beteiligungsmöglichkeiten und die Bereitschaft der Lernenden zur Partizipation im Unterricht haben sich durch die Unterrichtseinheit nicht verändert, anders etwa als dies für die *Tour de Chemie* beschrieben wurde (Krause et al., 2013). Diesen eher wenig ermutigenden Ergebnissen stehen in beiden Durchläufen sehr positive Einschätzungen des eigenen Lernverhaltens sowie des Lernmaterials gegenüber. Im nächsten Zyklus soll die motivationale Wirkung (Interesse an der Chemie) vor allem durch eine klarere Verknüpfung zwischen der Chemie und den Alltagserfahrungen gefördert werden. Der Bezug zwischen Chemie als Unterrichtsfach und Praxis muss noch klarer herausgearbeitet werden. Auch die Kooperationsmöglichkeiten sollen intensiviert werden.

**Literatur**

- Bolte, C. (2004). Qualitätsprüfung durch Analyse des motivationalen Lernklimas im Eigenen Physik- und Chemieunterricht. In A. Pitton (Hrsg.), Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung. Münster: Lit, 250-252.
- Eilks, I., & Ralle, B. (2002). Partizipative fachdidaktische Aktionsforschung - ein Modell für eine praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. Chemie konkret, 9, 13-18.
- Krause, M., & Eilks, I. (2014). Lernwege mit PREZI modern gestalten – Beispiele zum Teilchenkonzept. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht (S. 209-215). Hamburg: Joachim Hertz-Stiftung Verlag.
- Krause, M., Kienast, S., Witteck, T., & Eilks, I. (2013). On the development of a computer-based learning and assessment for the transition from lower to upper secondary chemistry education. Chemistry Education Research and Practice, 14, 345-353.
- Laudonia, I., & Eilks, I. (2015). Chemieunterricht und Chemiedidaktik an berufsbildenden Schulen – Status Quo und Perspektiven. Chemie konkret, 22, 119-124.
- Laudonia, I., & Eilks, I. (2016). Lehrerzentrierte vs. Partizipative Aktionsforschung – Praxisorientierte Forschung und Unterrichtsentwicklung in der beruflichen Bildung. Transfer Forschung ↔ Schule in Veröffentlichung.
- 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, 1-34.

## Interaktive Lernaufgaben im digitalen Schulbuch eChemBook

Die hier vorgestellte Studie ist eine Teilstudie aus dem DFG-Transferprojekt eChemBook. Kooperationspartner des Projektes sind SMART Technologies, die Westermann Gruppe, das IDN Hannover und das IWM Tübingen. Im Rahmen des eChemBook-Projektes wurden zwei Themen prototypisch in einem digitalen Schulbuch umgesetzt. Um die lernförderlichen Potenziale von Zeichen- und Feedbackaufgaben in einem digitalen Schulbuch zu eruieren, wurde in der Teilstudie der Interaktivitätsgrad der interaktiven Lernaufgaben in dem E-Book-Thema „Einführung in das Teilchenmodell“ variiert und im Hinblick auf ihren Lernerfolg überprüft.

### Theoretischer Hintergrund

Die Interaktivität von multimedialen Inhalten kann mit Hilfe des Stufenmodells von Schulmeister (2002) eingeordnet werden. Schulmeister schlägt hierfür eine 6-stufige Skala vor:

<b>Stufe 1</b> Objekte betrachten & rezipieren	<b>Stufe 2</b> Multiple Darstellungen betrachten & rezipieren	<b>Stufe 3</b> Repräsentationsform variieren	<b>Stufe 4</b> Inhalt der Komponente beeinflussen
<b>Stufe 5</b> Das Objekt bzw. den Inhalt der Repräsentation konstruieren & Prozesse generieren		<b>Stufe 6</b> Konstruktive und manipulierende Handlungen mit situationsabhängigen Rückmeldungen	

Der Interaktivitätsgrad steigert sich mit jeder Stufe. Lernaufgaben, bei denen die Lernenden einen Text schreiben, sind der Stufe 4 zuzuordnen. Werden die Lernenden aufgefordert eine zeichnerische Darstellung ihrer mentalen Repräsentation zu konstruieren, befindet sich die Aufgabe auf der 5. Stufe. In der höchsten Interaktivitätsstufe führt der Lernende Handlungen durch und erhält hierfür ein Feedback.

Die Zeichenaufgaben begründen sich über die Generative Theory of Drawing Construction (GTDC, Van Meter & Garner, 2005), die an die Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) von Mayer (2009) anknüpft. Die CTML besagt, dass verbale und bildhafte Informationen in unterschiedlichen Kanälen verarbeitet werden und die Informationen im letzten Schritt zusammen mit dem Vorwissen verknüpft werden. Die GTDC hingegen vermutet, dass Text- und Bildinformationen bei multimedialen Inhalten zwar verarbeitet und in verbale und bildhafte Modelle überführt werden, diese Modelle jedoch nicht miteinander verknüpft werden. Damit die verbalen und bildhaften Modelle integriert werden, muss dies beispielsweise durch die Aufforderung zum Zeichnen angeleitet werden. Beim Zeichnen müssen die Lernenden eine verbale Information in eine nonverbale Information überführen. Diese Überführung beeinflusst Auswahlprozess der Informationen, da für eine nonverbale Repräsentation mehr Informationen notwendig sind als für eine rein verbale Repräsentation. Des Weiteren kann der Lernende durch die Verknüpfung nonverbaler und verbaler Informationen leichter Verständnisfehler identifizieren und diese korrigieren (Van Meter, 2001).

Aus der Literatur lassen sich für die Gestaltung der Lernaufgaben Gestaltungshinweise ableiten: Der Lernende benötigt bei anspruchsvollem Lernmaterial Unterstützung (Van Meter, Aleksic, Schwartz, & Garner, 2006). Diese kann durch die Lenkung der Aufmerksamkeit auf Schlüsselemente und deren Beziehungen (Alesandrini, Langstaff, & Wittrock, 1981), der Aktivierung von Vorwissen (Van Meter et al., 2006) und der Aufforderung zur Überprüfung der eigenen Ergebnisse (Van Meter, 2001) erfolgen.

Feedbackaufgaben befinden sich auf der höchsten Interaktivitätsstufe. Feedback definiert Mory (2003) als eine Rückmeldung von Außen, die der Lernende nach der Bearbeitung einer Frage oder Durchführung einer Handlung erhält. Ziel ist die Bestätigung oder Veränderung des Wissens über das Thema der Frage bzw. die Handlung. Ein automatisches Feedback bei Multiple-Choice-Fragen führt zu einem höheren Lernerfolg (Cohens  $d=0,72$ ) als Multiple-Choice-Fragen ohne Feedback (Butler, Karpicke, & Roediger, 2007), allerdings ist dieses Feedback nur dann hilfreich, wenn der Lernende es nach der Beantwortung einer Frage erhält (Anderson, Kulhavy, & Andre, 1972).

## **Studie**

### **Forschungsfragen & Hypothesen**

In der hier vorgestellten Teilstudie wurde untersucht, ob der Lernerfolg von Lernaufgaben abhängig von der Höhe des Interaktionsgrades ist und ob sich das Vorwissen hierbei moderierend auf den Lernerfolg auswirkt.

Dabei wurde von den Hypothesen ausgegangen, dass 1. ein höherer Interaktionsgrad der Aufgaben zu einem höheren Lernerfolg führt und 2. Lernende ohne Vorwissen stärker von einem höheren Interaktionsgrad profitieren als Lerner mit Vorwissen.

### **Design der Studie**

An der Studie nahmen Schulklassen der 7. und 8. Jahrgangsstufe mit und ohne Vorwissen zum Thema Teilchenmodell teil. Lernende mit Vorwissen wiederholten das Thema mit dem eChemBook, Lernende ohne Vorwissen erarbeiteten das Thema.

Die Studie war im Pre-Post-Test-Design angelegt mit einem nachgelagerten Delayed Posttest. Nach dem Pretest erfolgte eine 180-minütige Intervention, in der die Lernenden selbstständig in Einzelarbeit mit dem eChemBook gearbeitet haben. Innerhalb der Klassen wurde der Aufgabentyp variiert: Gruppe 1 erhielt Aufgaben mit einem niedrigen Interaktionsgrad (Stufe 4 im Stufenmodell), Gruppe 2 Aufgaben mit einem hohen Interaktionsgrad (Stufe 5 & 6). Die restlichen Elemente des eChemBooks unterschieden sich nicht zwischen den beiden Gruppen.

### **Messinstrumente**

Im Pretest wurde das Leseverständnis und die Lesegeschwindigkeit mit dem LGVT 6-12 (Schneider, Schlagmüller, & Ennemoser, 2007), die domänenspezifische Motivation (Frey, Taskinen, Schütte, & PISA-Konsortium Deutschland, 2009) sowie akademisches Selbstkonzept (Schanze, 2001) erhoben. Der Wissenstest unterschied sich je nach Vorwissensbedingung: Die Gruppe ohne Vorwissen erhielt 15 Verifikationsitems. Die Gruppe mit Vorwissen bekam zusätzlich 28 Multiple-Choice-Items.

Im Posttest wurde zusätzlich zum Wissenstest die mentale Belastung (Cierniak, Scheiter, & Gerjets, 2009; Hart & Staveland, 1986) und die Benutzerzufriedenheit bezüglich des eChemBooks. Der Wissenstest bestand ebenfalls aus 15 Verifikationsitems (Cronbachs  $\alpha$ : 0,555), 28 Multiple-Choice-Items (Cronbachs  $\alpha$ : 0,811) und 8 offenen Items inklusive Zeichnungen (Cronbachs  $\alpha$ : 0,774).

### **Ergebnisse**

In der Stichprobe  $N=102$  waren 34,3% weiblich. Es gab keine signifikanten Unterschiede im Vortest zwischen den Interaktivitätsgruppen.

Der Posttest ergab bei den MC-Items und den offenen Items signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen (mittlerer Effekt). Bezüglich der Verifikationsitems gab es keine signifikanten Unterschiede.

Ergebnisse des Posttests in Prozent (T-Test)							
Testformat	Interaktivität	N	M	SD	F	Sig.	d <sub>Cohen</sub>
Verifikations-items	niedrig	56	79,5	14,2	0,809	0,110	
	hoch	46	83,9	13,0			
MC-Items	niedrig	56	60,1	19,1	0,311	0,002	0,63
	hoch	46	71,7	17,5			
offene Items	niedrig	56	36,7	18,3	0,053	0,001	0,71
	hoch	46	49,6	18,0			

Der langfristige Lernerfolgs wurde mittels einer ANOVA mit Messwiederholung untersucht:

Vergleich Posttest und Delayed Posttest (ANOVA mit Messwiederholung)			
Testformat	Einflussfaktor	Signifikanz	part. Eta-Quadrat
MC-Items	Interaktivität	0,004	0,081
	Messzeitpunkt	0,015	0,058
	Messzeitpunkt · Interaktivität	0,186	
offene Items	Interaktivität	0,001	0,110
	Messzeitpunkt	0,074	
	Messzeitpunkt · Interaktivität	0,753	

Die ANOVA zeigt, dass zu beiden Messzeitpunkten signifikante Unterschiede zwischen den beiden Interaktionsgruppen vorliegen. Des Weiteren liegen für die MC-Items signifikante Unterschiede zwischen den Testergebnissen bezüglich des Messzeitpunkts vor. Für die offenen Items gibt es keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Messzeitpunktes. Die Faktoren Messzeitpunkt und Interaktionsgrad interagieren nicht miteinander.

Für den Einfluss des Vorwissens wurde eine 2-faktorielle ANOVA gerechnet:

Untersuchung des Einflusses von Vorwissen und Interaktionsgrad (2-fakt. ANOVA)				
Kennwerte	F	df	p	part. Eta-Quadrat
Vorwissen	2,403	1	0,124	
Interaktionsgrad	8,974	1	0,003**	0,084
Vorwissen & Interaktionsgrad	0,013	1	0,910	

Vorwissen und der Interaktionsgrad der Aufgabe interagieren nicht miteinander.

### Fazit

Als Fazit kann festgehalten werden, dass ein höherer Interaktionsgrad der interaktiven Lernaufgaben zu einem höheren Lernerfolg bei den Lernenden führt. Dieser höhere Lernerfolg ist auch 6-8 Wochen später messbar. Lernende mit einem geringeren Vorwissen profitieren nicht stärker von einem höheren Interaktionsgrad der Lernaufgaben, so dass diese Hypothese verworfen werden muss. Der Lernerfolg bleibt bei der zeichnerischen Darstellung der Teilchenebene stabil. Bei der Abfrage der Konzepte zum Teilchenmodell über Multiple-Choice-Items zeigen die Lernenden einen kleinen bis mittleren Vergessenseffekt, so dass die Vermutung aufgestellt werden kann, dass insbesondere die visuellen Informationen nachhaltig vermittelt wurden.

Als Implikationen für die Gestaltung von Lernaufgaben für den naturwissenschaftlichen Unterricht kann man aus den Ergebnissen ableiten, dass Aufgaben einen hohen Interaktionsgrad aufweisen sollten. Dieser hohe Interaktionsgrad kann beispielsweise durch die Aufforderung zur Externalisierung der Vorstellungen zur Teilchenebene erreicht werden, um den Aufbau mentaler Repräsentationen zu fördern. Die Aufgaben sollten das Vorwissen aktivieren, um eine Verknüpfung der neuen Informationen mit dem Vorwissen zu erleichtern. Der Lernende sollte bei der Bearbeitung auf adaptive Hilfen zurückgreifen können und er sollte für seine Lösung ein Feedback erhalten.

**Literatur**

- Alesandrini, K. L., Langstaff, J. J., & Wittrock, M. C. (1981). Visual-Verbal and Analytic-Holistic Strategies, Abilities, and Styles. *Journal of Educational Psychology*, 73(3), 358–368.
- Anderson, R. C., Kulhavy, R. W., & Andre, T. (1972). Conditions under which feedback facilitates learning from programmed lessons. *Journal of Educational Psychology*, 63(3), 186–188.
- Butler, A. C., Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2007). The effect of type and timing of feedback on learning from multiple-choice tests. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 13(4), 273–281. <http://doi.org/10.1037/1076-898X.13.4.273>
- Cierniak, G., Scheiter, K., & Gerjets, P. (2009). Explaining the split-attention effect: Is the reduction of extraneous cognitive load accompanied by an increase in germane cognitive load? *Computers in Human Behavior*, 25(2), 315–324. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.020>
- Frey, A., Taskinen, P., Schütte, K., & PISA-Konsortium Deutschland. (2009). PISA 2006 Skalenhandbuch: Dokumentation der Erhebungsinstrumente (1st ed.). Münster: Waxmann.
- Hanna, G. S. (1976). Effects of Total and Partial Feedback in Multiple-Choice Testing upon Learning. *Journal of Educational Research*, 69(5), 202–205.
- Hart, & Staveland. (1986). NASA Task Load Index (TLX). Manual.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). *Multimedia learning* (2nd ed.). (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- Mory, E. H. (2003). Feedback Research Revisited. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of Research for Educational Communications and Technology* (2nd ed., pp. 745–783). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Schanze, S. (2001). Wissenserwerb mithilfe der internetbasierten Lernumgebung ChemNet– Eine empirische Untersuchung zum Lernen mit linearen und vernetzten Hypertexten. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Schneider, W., Schlagmüller, M., & Ennemoser, M. (2007). Lesegeschwindigkeits- und verständnistest für die Klassenstufen 6-12 (LGV T 6-12). Göttingen: Hogrefe.
- Schulmeister, R. (2002). Taxonomie der Interaktivität von Multimedia- Ein Beitrag zur aktuellen Metadaten-Diskussion. *It - Information Technology*, 44(4\_2002), 193. <http://doi.org/10.1524/itit.2002.44.4.193>
- Van Meter, P. (2001). Drawing construction as a strategy for learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 93(1), 129–140. <http://doi.org/10.1037/0022-0663.93.1.129>
- Van Meter, P., Aleksic, M., Schwartz, A., & Garner, J. (2006). Toward a theory of learner-generated drawings: The generative theory of drawing construction. *Contemporary Educational Psychology*, 31(2), 142–166. <http://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2005.04.001>
- Van Meter, P., & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: Literature review and synthesis. *Educational Psychology Review*, 17(4), 285–325. <http://doi.org/10.1007/s10648-005-8136-3>

Anne Beerenwinkel<sup>1</sup>  
 Thomas Lindauer<sup>1</sup>  
 Claudia Schmellentin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule FHNW, Basel

## Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht

### Einleitung

Schreiben spielt im Arbeitsalltag von NaturwissenschaftlerInnen immer wieder eine Rolle. Im naturwissenschaftlichen Unterricht und in der fachdidaktischen Forschung wird dem Schreiben dagegen weniger Beachtung geschenkt. Dabei ist (eigenständiges) Schreiben aus verschiedenen Perspektiven für Lernende von Bedeutung. Beim Schreiben müssen Aussagen passend angeordnet und miteinander verknüpft, Gedanken müssen ausformuliert und Fachbegriffe sachgerecht eingesetzt werden. Im Gegensatz zum mündlichen Austausch bedingt Schreiben Verlangsamung und es fixiert Gedanken, wodurch diese zu einem Objekt der Reflexion und Diskussion werden können (Wrobel, 2010, S. 39). Schreiben ist die „minds-on“-Komponente eines handlungsorientierten „hands-on“-Unterrichts (Yore, Bisanz & Hand, 2003, S. 712). Im Folgenden werden Ergebnisse aus der Literatur dargestellt und Desiderata für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsprojekte abgeleitet.

### Die Bedeutung von Schreiben

Schreiben ist ein wichtiger Bestandteil der täglichen Arbeit von NaturwissenschaftlerInnen und eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung naturwissenschaftlicher Theorien und Erkenntnisse (Mody, 2015; Norris & Phillips, 2003). Im Naturwissenschaftsunterricht kann Schreiben verschiedenen Funktionen dienen, insbesondere der konservierenden (Sachverhalte zur Gedächtnisentlastung notieren), der dokumentierenden (Sachverhalte für andere aufzeigen, z. B. in Prüfungen, Präsentationen) und der epistemischen (Schreiben, um das Gelernte kognitiv zu durchdringen, Gedanken zu klären sowie Verstandenes und Unverstandenes aufzudecken) (Lindauer et al., 2013). Handlungsorientierte und schülerzentrierte Lernumgebungen bieten dabei vielfältige Anlässe für produktive Schreibanele, wie z. B. Vorwissen aktivieren, Hypothesen formulieren, Fragen notieren, Beobachtungen festhalten, Rechercheergebnisse zusammenfassen, Lernjournale führen etc. Schreiben kann dabei als Mittel zur Differenzierung und Förderung des selbstständigen Lernens eingesetzt werden (Leisen, 2008). Damit ist Schreiben auch ein Bestandteil eines kompetenzorientierten Naturwissenschaftsunterrichts, was sich in der Bedeutung von schriftsprachlichen Kompetenzen im Konzept der Scientific Literacy bzw. der darauf aufbauenden Kompetenzen, wie sie in vielen Ländern in den letzten Jahren in Form von Standards verabschiedet wurden, widerspiegelt (Lee, Quinn & Valdes, 2013; Norris & Phillips, 2003; EDK, 2011). Dies impliziert Herausforderungen für SchülerInnen und Lehrpersonen gleichermaßen: SchülerInnen müssen neben der schulischen Bildungssprache die fachspezifischen Sprachregister der naturwissenschaftlichen Fächer erlernen (Vollmer & Thürmann, 2010). Lehrpersonen müssen in den fachsprachlichen Diskurs einführen und gleichzeitig sprachbedingte Hürden für das fachliche Lernen abbauen (Lindauer et al., 2013; Schmölzer-Eibinger et al., 2013).

### Instruktionsmodelle aus dem englischsprachigen Raum

Schreiben als Lernmethode in den Naturwissenschaften hat im englischsprachigen Raum eine lange Tradition (Nieswandt, 2010). Im Folgenden werden drei Instruktionsmodelle vorgestellt, deren Konzeption auf eine Verschränkung der Perspektiven „Writing to learn“ und „Learning to Write“ (vgl. Sampson et al., 2013) ausgerichtet ist.

Das Programm *Science Writing Heuristic (SWH)* ist ein sprachfokussiertes und insbesondere schreibintensives Unterrichtskonzept, das dem Ansatz der «argument-based inquiry» folgt,

wobei das kollaborative Aushandeln von Bedeutungen und Erklärungen ein zentrales Element dieses Ansatzes darstellt (Hand et al., 2016). Das Modell der *SWH* wurde umfassend untersucht und es zeigte sich u. a., dass sich die Implementierung der *SWH* positiv auf das fachliche Lernen der SchülerInnen auswirkt (vgl. z. B. Hand et al., 2016; Wallace, Hand & Prain, 2004).

Das ebenfalls schreibintensive Instruktionsmodell der *Argument-Driven Inquiry (ADI)* gründet auf dem sozial-konstruktivistischen Ansatz des Lernens und umfasst mehrere Schritte, in denen SchülerInnen in Gruppen experimentell arbeiten und unter Anleitung argumentieren, diskutieren, schreiben und Feedback geben (Sampson et al., 2013). Während bei *SWH* verschiedenartige Schreibenanlässe die Forschungsaktivität der Lernenden unterstützen, fokussiert *ADI* auf die Anfertigung eines „Investigation Reports“. In einer Interventionsstudie zeigten sich insgesamt positive Effekte im Hinblick auf inhaltliches Lernen und auf die Fähigkeit, eine naturwissenschaftliche Argumentation schriftlich zu formulieren.

Ein weiterer sehr praxisorientierter Ansatz ist das Programm «*Science Writing Approach (SWA)*» (Fulwiler, 2011), welches Primarlehrpersonen unterstützt, einen «inquiry-based hands-on science» Unterricht mit vielfältigen Schreibenanlässen durchzuführen. Die Evaluation des *SWA* zeigte u.a., dass das fachliche Lernen, insbesondere von Kindern mit Englisch als Zweitsprache, durch diesen Ansatz positiv beeinflusst wird (Ramage & Strokes, 2012).

### **Studien aus dem deutschsprachigen Raum**

Im deutschsprachigen Raum gab es in den letzten Jahren einige Projekte zur Förderung des Schreibens im naturwissenschaftlichen Unterricht, von denen im Folgenden einige vorgestellt werden.

Özcan (2013) hat für den Chemieunterricht der siebten Jahrgangsstufe Materialien zur Sprachförderung konzipiert und in einer Interventionsstudie getestet. Die Intervention fokussierte jedoch nicht explizit auf die Wirkung von Schreibenanlässen. Die Studie konnte insbesondere die Bedeutung der Unterrichtssprache für den Aufbau von fachsprachlichem und fachinhaltlichem Wissen aufzeigen.

Nieswandt (1997) untersuchte explizit die Wirkung von Schreibaufträgen im Chemieunterricht des neunten Jahrgangs. Das Schreiben an sich war zwar nicht Lerninhalt des Unterrichts, die Lernenden erhielten aber individuelles schriftliches Feedback zu sprachlichen und inhaltlichen Aspekten ihrer Hausaufgaben. Die erwartete lernförderliche Wirkung der Schreibaufträge blieb jedoch aus und die Schreibmotivation der SchülerInnen war gering. Bergeler (2009) testete mit SchülerInnen des elften Jahrgangs am Thema Akustik eine Schreib-Lernmethode, bei der das Schreiben explizit im Unterricht thematisiert wurde. Auch hier zeigte sich nicht die erwartete lernförderliche Wirkung und die Schreibmotivation der Lernenden war ebenfalls niedrig ausgeprägt.

In einem interdisziplinären Projekt (Physik, Deutsch) haben Schilcher und Rincke (2015) untersucht, inwieweit eine Verbindung von fachlichen und sprachlichen Aufgaben einem kompetenzorientierten Fachunterricht dienlich sein kann. Es wurde folgende Schreibsituation inszeniert: Schülerinnen des zehnten Jahrgangs verfassten in Gruppen ein Gutachten zu einem Verkehrsunfall, nachdem sie zuvor entsprechendes Textmusterwissen erworben hatten. Die entstandenen Texte zeigten, dass den Lernenden die Umsetzung von Schlussfolgerungen in Sprache zwar schwerfällt, die Texte aber vielfältige Möglichkeiten für die Weiterarbeit in beiden Fächer boten.

In Österreich wurde im Rahmen des Projektes „*Innovationen machen Schulen Top*“ zwei Projekte zum Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht durch Lehrpersonen durchgeführt und von Wissenschaftlern begleitet (Habicher, Bucher-Spielmann & Waldner, 2015). Im ersten Projekt schrieben die SchülerInnen Sachtexte, im zweiten kreative Texte. Entgegen der Erwartung blieb die negative Einstellung der Lernenden zum Schreiben in beiden

Projekten (Sachtexte, kreative Texte) bestehen, jedoch wurde der Nutzen von selbstständigem Schreiben anerkannt.

Im Hinblick auf den Status quo zum Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht haben Thürmann, Pretzel und Schütte (2015) archivierte Unterrichtsskripte von 20 Biologiestunden der Klassen 5 bis 10 analysiert sowie Biologielehrpersonen und ihre SchülerInnen des achten Jahrgangs befragt. Es zeigte sich, dass Schreiben kaum in seiner epistemischen, kognitiv involvierenden Funktion eingesetzt wird, sondern hauptsächlich zur Dokumentation und Sicherung (z. B. Abschriften von der Tafel, Lehrerdiktat). Konsistent mit den Ergebnissen der o.g. Studien standen die Lernenden dem Schreiben eher negativ gegenüber.

### **Fazit**

Im deutschsprachigen Raum ist die empirische Befundlage zum Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht noch relativ dünn (vgl. auch Thürmann, 2012). Es scheint, dass Schreiben selten als Lernmethode eingesetzt wird und die Motivation der Lernenden auch im naturwissenschaftlichen Unterricht eher gering ist. Die Anlagen der wenigen Studien sind zudem unterschiedlich, insbesondere auch im Hinblick auf die Konzeptionalisierung der Schreibanelässe und deren Integration in den Unterricht, sodass sich die Ergebnisse nur teilweise miteinander in Beziehung bringen lassen. Im Vergleich zu den vorgestellten Instruktionsmodellen aus dem englischsprachigen Raum zeichnen sich die Studien im deutschsprachigen Raum u.a. auch dadurch aus, dass es sich nicht um umfassende Unterrichtsmodelle zum «inquiry-based learning» handelt, sondern dass Schreibanelässe konzipiert werden, die in den «regulären» Unterricht der Lehrpersonen integriert werden können.

### **Desiderata**

Eine Übertragung von Forschungsergebnisse aus dem englischsprachigen Raum in die schweizerische Unterrichtssituation sehen wir kritisch: Die kulturellen Unterschiede der Bildungssysteme und des Unterrichts (Roeder, 2001) sind zu gross, dies gilt auch für die Tradition des wissenschaftlichen Schreibens in den beiden Kulturräumen (Gruber, 2010). Auch weiss man aus der Implementationsforschung, dass Unterricht nicht dadurch geändert wird, dass man Schulen und Lehrpersonen «fertige» Materialien an die Hand gibt, die in einem anderen Kontext entwickelt wurden (vgl. Gräsel & Parchmann, 2004) – überdies noch Materialien, die ggf. eine grundlegende Umstellung des Unterrichts verlangen würden.

Es besteht daher Forschungsbedarf für die schweizerische Situation / im deutschsprachigen Raum in Bezug auf folgende Fragen: Wie wird Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt? Welche Einstellungen haben Naturwissenschaftslehrpersonen dazu? Welche Hürden sehen sie bei der Implementation?

Bei der Konzeption von Modellen zum Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht sollte beachtet werden, dass eine erfolgreiche Integration in den «regulären» Unterricht möglich ist und kompetenzorientiertes Lernen unterstützt wird. Als zentral für die Konzeption von Projekten zum Schreiben im Naturwissenschaftsunterricht sehen wir eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Naturwissenschafts- und Sprachdidaktik an. Wenn möglich sollte sogar eine transdisziplinäre Zusammenarbeit – im Sinne von Stock und Burton (2011) – mit Lehrpersonen angestrebt werden, um praxisgerechte Modelle zu entwickeln und ungewünschte «top-down»-Effekte zu vermeiden.

### **Literatur**

- Bergeler, E. (2009). Lernen durch eigenständiges Schreiben von sachbezogenen Texten im Physikunterricht - Eine Feldstudie zum Schreiben im Physikunterricht am Beispiel der Akustik. Dissertation, Technische Universität Dresden.
- EDK (2011). Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften: Nationale Bildungsstandards. Bern: Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (EDK). <http://www.edk.ch/dyn/12930.php> (1.10.2016).

- Fulwiler, B. (2011). *Writing Science in Action – Strategies, Tools, and Classroom Video*. Portsmouth, NH, Heinemann.
- Gräsel, C., & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung - oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, 33, 196-213.
- Gruber, H. (2010). Modelle des wissenschaftlichen Schreibens: Ein Überblick über zentrale Ansätze und Theorien. In A. Saxalber & U. Esterl (Eds.), *Schreibprozesse begleiten. Vom schulischen zum universitären Schreiben*. Innsbruck: Studien Verlag, 17-40.
- Habicher, A., Bucher-Spielmann, P. & Waldner, N. (2015). Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht. *spektrum pht*, 8, 73 – 81.
- Hand, B., Norton-Meier, L., Gunel, M. & Akkus, R. (2016). Aligning teaching and learning: A 3-year study of embedding authentic language and science practices within elementary science classrooms. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14, 847-863.
- Lee, O., Quinn, H. & Valdes, G. (2013). Science and Language for English Language Learners in Relation to Next Generation Science Standards and with Implications for Common Core State Standards for English Language Arts and Mathematics. *Educational Researcher*, 42(4), 223-233.
- Leisen, J. (2008). Lesen ist schon schwer genug, dann auch noch Schreiben? *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 19(104), 4-10.
- Lindauer, T., Schmellentin, C., Beerenwinkel, A., Hefti, C. & Furger, J. (2013). Sprachbewusst unterrichten – Eine Unterrichtshilfe für den Fachunterricht. *Bildungsraum Nordwestschweiz*. <http://www.fhnw.ch/ph/zntd/downloads> (1.10.2016).
- Mody, C. (2015). Scientific Practice and Science Education. *Science Education*, 99(6), 1026-1032.
- Nieswandt, M. (1997). *Verstehendes Lernen im Chemieunterricht: Schreiben als Mittel*. Kiel: IPN.
- Nieswandt, M. (2010). Verstehen durch Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht. In G. Fenkart, A. Lembens & E. Erlacher-Zeitlinger (Eds.), *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften*. Innsbruck: Studienverlag, 250-266.
- Norris, S & Phillips, L. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87, 224-240.
- Özcan, N. (2013). *Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie: eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht*. Berlin: Logos.
- Ramage, K. & Stokes, L. (2012). *Helping Students Learn Science Through Writing And Writing Through Science - Key Findings from Ten Years of Study*. Inverness, CA: Inverness Reserach.
- Roeder, M. (2001). Vergleichende ethnographische Studien zu Bildungssystemen: USA, Japan, Deutschland. *Zeitschrift für Pädagogik*, 47, 201-215.
- Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J. & Witte, S. (2013). Writing to Learn by Learning to Write During the School Science Laboratory: Helping Middle and High School Students Develop Argumentative Writing Skills as They Learn Core Ideas. *Science Education*, 97, 643–670.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 212–257.
- Schilcher A. & Rincke, K. (2015). Schreiben als Motor für die Auseinandersetzung mit Fach und Sprache. Erklärung und Argumentieren. In S. Schmölder-Eibinger & E. Thürmann (Eds.), *Schreiben als Medium des Lernens. Kompetenzentwicklung durch Schreiben im Fachunterricht*. Münster, New York: Waxmann, 99-114.
- Schmölder-Eibinger, S., Dorner, M., Langer, E. & Helten-Pacher, M.-R. (2013). *Sprachförderung im Fachunterricht in sprachlich heterogenen Klassen*. Stuttgart: Fillibach bei Klett.
- Stock, P. & Burton, R. (2011). Defining Terms for Integrated (Multi-Inter-Trans-Disciplinary) Sustainability Research. *Sustainability*, 8(3), 1090–1113.
- Thürmann, E. (2012). Lernen durch Schreiben? Thesen zur Unterstützung sprachlicher Risikogruppen im Sachfachunterricht. *dieS-online*, 1. <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2012/8668/> (1.10.2016).
- Thürmann, E., Pretzel, E. & Schütte, U. (2015). Der schlafende Riese: Versuch eines Weckrufs zum Schreiben im Fachunterricht. In S. Schmölder-Eibinger & E. Thürmann (Eds.), *Schreiben als Medium des Lernens. Kompetenzentwicklung durch Schreiben im Fachunterricht*. Münster, New York: Waxmann, 17-45.
- Vollmer, H. & Thürmann, E. (2010): Zur Sprachlichkeit des Fachlernens: Modellierung eines Referenzrahmens für Deutsch als Zweitsprache. In Ahrenholz, B. (Eds.), *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache*. Tübingen: Narr, 107-132.
- Wallace, C., Hand, B. & Prain, V. (2004). *Writing and learning in the science classroom*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Yore, L., Bisanz, G. & Hand, B. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25(6), 689-725.

Nicole Kohnen<sup>1</sup>  
 Sascha Bernholt<sup>2</sup>  
 Jan Retelsdorf<sup>2</sup>  
 Hendrik Härtig<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>IPN Kiel

## Textverständnis im Physikunterricht

### Theoretischer Hintergrund

Texte aus Schulbüchern sind sprachlich so anspruchsvoll gestaltet, dass sie im Physikunterricht kaum gelesen werden; häufig dienen sie allenfalls den Lehrerinnen und Lehrern zur Unterrichtsvorbereitung (Härtig et al., 2012; Staraschek, 2003; Merzyn, 1994). Im Rahmen dieser Studie soll untersucht werden, wie die sprachlichen Barrieren reduziert werden können, die die Schülerinnen und Schüler zu nehmen haben; die Texte sollen demnach an die Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler angepasst werden (Leisen, 2012).

Man geht aber davon aus, dass ein Text durch sprachliche Veränderungen nicht gleichermaßen für alle Schülerinnen und Schüler angepasst werden kann, da diese einen Text stets mit individuellen Voraussetzungen wie einem bestimmten thematischen Vorwissen, einem gewissen rezeptiven Wortschatz oder auch eigenen Zielen und Erwartungen rezipieren, auf deren Basis sich der Verstehensprozess vollzieht (Schnotz, 2006). Das Lesen führt damit zu einer individuellen Repräsentation des Textes auf Seiten der Leserinnen und Leser. Kintsch und van Dijk gehen dabei von drei Repräsentationsebenen aus, der wörtlichen Repräsentation, der propositionalen Repräsentation und dem Situationsmodell, in dem die Informationen aus dem Text mit dem schon bestehenden Vorwissen verknüpft werden (Kintsch, 1988; van Dijk & Kintsch, 1983). Dieser aktive und vom Leser gesteuerte Prozess wird als Integrationsprozess bezeichnet. Parallel findet der vom Text angeleitete Konstruktionsprozess statt, sodass sich das Textverständnis der Leserinnen und Leser immer aus einem Zusammenspiel der Personenmerkmale auf der einen Seite und der Textmerkmale auf der anderen Seite ergibt. Als relevante Personenmerkmale wurden u.a. der Wortschatz, das Vorwissen, die Leseflüssigkeit, das Lesestrategiewissen, das allgemeine Textverständnis und das schlussfolgernde Denken identifiziert (für einen Überblick vgl. Cromley et al., 2007). Auf der Seite des Textes erwiesen sich u.a. die Kohäsion, die Wortlänge, die Satzlänge und -komplexität und die Informationsdichte als relevante Prädiktoren für das Verständnis eines Textes (für einen Überblick vgl. Christmann & Groeben, 2002). Bisher wurde bei der Untersuchung von Einflussfaktoren auf das Textverständnis jedoch häufig entweder nur die Personen- oder nur die Textseite berücksichtigt. Interaktionen wurden v.a. für das Vorwissen und die Kohäsion in Form des Expertise Reversal Effects nachgewiesen, der besagt, dass bei wenig Vorwissen eine hohe Kohäsion und bei viel Vorwissen eine geringe Kohäsion förderlich ist (McNamara & Kintsch, 1996; McNamara et al., 1996). O'Reilly und McNamara (2007) und Ozuru, Dempsey und McNamara (2009) konnten nachweisen, dass eine hohe Kohäsion das Verständnis bei wenig und auch bei viel vorhandenem Vorwissen fördert, wenn die allgemeine Lesekompetenz hoch ausgeprägt ist. Schülerinnen und Schüler und auch deutschsprachige Texte wurden hinsichtlich Interaktionen bisher selten untersucht.

### Forschungsfragen

Ausgehend vom theoretischen Hintergrund ergeben sich folgende Forschungsfragen: Inwiefern wird das Verständnis von expositorischen Physiktexten beeinflusst durch...

- ... die sprachliche Gestaltung des Textes?
- ... die Personenmerkmale der Leserinnen und Leser?

- ... die Interaktionen von Personenmerkmalen und sprachlicher Gestaltung?

Analysiert wurde der Einfluss zweier sprachlicher Gestaltungen (Leichte Sprache und einfache Sprache). An Personenmerkmalen wurden das inhaltliche Vorwissen, der rezeptive Wortschatz, die Leseflüssigkeit, das allgemeine Textverständnis bezogen auf narrative Texte, das Lesestrategiewissen, das schlussfolgernde Denken und das Konnektorenwissen untersucht.

### **Forschungsdesign**

Insgesamt nahmen  $N = 456$  Neuntklässlerinnen und Neuntklässler aus Nordrhein-Westfalen teil (davon waren 202 weiblich), von denen 233 eine Gesamtschule und 223 ein Gymnasium besuchten. Im Schnitt waren die Schülerinnen und Schüler 14.9 Jahre alt.

Durchgeführt wurde ein randomisiertes Experiment mit den zwei Bedingungen der sprachlichen Gestaltung (Leichte Sprache und einfache Sprache). Diese beiden sprachlichen Gestaltungen lagen jeweils für zwei Inhaltsbereiche (Atome und Mechanik) vor. Die Versionen in Leichter Sprache wurden nach den Regeln von Maaß (2015) erstellt. Diese geben beispielsweise vor, dass in jeder Zeile nur ein Satz steht, es keine Nebensätze gibt und jede grammatikalische Information mit einem eigenen Wort realisiert wird. Ferner werden inhaltlich abhängige Sätze eingerückt und Verneinungen möglichst vermieden bzw. fettgedruckt. Hinsichtlich sowohl der Lexik als auch der Konnektoren liegt ein hoher Kohäsionsgrad vor, da Referenten nur durch Wortwiederholungen wiederaufgenommen werden und alle semantischen Relationen explizit sind. Die einfache Sprache folgt weniger strengen Regeln, jedoch unterscheiden sich auch diese Versionen von den fachsprachlich geprägten Texten aus Physikschulbüchern in mehreren Aspekten. Beispielsweise sind die Satzglieder weniger komplex, die Texte folgen dem Verbalstil und insgesamt ist die Informationsdichte geringer. Außerdem liegt ein gewohntes Layout vor. Im Hinblick auf die Konnektoren ist der Kohäsionsgrad mit dem der Leichten Sprache vergleichbar.

Im Abstand von einer Woche wurden die Schülerinnen und Schüler jeweils 90 Minuten getestet. Die Vorwissenstests (Atome und Mechanik) wurden am ersten Testtag bearbeitet. Am zweiten Testtag folgte das Lesen der Texte. Jede Schülerin und jeder Schüler las dabei zwei Texte (einen über Atome und einen über Mechanik), wobei die Hälfte der Schülerinnen und Schüler beide Texte in der gleichen sprachlichen Gestaltung (entweder Leichte oder einfache Sprache) und die andere Hälfte einen Text in Leichter und den anderen in einfacher Sprache las. Im Anschluss an das Lesen der Texte folgte der jeweilige Verständnistest, der mit dem Vorwissenstest des ersten Testtags identisch war.

### **Ergebnisse**

Die Reliabilität der Instrumente zur Erhebung der Personenmerkmale lag mit einem Cronbachs  $\alpha$  von .61 bis .87 in einem akzeptablen bis in den meisten Fällen guten Bereich.

Ein  $t$ -Test für gepaarte Stichproben ergab, dass die Schülerinnen und Schüler nach dem Lesen des Atom-Textes signifikant mehr Fragen beantworten konnten als vor dem Lesen des Textes: Der Unterschied zwischen dem durchschnittlichen Score im Vorwissenstest ( $M = 9.9$ ,  $SD = 4.25$ ) und dem im identischen Verständnistest ( $M = 13.2$ ,  $SD = 5.5$ ) war signifikant;  $t(449)$ ,  $-17.06$ ,  $p < .001$ . Beim Mechanik-Text zeigte sich ein sehr ähnliches Bild. Auch hier war der Unterschied zwischen dem Mittelwert des Vorwissenstest-Scores ( $M = 7.8$ ,  $SD = 3.0$ ) und dem des Verständnistest-Scores ( $M = 11.0$ ,  $SD = 3.6$ ) signifikant;  $t(449)$ ,  $-21.41$ ,  $p < .001$ . Der Effekt war mit einem Cohens  $d$  von .84 (Atome) bzw. 1.05 (Mechanik) für beide Inhaltsbereiche groß.

Es wurden, jeweils für beide Inhaltsbereiche, lineare Regressionen für drei Modelle gerechnet (für alle Schülerinnen und Schüler, für den Text in Leichter Sprache und für den Text in einfacher Sprache). In beiden Inhaltsbereichen und in allen Modellen war das Vorwissen der bei weitem wichtigste Prädiktor für das Textverständnis, i.d.R. gefolgt vom

Wortschatz. Mit Bezug auf die anderen Prädiktoren ergab sich hinsichtlich ihrer Signifikanz kein einheitliches Bild, wobei die Regressionsgewichte hier jeweils klein waren. Es zeigte sich ferner weder ein Haupteffekt der sprachlichen Gestaltung noch eine Interaktion der sprachlichen Gestaltung mit dem Vorwissen oder dem allgemeinen Textverständnis. Durch alle Modelle wird eine gute Varianzaufklärung erreicht ( $R^2 = .53 - .65$ ).

### **Diskussion**

Es konnte gezeigt werden, dass das Lesen der Texte zu einem signifikantem Lernzuwachs führt, wobei der Effekt für die beiden Inhaltsbereiche Atome und Mechanik groß war. Die sprachliche Gestaltung hatte dabei keinen Haupteffekt, d.h. unabhängig von den Personenmerkmalen unterschieden sich die Leichte und die einfache Sprache nicht in ihrem Effekt auf das Textverständnis. Mit Bezug auf die Personenmerkmale erwiesen sich das Vorwissen und der Wortschatz als die wichtigsten Prädiktoren. Das Vorwissen erklärte dabei bei weitem am meisten Varianz, was bedenklich erscheinen kann vor dem Hintergrund, dass es sich bei den Texten um nicht fachsprachlich geprägte und zudem um Einführungstexte handelte. Interaktionen der sprachlichen Gestaltung mit dem Vorwissen oder dem allgemeinen Textverständnis konnten nicht nachgewiesen werden, sodass auch unter Berücksichtigung dieser Personenmerkmale kein signifikanter Einfluss der sprachlichen Gestaltung auf das Verständnis vorhanden war. Es kann gefolgert werden, dass sowohl die Leichte als auch die einfache Sprache angemessen sind. Es sei aber an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass sich auch die Texte in einfacher Sprache durchaus von den fachsprachlich orientierten Texten aus Physikbüchern unterscheiden und Interaktionen der sprachlichen Gestaltung mit einzelnen Personenmerkmalen hier nicht auszuschließen sind.

Insgesamt spricht die gute Varianzaufklärung aller Modelle dafür, dass alle Modelle gut geeignet sind, um das Textverständnis vorherzusagen. Außerdem scheinen die Modelle themenübergreifend sehr ähnlich, d.h. die Wirkungsgefüge scheinen relativ robust und unabhängig vom Thema zu sein.

**Literatur**

- Cromley, J., & Azevedo, R. (2007). Testing and Refining the Direct and Inferential Mediation Model of Reading Comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 99 (2), 311-325
- Groeben N., & Christmann, U. (1989). Textoptimierung unter Verständlichkeitsperspektive. In G. Antos, G. & H.P. Krings (Eds.), *Textproduktion. Ein interdisziplinärer Forschungsüberblick*. Tübingen: Niemeyer, 165-196
- Härtig, H., Kauertz, A., & Fischer, H. E. (2012). Nutzung von Schulbüchern zur Unterrichtsvorbereitung in Physik. *MNU – Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 65 (4), 197-200
- Kintsch, W. (1988). The Role of Knowledge in Discourse Comprehension: A Construction-Integration Model. *Psychological Review*, 95, 163-182
- Leisen, J. (2012). Der Umgang mit Sachtexten im Fachunterricht. In *leseforum.ch. – Online-Plattform für Literalität*, 3, 1-15. Zugriff unter [http://www.leseforum.ch/myUploadData/files/2012\\_3\\_Leisen.pdf](http://www.leseforum.ch/myUploadData/files/2012_3_Leisen.pdf) am 10.10.16
- Maaß, C. (2015). *Leichte Sprache: Das Regelbuch*. Berlin: LIT Verlag
- McNamara, D. S., & Kintsch, W. (1996). Learning from texts: Effects of prior knowledge and text coherence. *Discourse processes*, 22(3), 247-288
- McNamara, D. S., Kintsch, E., Songer, N. B., & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition and instruction*, 14 (1), 1-43
- Merzyn, G. (1994). *Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht: Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer*. Kiel: IPN
- O'Reilly, T., & McNamara, D. S. (2007). The impact of science knowledge, reading skill, and reading strategy knowledge on more traditional "highstakes" measures of high school students' science achievement. *American Educational Research Journal*, 44, 161-196
- Ozuru, Y., Dempsey, K., & McNamara, D. S. (2009). Prior knowledge, reading skill, and text cohesion in the comprehension of science texts. *Learning and Instruction*, 19, 228-242
- Schnotz, W. (2006). Was geschieht im Kopf des Lesers? Mentale Konstruktionsprozesse beim Textverständnis aus der Sicht der Psychologie und der kognitiven Linguistik. In H. Blühdorn, E. Breindl & U. H. Waßner (Eds.), *Text - Verstehen. Grammatik und darüber hinaus*. Berlin: Walter de Gruyter, 222-238
- Staraschek, E. (2003). Ergebnisse einer Schülerbefragung über Physikschulbücher. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 135-146
- van Dijk, T. A., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press

Annette Flechsig<sup>1</sup>  
 Jens-Peter Knemeyer<sup>2</sup>  
 Jonathan Glaser<sup>1</sup>  
 Verena Jannack<sup>1</sup>  
 Nicole Marmé<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg  
<sup>2</sup>Johann-Sebastian-Bach Gymnasium  
 Mannheim

### **Wissenschaftliches Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht**

Der heutige Lebensstandard und der immer weiter steigende Wohlstand und die Lebenserwartung wären ohne Wissenschaft und dem daraus resultierenden technologischen Fortschritt nicht möglich. Ein wesentlicher, oft unterschätzter Bestandteil dieser Entwicklung ist das wissenschaftliche Schreiben. Denn „ohne den ständigen Austausch und die Weitergabe von Information gibt es auf Dauer keine Wissenschaft“ (Ebel, Bliefert, & Greulich, 2008). Bedeutende Wissenschaftler haben seit jeher erkannt, dass wissenschaftliche Ergebnisse auch kommuniziert werden müssen. Demnach kann das wissenschaftliche Schreiben als eine wichtige und notwendige Schlüsselqualifikation eines erfolgreichen Wissenschaftlers angesehen werden. Das Verfassen wissenschaftlicher Texte ist darüber hinaus Bestandteil in vielen Bereichen und trägt zum Erfolg in Schule, Studium und Beruf bei. Die Kommunikationsmöglichkeiten haben sich in den vergangenen Jahren rasant gewandelt und der Wissenszuwachs beschleunigt sich immer weiter. Somit ändern sich auch die Anforderungen an die Ausbildung junger Menschen. Um dem Rechnung zu tragen, haben sich die Bildungspläne in Deutschland von reinen Fachinhalten hin zu Kompetenz-basierten Plänen entwickelt, wodurch die SchülerInnen auf die sich immer schneller ändernden Anforderungen unserer Gesellschaft und ein lebenslanges Lernen vorbereitet werden sollen. Auf der anderen Seite nehmen die Schreibschwierigkeiten der Studierenden enorm zu. (Pohl, 2007; Steinhoff, 2007) Dies ist umso gravierender, da wissenschaftliches Schreiben nicht nur zur Kommunikation dient, sondern auch ein großes Potenzial für einen effektiven Lernprozess bietet (Fulwiler & Young, 1982), was zum Beispiel durch die WAC-Bewegung (Writing Across the Curriculum) im anglo-amerikanischen Raum gezeigt wurde. (Gruber, 2010) Als Reaktion wurden auch an deutschen Hochschulen Schreibzentren eingerichtet und Schreibprogramme entwickelt. Die Arbeiten von Pohl und Steinhoff machen allerdings deutlich, dass die notwendigen Schreibkompetenzen aber nicht in einzelnen Kursen erworben werden können, sondern dass grundlegende Basisqualifikationen bereits vorhanden sein müssen. Diese sollten bereits in der Schule erworben werden. (Pohl, 2011) Gerade im naturwissenschaftlichen Unterricht spielen die Schreibkompetenzen nur eine untergeordnete Rolle, obwohl die Kultusministerkonferenz bereits reagiert hat und erste Möglichkeiten bietet. Beispielsweise wurden für das Fach Chemie folgende Kompetenzen aufgeführt (KMK (Hg.), 2005): „die Schülerinnen und Schüler ... K1 recherchieren zu einem chemischen Sachverhalt in unterschiedlichen Quellen, [...] K7 dokumentieren und präsentieren den Verlauf und die Ergebnisse ihrer Arbeit situationsgerecht und adressatenbezogen, K8 argumentieren fachlich korrekt und folgerichtig, K9 vertreten ihre Standpunkte zu chemischen Sachverhalten und reflektieren Einwände selbstkritisch, [...]“. Trotzdem spielt das wissenschaftliche Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht keine, oder nur eine untergeordnete Rolle. In einer ersten, noch nicht veröffentlichten Studie gaben Lehrkräfte der Naturwissenschaften an, dem wissenschaftlichen Schreiben in der Schule zwar prinzipiell positiv gegenüberzustehen, allerdings wurde nur wenig Bereitschaft gezeigt eine Unterrichtseinheit zum wissenschaftlichen Schreiben im eigenen Unterricht durchzuführen. Als Hauptgründe werden fehlendes Material, fehlende Zeit und Angst um das Erfüllen der Bildungspläne genannt.

Um LehrerInnen und SchülerInnen für die Wichtigkeit des Schreibens zu sensibilisieren, werden Materialien und Konzepte konzipiert, die in den Unterricht integriert werden können.

### Schreibtraining

Ein erstes Schreibtraining, das aus zwei Modulen besteht (Kennzeichen wissenschaftlicher Texte und Zitieren/Quellenangabe), wurde bereits entwickelt. Es gibt vier Übungsbereiche, (1) Unterscheidung Wissenschaft und Pseudowissenschaft, (2) Richtig formulieren, (3) Richtig argumentieren und (4) Richtig zitieren. Dieses Schreibtraining wurde in einer Pilotphase mit 101 Schüler/innen der Jahrgangsstufen 8/9 an Gymnasien in Baden-Württemberg durchgeführt. Hierbei konnte gezeigt werden, dass das Training prinzipiell geeignet ist, Wissen zum wissenschaftlichen Schreiben zu vermitteln. So wurden in einem Wissenstest beispielsweise Aufgaben zum korrekten Zitieren bzw. Bibliographieren nach dem Training zu 54% richtig beantwortet, wobei zuvor nur 38% richtige Antworten erhalten wurden. Außerdem wurden die SchülerInnen zu ihrer persönlichen Einschätzung befragt. Das Training war auch in Eigenarbeit gut durchführbar, wurde aber als eher langweilig empfunden. (Flehsig, Jannack, Knemeyer, & Marmé, 2014). Eine Möglichkeit, die motivationssteigernd wirken könnte, könnte die Entwicklung eines Online-Kurses, bei dem die SchülerInnen direkte Rückmeldungen erhalten, sowie den Einsatz von Applets und erläuternden Animationen sein.

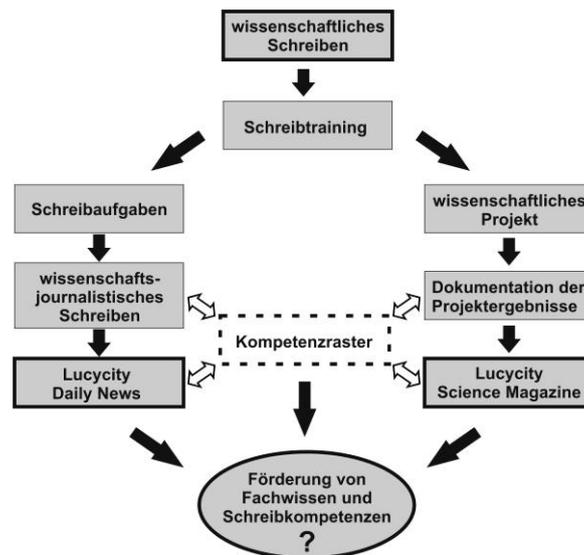


Abb. 1: Konzept zur Implementierung von wissenschaftlichem Schreiben in den naturwissenschaftlichen Unterricht. Nach Absolvierung eines Schreibtrainings wird entweder ein wissenschaftliches Projekt oder eine Schreibaufgabe durchgeführt, wodurch wissenschaftliche Texte generiert werden. Diese werden mittels eines Kompetenzrasters bewertet und ggf. in einem Online-Medium publiziert. Insgesamt soll langfristig untersucht werden, inwieweit dieses Vorgehen zur Förderung von Fachwissen und Schreibkompetenz führt.

### Wissenschaftliche Projekte

Das Lehr-/Lernkonzept *Lucycity* (Marmé, Kneißel, & Knemeyer, 2011; Marmé & Knemeyer, 2011) bildet eine Grundlage für die Durchführung schülergesteuerter naturwissenschaftlicher Forschungsprojekte, bei denen die SchülerInnen

naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen erlernen. Zusätzlich dienen *Lucycity*-Projekte zur Förderung von Schlüsselkompetenzen (bspw. Teamarbeit, Medienkompetenzen, Frustrationstoleranz) und Higher-order Thinking Skills (bspw. Interpretation von selbst erhobenen Daten). Die Projekte münden in dem Verfassen von wissenschaftlichen Texten, z.B. der Dokumentation der eigenen Ergebnisse. In mehreren Pilotphasen konnte gezeigt werden, dass diese relativ komplexen Projekte in der Schule umgesetzt werden können. (Jannack, Knemeyer, & Marmé, 2016; Knemeyer, Hörner, & Marmé, 2015; Knemeyer, Keller, & Marmé, 2011) Mit der Online-Fachzeitschrift *Lucycity Science Magazine* soll eine Möglichkeit geschaffen werden, die erhaltenen Forschungsergebnisse in eine wissenschaftliche Publikation umzusetzen, um sie so der Öffentlichkeit zugänglich zu machen und die entsprechenden Schreibkompetenzen zu trainieren.

### **Schreibaufgaben**

Größere wissenschaftliche Projekte stellen oft eine Hürde für die Umsetzung im Schulalltag dar, so dass mit kleineren Schreibaufgaben eine Alternative entwickelt wird, um Anlässe für wissenschaftliches Schreiben zu schaffen. Die Schreibaufgaben beinhalten ein Set aus verschiedenen Quellen (kurze Texte, Zeitungsartikel, Interview-Ausschnitte, Statements, Abbildungen, Schemata, Diagramme, Tabellen), die es den SchülerInnen ermöglichen kürzere wissenschaftliche Texte über fachlich relevante Themen zu schreiben und dabei z.B. das richtige Zitieren zu üben. Die Texte können bei entsprechender Qualität in der Wissenschaftszeitung *Lucycity Daily News* veröffentlicht werden (Abb. 1, linker Strang). Die Aufgabe „Wasser sparen - Ja oder Nein?“ wurde bereits in zwei achten bzw. neunten Klassen im Chemieunterricht erfolgreich eingesetzt. Die *Lucycity Daily News* wurde in einer Testversion online gestellt und einige SchülerInnen-Zuschriften wurden zu Testzwecken veröffentlicht. Für einen dauerhaften Betrieb fehlen allerdings bislang die Ressourcen.

### **Kompetenzraster**

Eine große Schwierigkeit bei der Untersuchung von Kompetenzen sowie deren Veränderung ist deren objektive und reproduzierbare Erfassung. Dies gilt besonders, wenn keine geschlossenen Fragen gestellt werden können, so wie es beim Bewerten von Texten der Fall ist. Erschwerend kommt hinzu, dass die Inhalte der Texte sehr unterschiedlich sind. Ein erstes Kompetenzraster für wissenschaftliche Texte wurde bereits entwickelt und muss jetzt auf seine Einsatzmöglichkeiten geprüft werden. Idealerweise sollten unabhängig von der ausführenden Person bei der Bewertung mehrerer wissenschaftlicher Texte gleiche Ergebnisse erhalten werden, die mit der Bewertungsreihenfolge von FachwissenschaftlerInnen übereinstimmen.

### **Ausblick**

Das vorgestellte Konzept zur Implementierung des wissenschaftlichen Schreibens in den Unterricht ist sehr umfangreich. In einigen Bereichen (Schreibtraining, Schreibaufgaben, Projekte, Kompetenzraster, *Lucycity Daily News*) wurden bereits erste Materialien entwickelt und teilweise in Pilotphasen erfolgreich getestet. In anderen Bereichen, wie dem *Lucycity Science Magazine* stehen die grundlegenden Entwicklungen noch aus. Die große Herausforderung besteht einerseits in der stetigen Weiterentwicklung der Materialien und Konzepte und andererseits in der Evaluation und der nachhaltigen Implementierung in den Schulalltag, insbesondere der naturwissenschaftlichen Fächer.

**Literatur**

- Ebel, H. F., Bliefert, C., & Greulich, W. (2008). Schreiben und Publizieren in den Naturwissenschaften. John Wiley & Sons.
- Flehsig, A., Jannack, V., Knemeyer, J.-P., & Marmé, N. (2014). Förderung von wissenschaftlichem Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht. In *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht* (S. 462–464).
- Fulwiler, T., & Young, A. (1982). *Language Connections: Writing and Reading across the Curriculum*. National Council of Teachers of English, 1111 Kenyon Rd., Urbana, IL 61801 (Stock No. 26537, \$9.50 member, \$10.75 non-member).
- Gruber, H. (2010). Modelle des wissenschaftlichen Schreibens: Ein Überblick über zentrale Ansätze und Theorien. In: Saxalber, Annemarie/ Esterl, Ursula (Hrsg): *Schreibprozesse begleiten. Vom schulischen zum universitären Schreiben*. Innsbruck: Studien Verlag, 17-40.
- Jannack, V., Knemeyer, J.-P., & Marmé, N. (2016). Kompetenzförderung im Naturwissenschaft- und Technik-Unterricht durch den Bau von Aufwindkraftwerksmodellen. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 4(1).
- KMK. (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss.
- Knemeyer, J.-P., Hörner, L., & Marmé, N. (2015). Electronic Design – Physik im Kunstunterricht. In *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 250–252).
- Knemeyer, J.-P., Keller, C., & Marmé, N. (2011). Lucy's Diner – Naturwissenschaft und Technik des Kochens. In *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie* (S. 309–311).
- Marmé, N., Kneißel, I., & Knemeyer, J.-P. (2011). Die virtuelle Lernstadt Lucycity im naturwissenschaftlichen Unterricht. In *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie* (S. 303–305).
- Marmé, N., & Knemeyer, J.-P. (2011). Lucycity – eine virtuelle Lernstadt. In *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie* (S. 300–302).
- Pohl, T. (2007). *Studien zur Ontogenese wissenschaftlichen Schreibens*. Walter de Gruyter.
- Pohl, T. (2011). Wissenschaftlich schreiben. Begriff, Erwerb und Förderungsmaximen. *Der Deutschunterricht*, 5(11), 2–11.
- Steinhoff, T. (2007). *Wissenschaftliche Textkompetenz: Sprachgebrauch und Schreibentwicklung in wissenschaftlichen Texten von Studenten und Experten*. Walter de Gruyter.

### **Tätigkeiten und Schwierigkeiten von SchülerInnen bei Darstellungswechseln funktionaler Zusammenhänge im Physikunterricht**

Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge treten im Physikunterricht in verschiedenen Situationen auf, beispielsweise beim Auswerten von Experimenten oder beim Lösen physikalischer Probleme. Um das Vorgehen von SchülerInnen bei Darstellungswechseln genauer beschreiben zu können und dabei auftretende Schwierigkeiten zu charakterisieren, wurde eine explorative Laborstudie durchgeführt. Dieser Artikel stellt zunächst bisherige relevante Befunden aus der Physik- und Mathematikdidaktik vor und beschreibt schließlich erste Ergebnisse der durchgeführten Laborstudie.

#### **Motivation**

Betrachtet man im Physikunterricht funktionale Zusammenhänge, so werden diese in unterschiedlicher Weise repräsentiert. Sie können beispielsweise mit Hilfe einer Wertetabelle, eines Graphen, eines algebraischen Ausdrucks oder einer verbalen Beschreibung dargestellt werden. Jeder dieser Möglichkeiten fokussiert dabei auf andere Charakteristika des funktionalen Zusammenhangs.

Da ein physikalischer Zusammenhang in der Regel erst durch die Einnahme verschiedener Perspektiven, d.h. durch die Verwendung verschiedener Repräsentationen, in seiner Gänze verstanden werden kann, ist es für Lernende notwendig, Fähigkeiten für Darstellungswechsel zu entwickeln. Aufgrund der unterschiedlichen Bedeutungszuweisung zu Variablen und mathematischen Operationen in Mathematik und Physik (vgl. Karam et al. 2016) ist davon auszugehen, dass SchülerInnen ihre Fähigkeiten bzgl. Darstellungswechsel aus dem Mathematikunterricht nicht ohne weiteres auf entsprechende Situationen im Physikunterricht übertragen können.

#### **Tätigkeiten bei Darstellungswechseln**

Beim Arbeiten mit Repräsentationen lassen sich verschiedene Tätigkeiten unterscheiden. Für den Umgang mit Graphen liegt bereits eine ausführliche Kategorisierung von Lachmayer (2008) für den Biologieunterricht vor, die in Geyer & Pospiech (2016a) auf Beispiele aus dem Physikunterricht übertragen wurde. Es wird dabei vor allem zwischen einer Informationsentnahme aus einem Graphen und der Konstruktion eines Graphen unterschieden. Diese Kategorisierung kann ebenso auf den Umgang mit algebraischen Ausdrücken (Leinhardt et al. 1990, Malle 1993) und Tabellen übertragen werden und wird in Abbildung 1 veranschaulicht. Die verbale Beschreibung lässt sich implizit in den aufgeführten Kategorien wiederfinden. So ist sie beispielsweise Resultat bei einer Informationsentnahme aus einem Graph, einem algebraischem Ausdruck bzw. einer Tabelle oder Ausgangspunkt bei der Konstruktion einer entsprechenden Darstellungsform. Ein Wechsel zwischen Darstellungen in physikalischen Kontexten beinhaltet außerdem den Umgang mit Größenordnungen und Einheiten.

Die in Abbildung 1 aufgeführten Tätigkeiten bei Darstellungswechseln wurden deduktiv abgeleitet und sollen auf Grundlage der durchgeführten Studie induktiv ergänzt und ausdifferenziert werden.

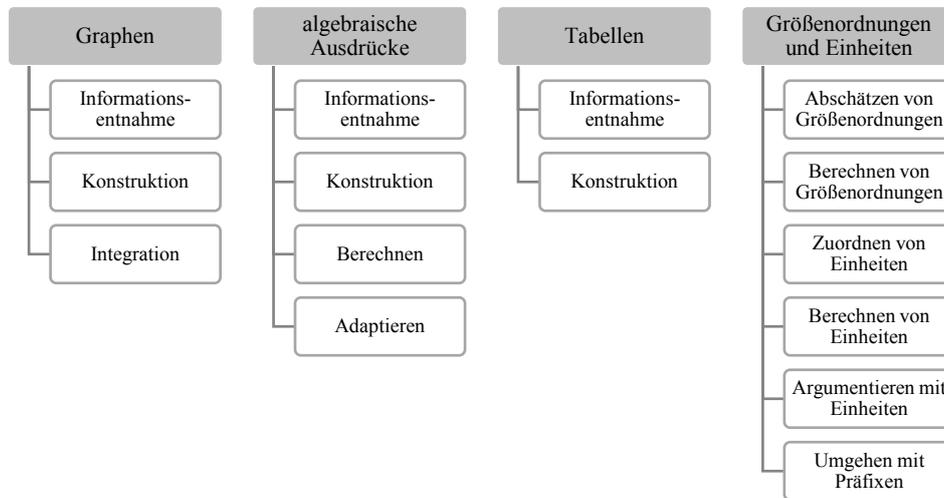


Abb. 1: Tätigkeiten bei Darstellungswechseln (nach Lachmayer 2008, Leinhardt et al. 1990, Malle 1993, Pospiech 2016), bisher kein Anspruch auf Vollständigkeit

### Schwierigkeiten der SchülerInnen bei Darstellungswechseln

Wie schwierig ein bestimmter Darstellungswechsel für SchülerInnen erscheint, hängt von vielen Aspekten ab. Bossé et al. (2011) unterscheiden zwischen Faktoren, die die auftretenden Repräsentationen betreffen (z. B. Anzahl der fehlenden Informationen, Merkmalsdichte) und Faktoren, die sich auf die Lernenden beziehen (z. B. Einnehmen einer lokalen oder globalen Perspektive, Verwenden von zusätzlichen Übergangsrepräsentationen als Zwischenschritt). Außerdem spielt die Art und Weise des Unterrichts eine Rolle, d. h. beispielsweise welche Darstellungswechsel gehäuft geübt werden (vgl. Bossé et al. 2011). Bei Nitsch (2015) und De Bock et al. (2016) lassen sich außerdem Hinweise finden, dass die Schwierigkeit auch vom betreffenden mathematischen Inhalt (z. B. Funktionstyp) abhängt. Ist der Darstellungswechsel zudem in einen physikalischen Kontext eingebettet, trägt auch dieser zur Schwierigkeit bei (vgl. Planinic et al. 2013, Wemyss & van Kampen 2013).

	Situation / verbale Beschreibung	Graph	algebraischer Ausdruck	Tabelle
Situation / verbale Beschreibung	-	schwieriger mit Übergangsrepräsentation	schwieriger mit Übergangsrepräsentation	einfach
Graph	am schwierigsten	-	schwieriger	einfach
algebraischer Ausdruck	am schwierigsten	einfach mit Übergangsrepräsentation	-	einfach
Tabelle	am schwierigsten	einfach	schwieriger	-

Abb. 2: Fünf Schwierigkeitslevel bei Darstellungswechseln in der Mathematik (nach Bossé et al. 2011) Je dunkler ein Wechsel gefärbt ist, desto schwieriger ist er für Lernende.

Bossé et al. (2011) teilen Darstellungswechsel in mathematischen Kontexten in fünf Schwierigkeitslevel ein (vgl. Abbildung 2). Es fällt auf, dass die fünf schwierigsten Darstellungswechsel eine verbale Beschreibung bzw. Situation als Ausgangs- oder Zieldarstellung beinhalten. Vermutlich werden diese Fälle auch in physikalischen Kontexten

besonders schwierig für Lernende sein. Für wiederum andere Darstellungswechsel muss die Schwierigkeit in der Physik sicherlich anders eingeschätzt werden (z. B. für einen Wechsel von einer Tabelle zu einem Graphen inkl. Finden einer physikalisch sinnvollen Regressionskurve). Eine quantitative Studie bzgl. Schwierigkeiten bei den Darstellungswechseln zwischen Tabelle, Graph und algebraischem Ausdruck wird derzeit mit 14- bis 15-jährigen SchülerInnen in Belgien durchgeführt (vgl. Ceuppens et al. 2016). Dabei findet ein Vergleich zwischen rein mathematischen und physikalischen Darstellungswechseln statt.

### **Erste Ergebnisse aus einer explorativen Laborstudie**

In einer Laborstudie bearbeiteten SchülerInnen der Klassenstufe 8 sächsischer Gymnasien physikalisch-mathematische Problemaufgaben, die Darstellungswechsel erforderten. Eine Beschreibung des Studiendesigns und der Auswertungsmethodik lässt sich in Geyer & Pospiech (2016b) finden.

In einer Aufgabe, die sich auf die Grundgleichung der Wärmelehre ( $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ ) bezog, wurden nacheinander beide Richtungen des Darstellungswechsels algebraischer Ausdruck  $\leftrightarrow$  Situation/verbale Beschreibung betrachtet. Schwierigkeiten tauchten vor allem bei folgenden Tätigkeiten auf:

- Informationsentnahme aus algebraischen Ausdrücken
- Konstruktion von algebraischen Ausdrücken
- Abschätzen von Größenordnungen

Besondere Schwierigkeiten hatten die Probanden bei der Interpretation und Konstruktion des Terms für die Temperaturdifferenz. Es scheint, dass sie den Term ( $T_2 - T_1$ ), der in der Aufgabe mit konkreten Zahlenwerten ( $T_2 > T_1$ ) gegeben war, eher oberflächlich, ohne Bezug auf das physikalische Konzept der Wärmeübertragung interpretieren. 11 von 17 Paaren sahen in der Formel einen Abkühlungsprozess beschrieben, wobei dieser letztlich von 4 Paaren als eine Abkühlung von  $T_2$  um  $T_1$  charakterisiert wurde (Während der Partnerarbeit wurde diese Möglichkeit sogar von 10 Paaren thematisiert.). Die gleiche Tendenz zeigte sich bei der Konstruktion dieses Terms für eine Abkühlung: 6 von 17 Paaren konstruierten die Differenz so, dass im Subtrahenden die eigentlich Temperaturdifferenz zu finden ist.

In beiden Teilaufgaben konnten die SchülerInnen mit Hilfe eines algebraischen Ausdrucks nicht eindeutig zwischen den Prozessen einer Wärmeaufnahme- und -abgabe unterscheiden. Es fällt außerdem auf, dass beide Prozesse zudem kaum konzeptionell bzw. qualitativ beschrieben wurden. (Ein Blick in die Nachbefragungen nach der Aufgabenbearbeitung wird dazu evtl. weitere Hinweise geben.) Dies lässt vermuten, dass die Wärmeleichung im Unterricht der befragten SchülerInnen vorwiegend für reine Rechenaufgaben genutzt wurde. Um jedoch ein Verständnis einer Formel und ihres Gebrauchs zu fördern, ist es notwendig, den Zusammenhang ebenso mit Hilfe anderer Darstellungen zu beschreiben.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Die Tätigkeiten von SchülerInnen bei Darstellungswechseln können mit den Kategorien aus Abbildung 1 beschrieben werden. Es deutet sich bereits an, dass sich weitere induktive Kategorien finden lassen, die beispielsweise die Verknüpfung zwischen algebraischem Ausdruck und Graph betreffen.

Die Einschätzung der Schwierigkeiten der SchülerInnen bei Darstellungswechseln muss für physikalische Kontexte erneut erfolgen und kann nicht ohne weiteres aus Ergebnissen für mathematische Kontexte abgeleitet werden. Bisherige Resultate aus der durchgeführten Studie lassen vermuten, dass die befragten SchülerInnen vor allem Probleme haben, bei Darstellungswechseln im Sinne der strukturellen Rolle der Mathematik zu argumentieren.

Sowohl die Beschreibung des Prozesses als auch die Schwierigkeiten sollen im Modell für Darstellungswechsel im Physikunterricht (vgl. Geyer & Pospiech 2015) verortet werden.

**Literatur**

- Bossé, M. J., Adu-Gyamfi, K., Cheetham, M. R. (2011). Assessing the Difficulty of Mathematical Translations: Synthesizing the Literature and Novel Findings. In: *International Electronic Journal of Mathematics Education* 6 (3), 113-133.
- Ceuppens, S., Deprez, J., Dehaene, W., De Cock, M. (2016) Students' representational fluency in linear function problems and physics and mathematics: Does STEM integration help? (talk at GIREP seminar 2016 in Krakow)
- De Bock, D., Neyens, D., Van Dooren, W. (2016). Students' Ability to Connect Functions Properties to different Types of Elementary Functions: An Empirical Study on the Role of External Representations. In: *International Journal of Science and Mathematics Education*.
- Geyer, M.-A., Pospiech, G. (2016a). Diagramme im Physikunterricht. Hintergründe und Anregungen zur Förderung des Umgangs mit Diagrammen. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik. Mathematik im Physikunterricht*, 153/154 (27), 36-40.
- Geyer, M.-A., Pospiech, G. (2016b). Eine explorative Laborstudie. Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge im Physikunterricht der Sekundarstufe 1. In: Maurer, C. (Hrsg.). *Authentizität und Lernen-das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Berlin 2015, 308-310.
- Geyer, M.-A., Pospiech, G. (2015). Darstellungen funktionaler Zusammenhänge im Physikunterricht. Darstellungswechsel in der Sekundarstufe 1. In: *PhyDid B. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Wuppertal 2015*.
- Karam, R., Uhden, O., Höttecke, D. (2016). Das habt ihr schon in Mathe gelernt! Stimmt das wirklich? Ein Vergleich zwischen dem Umgang mit mathematischen Konzepten in der Mathematik und in der Physik. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik. Mathematik im Physikunterricht*, 153/154 (27), 22-27.
- Lachmayer, S. (2008). Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht.
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O., Stein, M. K. (1990). Functions, Graphs, and Graphing: Tasks, Learning, and Teaching. In: *Review of Educational Research*, 60(1), 1-64.
- Malle, G. (1993). Didaktische Probleme der elementaren Algebra.
- Nitsch, R. (2015). Diagnose von Lernschwierigkeiten im Bereich funktionaler Zusammenhänge. Eine Studie zu typischen Fehlermustern bei Darstellungswechseln. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Planinic, M., Ivanjek, L., Susac, A., Milin-Sipus, Z. (2013). Comparison of university students' understanding of graphs in different contexts. In: *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 9(2).
- Pospiech, G. (2016). Mathematik im Physikunterricht: Warum? Wie? Wozu? Ein didaktischer Überblick zu zentralen Aspekten der Mathematisierung im Physikunterricht. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik. Mathematik im Physikunterricht*, 153/154 (27), 2-6.
- Wemyss, T., van Kampen, P. (2013). Categorization of first-year university students' interpretations of numerical linear distance-time graphs. In: *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 9(1).

## Wie arbeiten und denken eigentlich Theoretische Physiker?

Das Lernen über die Natur der Naturwissenschaften umfasst unter anderem wissenschaftstheoretische Aspekte und somit auch die Methodologie der Physik. Diese ist unter anderem durch das Wechselspiel von Experiment und Theorie charakterisiert. In den Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern dominiert allerdings das Bild des experimentell forschenden Wissenschaftlers, wobei die theoretisch-mathematische Arbeit deutlich unterrepräsentiert ist (vgl. Höttecke, 2001). Interessant erscheint daher die Frage, wie letztere von Physikstudierenden konkret beschrieben wird oder auch wie Physiker selbst ihre Arbeitsweise schildern.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit soll empirisch untersucht werden, welche Vorstellungen sowohl Fach- als auch Lehramtsstudierende des Fachs Physik über die Theoretische Physik aufweisen, wie ausgeprägt und differenziert das Bild ist und wie sich dieses im Laufe des Studiums verändert. Da die Dozenten einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Vorstellungen der Studierenden haben, werden darüber hinaus auch Expertenansichten (Physiker, Physikdidaktiker) erhoben und mit den Studierendenvorstellungen verglichen.

### Theoretischer Hintergrund

Für eine Beschreibung der Arbeit eines Theoretischen Physikers müssen zahlreiche Aspekte Beachtung finden, wie beispielsweise das Wechselspiel mit der Experimentalphysik, die Rolle von Modellen und Vereinfachungen oder auch der Mathematik. Auf eine Analyse vom Prozess der Theorienbildung sollte dabei ebenso nicht verzichtet werden.

Exemplarisch soll im Folgenden die Sichtweise von Albert Einstein auf den Verlauf der Theorienbildung, den er in einem Brief an seinen Freund Maurice Solovine beschreibt, vorgestellt und kritisch diskutiert werden (vgl. Einstein & Solovine, 1956). Jenes Schema (s. Abb. 1) ist als zyklischer Prozess zu verstehen, dessen Anfangs- und Endpunkt die Linie E am unteren Ende der Abbildung darstellt und von Einstein als „Mannigfaltigkeit der unmittelbaren (Sinnes-) Erlebnisse“ bezeichnet wird. Knapp über dieser Linie E hat Einstein einen gebogenen Pfeil eingezeichnet, der an die Spitze des Diagramms zum „System der Axiome“ führt.

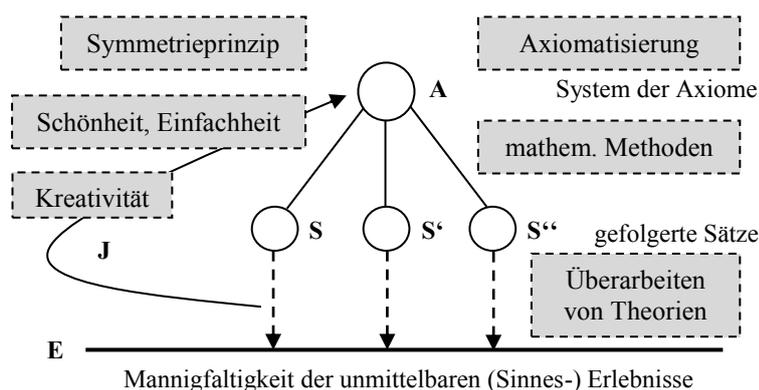


Abb. 1: EAJASE-Prozess der Theorienbildung nach Einstein  
(vgl. Einstein & Solovine, 1956)

Jener gebogene Pfeil J ( J = Jump = Sprung) stellt einen kühnen Gedankensprung von der Erfahrungswelt zum Axiomensystem dar. Die Frage danach, wie genau man zu jenem Axiomensystem respektive den Prinzipien gelangt, kann durch Einsteins Modell jedoch nicht beantwortet werden, da er der Meinung ist, dass der Forscher diese Prinzipien der „Natur ablauschen“ muss. In Ermangelung eines logischen Weges muss sich der Forscher bei seinem intuitiven Vorgehen an allgemeinen Prinzipien, zum Beispiel der Symmetrie und Ideen der formalen Einfachheit orientieren. Danach erfolgt, ganz im Gegensatz zum vorherigen Schritt, eine Phase, in der das strenge analytische Denken vorherrscht. Aufgrund der deduktiven Vorgehensweise und des logischen Schlussfolgerns haben die Einzelaussagen S den von Einstein angesprochenen „Anspruch auf Richtigkeit“. Da jene Richtigkeit allerdings von dem zuvor aufgestellten Axiomensystem abhängt, muss nach dem Aufstellen der Einzelaussagen, das Prüfen eben dieser an der Sinneserfahrung erfolgen.

Das Modell von Einstein erlaubt einen ersten Einblick in die Sichtweise eines Physikers über den Ablauf der Theorienbildung. Es weist jedoch auch Schwächen und Unzulänglichkeiten auf. Beispielsweise ist die Rolle des Experiments unterrepräsentiert und wird auf ein theorienprüfendes Element reduziert. Eine adäquatere Sichtweise hebt die wechselseitige Beziehung von Experiment und Theorie stärker hervor, in der das Experiment *oder* die Theorie den Ausgangspunkt darstellen, ständig in engem Zusammenhang stehen oder sich zunächst auch relativ unabhängig voneinander entwickeln (vgl. Hilbert, 1992; Heine, 2015). Diesem komplexen Zusammenspiel von Experiment und Theorie kann das Modell von Einstein nicht gerecht werden. Eine Ursache dafür ist auch die relativ starr vorgegebene zyklische Struktur, die auf einer immer gleichbleibenden Ablaufrichtung basiert. Dies führt zwangsläufig zu einer Sichtweise, die das wechselseitige Verhältnis von Experiment und Theorie nicht adäquat widerspiegelt. Der von Einstein beschriebenen EJASE-Prozess sollte allerdings dennoch nicht unbeachtet bleiben, da man daraus einige entscheidende Aspekte für die Arbeit eines Theoretikers ableiten (s. graue Kästen in Abb. 1) kann.

### **Studiendesign und Auswertungsmethode**

Für die Beantwortung der Forschungsfragen wurde folgendes Studiendesign gewählt. Zunächst erfolgte die Durchführung zweier Vorstudien, welche die Fragebogenkonstruktion für die Hauptstudie unterstützen. Dieser Fragebogen enthält geschlossene Fragen zur Person sowie zum Interesse an Theoretischer Physik und Experimentalphysik als auch 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. Dafür wurde einleitend ein Fallbeispiel beschrieben, welches Fragen wie „was der Unterschied zwischen Experimentalphysik und Theoretischer Physik ist“ oder auch „wie Theoretische Physiker arbeiten und zu neuen Erkenntnissen gelangen“ aufwirft. Die von den Befragten geschriebenen Texte wurden nach erfolgter Digitalisierung mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (vgl. Kuckartz, 2012). Ein zentrales Arbeitsmittel stellt dabei das deduktiv-induktiv entwickelte Kategoriensystem dar.

### **Ergebnisse**

Wir präsentieren hier nur Ergebnisse zum Aspekt „Methoden, Denk- und Arbeitsweisen“. Hierdurch ließen sich verschiedene Unterkategorien finden, wobei die wichtigsten in Tabelle 1 enthalten sind. Darin lässt sich erkennen, dass beispielsweise 86% der Fachstudierenden zu Beginn ihres Studiums (1.-5. Semester) die Bedeutung mathematischer Methoden erkennen jedoch nicht die Rolle von Vereinfachungen. Letzteres entwickelt sich erst im Laufe des Studiums und wird gegen Ende der Studienzeit (6.-10. Semester) von 60% der Studierenden genannt. Aus den in Tabelle 1 dargestellten Ergebnissen ist zu erkennen, dass die

Vielfältigkeit der Beschreibung der Methoden mit steigendem Fachsemester bei allen Studierenden zunimmt. Vor allem kommen Aspekte wie Axiomatisierung, Modellierung und die Rolle von Vereinfachungen im Laufe der Zeit hinzu. Fachstudierende beschreiben die Arbeits- und Denkformen allerdings zu Beginn als auch am Ende des Studiums vielfältiger als Lehramtsstudierende im gleichen Semester.

Insgesamt sind die Beschreibungen der Experten umfassender und reichhaltiger. Vor allem Aspekte wie die Modellierung oder die Rolle von subjektiven Überzeugungen werden häufiger genannt als von Studierenden.

	math. Methoden	Simulation	Axiomatisierung	Überarbeitung von Theorien	Modellierung	Vereinfachung	subj. Überzeugungen	Zusammenarbeit
FACH-Beginn	86%	43%	0%	24%	24%	5%	19%	14%
FACH-Ende	60%	33%	47%	7%	40%	60%	20%	5%
LA-Beginn	32%	2%	4%	0%	10%	8%	2%	2%
LA-Ende	65%	16%	26%	10%	29%	10%	13%	3%
Experten	82%	65%	29%	41%	71%	35%	47%	29%

Tab. 1: relative Häufigkeiten für die Nennung der Kategorien bei Fach- ( $N=36$ ) und Lehramtsstudierenden ( $N=120$ ) sowie der Experten ( $N=17$ )

### Fazit

Zwischen Lehramts- und Fachstudierenden zeigen sich deutliche und vor allem bedenkliche Unterschiede hinsichtlich der Vorstellungen zu den Denk- und Arbeitsweisen von Theoretischen Physikern.

Eine Möglichkeit den vorherrschenden inadäquaten Vorstellungen zu begegnen, könnte eine Integration von wissenschaftstheoretischen Aspekten in Fachvorlesungen darstellen, um somit nicht nur fachliche Kompetenzen zu fördern, sondern auch ein sogenanntes Überblickswissen auf- und auszubauen (Müller & Wilkens, unv.). Dies wäre ein möglicher Gesichtspunkt, in dem sich eine lehramtsspezifische Fachvorlesung von jener für angehende Physiker unterscheiden könnte.

**Literatur**

- Einstein, A., Solovine, M. (1956). *Lettres à Maurice Solovine: reprod. en facsimilé et trad. en français avec une introd. et 3 photographies*. Paris: Gauthier-Villars
- Heine, A., Pospiech, G. (2015). *Wissenschaftstheoretische Vorstellungen über die Theoretische Physik. Expertenansichten über das Verhältnis von Experimentalphysik und Theoretischer Physik*. In *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Wuppertal*
- Hilbert, D. (1992). *Natur und mathematisches Erkennen: Vorlesungen, gehalten 1919-1920 in Göttingen. Ausarbeitung von Paul Bernays*. Hrsg. Von David, E. Rowe. Basel [u.a.]: Birkhäuser
- Höttecke, D. (2001). *Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der Natur der Naturwissenschaften*. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 7, 7–23
- Kuckartz, U. (2012). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa
- Müller, A., Wilkens, M. (unveröffentlicht). *Theoretische Physik im Lehrerinnenstudium – Ein Plädoyer*

Ines Sonnenschein<sup>1</sup>  
 Jenna Koenen<sup>1</sup>  
 Rüdiger Tiemann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Humboldt-Universität zu Berlin

## **Naturwissenschaftliches Arbeiten im Labor Vergleich von Lehramts- und Monobachelorstudierenden**

### **Motivation**

Aus der Schulforschung ist bekannt, dass prozessuales wissenschaftliches Denken wenig ausgeprägt ist. Eine detaillierte Analyse traditioneller universitärer Laborausbildung lässt vermuten, dass dies auch für Bachelorstudierende gilt. Viele Laborpraktika fokussieren rezeptartiges Arbeiten und folgen tradierten Abläufen (Buck, Bretz, & Towns, 2008; Hilosky, Sutman, & Schmuckler, 1998) und sind oft seit Jahrzehnten unverändert.

Die traditionelle laborpraktische Ausbildung an den Universitäten orientiert sich immer noch zu wenig an den international vertretenen Vorgaben nach einer problemorientierten Ausrichtung der universitären Lehre (NRC, 1996; OECD, 2006; Rocard et al., 2007).

Im Allgemeinen sind die experimentellen Fähigkeiten und das wissenschaftliche Denken von Bachelorstudierenden wenig untersucht. Der Großteil der vorhandenen Studien beschreibt Large-Scale Erhebungen (z. B. Blömeke, Zlatkin-Troitschanskaia, Kuhn, & Fege (2013)) und die beschriebenen Instrumente eignen sich wenig zur Diagnose individueller Performanz. Messinstrumente zur Erfassung komplexer, handlungsorientierter Performanz sind bisher noch ein Desideratum (Kuhn, Zlatkin-Troitschanskaia, Pant, & Hannover, 2016). Hier setzt diese Studie an, indem sie ein detailliertes, validiertes Kodiermanual zur Erfassung kognitiver Facetten naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden bereitstellt, welche diese bei Bachelorstudierenden erfasst und beschreibt.

### **Zielstellung der Studie**

Ziel der Studie ist es daher, basierend auf dem entwickelten Kodiermanual, Muster und Typen der Aufgabenbearbeitung von Studierenden unterschiedlichen Ausbildungshintergrundes im Umgang mit offenen Inquiry-Aufgaben zu identifizieren. Konkret wird dabei folgender Fragestellung nachgegangen:

Lassen sich die Prozesse Experimentieren, Vergleichen und Beobachten mit dem entwickelten Manual beschreiben?

### **Stichprobe**

Untersucht wurden  $N = 5$  Studierende des Monobachelorstudiengangs Chemie sowie  $N = 5$  Studierende des Kombinationsbachelorstudiengangs Chemie mit Lehramtsoption. Die Probanden befanden sich im 4. Fachsemester und wiesen vergleichbare praktische Vorkenntnisse in Bezug auf die laborpraktische Erfahrung im für die Studie relevanten Bereich (Analytische Chemie – Titrationen) auf.

### **Vorgehen**

#### *Kodiermanual*

Bei dieser Studie handelt es sich um eine explorative Fallstudie. Primäre Datenerhebungstools sind daher die Videoaufzeichnungen und Laut-Denken-Protokolle (Ericsson & Simon, 1993). Mittels dieser Tools sollen die bewusst ablaufenden, aufgabenbezogenen kognitiven Prozesse erfasst werden. Aufbauend auf einer Masterarbeit (Gerling, Wegner, & Tiemann, 2014) wurde ein Kodiermanual entwickelt, welches das naturwissenschaftliche Experimentieren fokussiert. Dieses Manual wurde dann um die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen Beobachtung und Vergleich erweitert. So wurde

beispielsweise der Code „Fragestellung“ um die Subcodes „Fragestellung zielt auf {Experiment, Vergleich, Beobachtung}“ erweitert.

Beobachtung	Vergleich	Experiment
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematisch &amp; planmäßig</li> <li>• Keine aktive Beeinflussung des Systems</li> <li>• Operationalisierung der Merkmalsausprägung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zielgerichtet, kriterienstet und planmäßig</li> <li>• Vergleich mehrerer Objekte in Bezug auf ein Merkmal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variablenkontrolle</li> <li>• Hypothetisch deduktiver Vorgang der Hypothesenprüfung</li> <li>• Einfluss der unabhängigen Variable auf die abhängige</li> </ul>

Abb. 1: Operationalisierung der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (nach Nehring, 2014; Wellnitz & Mayer, 2008)

#### Aufgabenbeschreibung

Die Aufgabe wurde basierend auf einer qualitativen Vorstudie, in der Komplexität und Anspruch der Aufgaben getestet wurden (Sonnenschein, Koenen, & Tiemann, 2016), ausgewählt. Das Aufgabenblatt besteht aus einem Informationstext, der eine Auswahl der zu untersuchenden Variablen vorgibt und außerdem Informationen enthält, auf deren Grundlage ein wissenschaftlicher Vergleich oder eine wissenschaftliche Beobachtung am Untersuchungsgegenstand durchgeführt werden kann. Die Aufgabe ist derart gestaltet, dass sie das Ziel der naturwissenschaftlichen Untersuchung bewusst offenlässt, sie fordert den Studierenden lediglich auf, ein auf den Informationstext bezogenes wissenschaftliches Experiment zu planen, welches im Anschluss auch selbst durchgeführt werden soll.

#### Auswertungsmethode

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden, basierend auf den Laut-Denken-Transkripten, Prozessdiagramme erstellt. Als Kodiereinheit wurden die Absätze im Laut-Denken-Transkript gewählt, ein Absatz entspricht dabei einem Satz. Jedem Absatz im Transkript wird zur Erstellung der Prozessdiagramme ein Code zugeordnet. Äußerungen, die sich nicht auf den Experimentierprozess beziehen, wurden mit der Kategorie „Sonstiges“ kodiert und tauchen im Prozessdiagramm als weiße Stellen auf.

Weiterhin wurden alle den Experimentierprozess betreffenden Codes zu den fünf abgebildeten Teilprozessen des Experimentierprozesses zusammengefasst und zusätzlich die Code-Überkategorie „Materialien und Vorwissen“ abgebildet, die Äußerungen wie Rückbezüge zu gegebenen Materialien oder das Heranziehen von Vorwissen abdecken.

#### Ergebnisse

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde die Güte des Kodiermanuals bestimmt. Cohens  $\kappa$  betrug bei unabhängiger Kodierung nach einer erfolgten Kodiererschulung  $\kappa = .61$ , diskursiv ergab sich dann ein Wert von  $\kappa = .85$ , welcher nach Wirtz & Caspar (2002) als sehr gut einzuschätzen ist.

Im Folgenden sollen beispielhaft das Prozessdiagramm eines Monobachelorstudierenden, der einen wissenschaftlichen Vergleich plant und durchführt, und das Prozessdiagramm eines Kombinationsbachelorstudierenden, der ein wissenschaftliches Experiment plant und durchführt, vorgestellt werden. Codes zur Überkategorie „Hypothese“ finden sich in dem Prozessdiagramm zum wissenschaftlichen Vergleich (Abb. 1) kaum, dafür können gleich drei Codes zur Kategorie „Fragestellung“ zugeordnet werden. Klar ersichtlich sind dafür zwei aufeinanderfolgende Phasen mit jeweils Codes zur Planung, Durchführung und Auswertung.

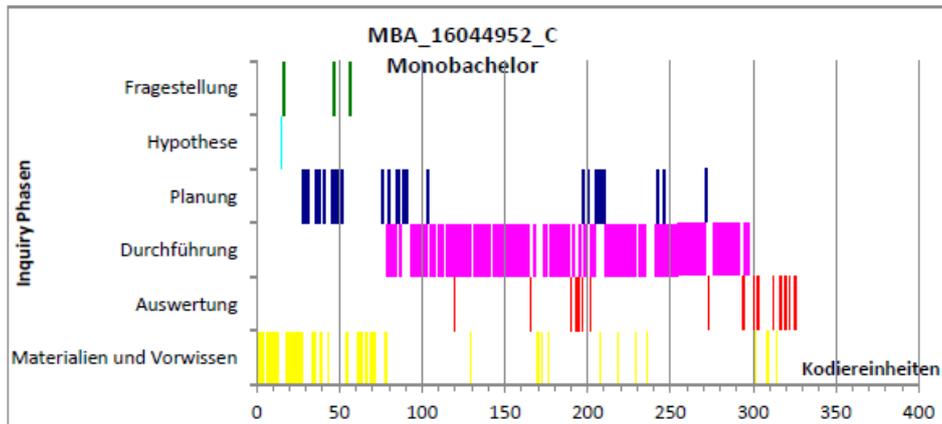


Abb. 2: Darstellung des Prozesses „Vergleichen“ eines Studierenden im Monobachelorstudiengang Chemie

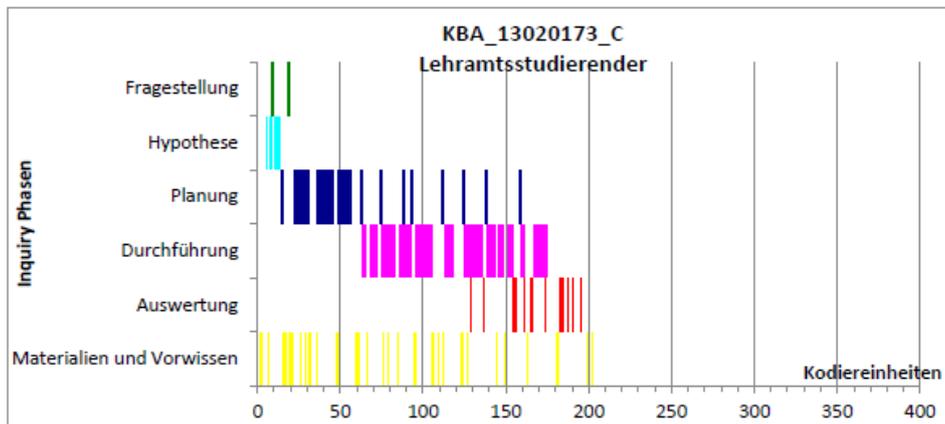


Abb. 3: Darstellung des Prozesses „Experimentieren“ eines Studierenden im Kombinationsbachelorstudiengang mit dem Fach Chemie

In Abbildung 2 wird ein Prozessdiagramm zum naturwissenschaftlichen Experiment dargestellt, hier werden alle Phasen des Experimentierprozesses sukzessive durchlaufen. Neben den Prozessen „Experiment“ und „Vergleichen“ könnten auch Prozessdiagramme zum „rezeptartigen Vorgehen“ sowie Prozessdiagramme zu Vorgehen ohne klare Struktur gefunden werden. Prozesse, die die Planung und Durchführung einer naturwissenschaftlichen Beobachtung abbilden, konnten nicht gefunden werden.

#### Zusammenfassung und Ausblick

Die hier berichteten Ergebnisse der Studie zeigen, dass das entwickelte Kodiermanual mit einer InterCoderreliabilität von  $\kappa = .85$  sehr gut zur Beschreibung der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen Experimentieren, Vergleichen und Beobachten geeignet ist. Weiterhin konnten für die Arbeitsweisen Experimentieren und Vergleichen sowie für „rezeptartiges Vorgehen“ und „Vorgehen ohne Struktur“ Prozessdiagramme erhalten werden, die erste Hinweise auf Vorgehensmuster liefern. Hier müssen im Laufe des Projekts noch weitere Daten ausgewertet werden, um diese Muster auf eine allgemeinere Gültigkeit hin zu überprüfen.

**Literatur**

- Buck, L. B., Bretz, S. L., & Towns, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38(1), 52–58.
- Blömeke, S.; Zlatkin-Troitschanskaia, O.; Kuhn, C.; & Fege, J. (2013): Modeling and Measuring Competencies in Higher Education. Task and Challenges. Rotterdam: Sense Publishers.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). Protocol analysis: Verbal reports as data (Rev. ed). Cambridge, Mass: MIT Press.
- Gerling, I. (2013). Entwicklung und Testung eines Kodiermanuals zur Abbildung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen von Lehramtsstudierenden in freien Experimentiersituationen (Masterarbeit). Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- Hilosky, A., Suttman, F., & Schmuckler, J. (1998). Is Laboratory Based Instruction in Beginning College-Level Chemistry Worth the Effort and Expense? *Journal of Chemical Education*, 75(1), 100.
- Kuhn, C., Zlatkin-Troitschanskaia, O., Pant, H. A., & Hannover, B. (2016). Valide Erfassung der Kompetenzen von Studierenden in der Hochschulbildung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 19(2), 275–298.
- National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Nehring, A. (2014). Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie: Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 177. Berlin: Logos Verlag.
- OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development. (2006). Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006. Paris.
- 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 (EU-Report EU22-845). Brussels.
- Sonnenschein, I., Koenen, J., & Tiemann, R. (2016). Förderung von Scientific Inquiry im Chemie-Bachelorstudium. In Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Jahrestagung der Gesellschaft für Physik und Chemie 2015 in Berlin (S. 137–139).
- Wellnitz, N., & Mayer, J. (2008). Evaluation von Kompetenzstruktur und-niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 7, 129–143.
- Wirtz, M., Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Göttingen: Hogrefe.

Leonard Büsch<sup>1</sup>  
 Marie Schöneberg<sup>1</sup>  
 Heidrun Heinke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen University

### Einblick in Prozesse im Realexperimente: Chancen für Forschung und Lehre

Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ist wesentlich geprägt vom Experimentieren als wichtiger Methode naturwissenschaftlichen Arbeitens. Allerdings sind experimentelle Kompetenzen aktuell nicht vollständig abprüfbar, wobei speziell die Durchführung der Experimente nur mangelhaft erfasst wird (vgl. Schreiber, 2012). Um diese Diskrepanz abzubauen wurden typische Versuchsverläufe in einem Experiment zur Radioaktivität im Physikpraktikum der RWTH Aachen dokumentiert, wofür zwei Methoden zum Einsatz kamen. Einerseits erlaubt die Protokollierung der Versuche mit Smartpens durch die Studierenden eine zeitökonomische Identifizierung und Erfassung prozessrelevanter Abläufe und Situationen, die dann z.B. anhand der vom Smartpen aufgenommenen Audiofiles genauer untersucht werden können (vgl. Frass, 2016). Andererseits wurde ein objektfokussiertes Messinstrument entwickelt, das wesentliche prozedurale Objektdaten im Experiment sammelt, die eine Rekonstruktion der experimentellen Abläufe ermöglichen. Aus den beiden Erhebungsmethoden für experimentelle Prozesse ergeben sich Chancen für die Forschung und Lehre, die aufgezeigt werden.

#### Rahmenbedingungen der Datenerhebung

Die Datenerhebungen werden für einen Praktikumsversuch durchgeführt, in dem die Studierenden die radioaktive Strahlung eines Präparates ( $\beta^-$ -Strahler) mithilfe eines Geiger-Müller-Zählrohrs bei verschiedenen Abständen und mit verschiedenen Absorberplättchen zwischen Quelle und Zählrohr messen (Abb. 1). Daraus ergeben sich die variablen Messparameter: Abstand vom Präparat zum Zähler, Absorbermaterial und -dicke sowie die Dauer des Messintervalls, in dem die Zählereignisse integriert werden. Die experimentelle Durchführung des Versuchs unterteilt sich in drei wesentliche Bestandteile: Bei der Untersuchung der Abhängigkeit der radioaktiven Strahlung vom Abstand vom Präparat (nachfolgend Abstandsabhängigkeit genannt) werden Messungen bei verschiedenen Abständen zwischen dem Präparat und dem Zählrohr durchgeführt, wobei sich kein Absorber im Strahlengang befindet. Bei den Absorptionsmessungen wird hingegen der genannte Abstand konstant gehalten und es werden jeweils Absorberplättchen eines Materials, aber verschiedener Dicke in den Strahlengang eingesetzt. Die Versuchsbestandteile 2 und 3 unterscheiden sich dabei durch die Verwendung verschiedener Absorbermaterialien (Cu und Al). Für alle Messaufgaben spielt das eingestellte Messintervall eine wichtige Rolle, da sich daraus über das zu erreichende Signal-Rausch-Verhältnis die Zuverlässigkeit der Messwerte ergibt. Die Messkonsole bietet dazu voreingestellte Zeitintervalle von 10, 60 und 100 Sekunden oder eine manuelle Wahl beliebiger Zeitintervalle.

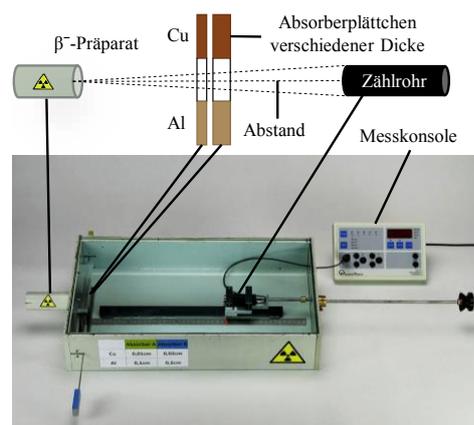


Abb. 1: Schemaskizze und realer Aufbau des Versuchs zur Radioaktivität

Die Wahl des Messintervalls ist deswegen sehr wichtig, weil es sich bei der Messung von Radioaktivität um einen statistischen Prozess handelt und die Zuverlässigkeit der ermittelten Zählraten bei geringen Raten deutlich abnimmt (Eichler, 2001). Zugleich werden in allen aufzunehmenden Messreihen starke Variationen der Zählraten erwartet: Einerseits sinkt die Intensität der radioaktiven Strahlung mit dem Quadrat des Abstandes zum Präparat, andererseits sinkt sie exponentiell mit steigender Absorberdicke (ebenda). Aus diesem Grund kann es sinnvoll sein, das Messintervall während der Durchführung der einzelnen Versuchsteile zu variieren. Ob und wann Studierende einen solchen Wechsel dieses Messparameters durchgeführt haben, ist eine der interessierenden Fragestellungen bei der Erhebung der experimentellen Prozessdaten.

Alle Daten zur Durchführung der Experimente werden in einem Physikpraktikum aufgenommen, in dem die Studierenden ihre Messungen in einem Protokoll dokumentieren und vor Ort die Abstandsabhängigkeit radioaktiver Strahlung und deren Absorption durch verschiedene Materialien anhand von geeigneten Auswertungen überprüfen resp. ermitteln.

### Datenerhebung mit Smartpens

In einer Studie wurden die experimentellen Abläufe in der Versuchsdurchführung von 63 studentischen Zweiertams aufgenommen. Dabei wurden analog zu einer Studie von Fraß et al. der Versuchsablauf, die Studierendengespräche sowie die Entstehung des Messprotokolls und der Auswertung mittels von den Studierenden am Versuchsplatz verwendeten Smartpens erhoben (Fraß et al., 2014). Anhand der dadurch entstandenen Smartpen-Protokolle konnten die Versuchsverläufe im Gesamten sowie die konkreten Verläufe der Messdatenaufnahme bei einzelnen experimentellen Teilaufgaben rekonstruiert werden. Daraus wurden prozessrelevante Situationen identifiziert und die entsprechenden Stellen der Audiofiles angehört und transkribiert.

Mithilfe des Versuchsverlaufs lässt sich der Gesamtablauf der Durchführung und der Auswertung des Experimentes beobachten und beschreiben. Dieser wird exemplarisch in Abb. 2a) visualisiert. Innerhalb der im obersten Balken dargestellten Gesamtdauer der Smartpen-Aufnahme werden verschiedene Phasen des Experiments voneinander abgegrenzt. Auf organisatorischer Ebene findet zunächst eine Vorbesprechung zum Versuch statt, bevor die Studierenden mit der Aufnahme der ersten Messdaten beginnen. Aus der Abb. 2a) wird ersichtlich, dass in dem vorgestellten Beispiel jeweils eng verknüpft mit der Aufnahme der Messdaten (Messung) bereits die Aufbereitung der Messdaten in Form der Berechnung der Zählrate  $C$  und der Linearisierung der Daten stattfindet, während die Erstellung des Diagramms und die weiterführende rechnerische Auswertung etwas zeitversetzt stattfinden. Dieses Vorgehen wiederholt sich für die einzelnen Versuchsbestandteile zur Abstandsabhängigkeit (linke Balken, 1) und zur Absorptionsmessung (ab etwa 100 Minuten, 2 und 3). Die vorliegenden Daten erlauben auch eine detailliertere Analyse der einzelnen Experimentierschritte. Dies wird in Abb. 2b) beispielhaft für die Untersuchung der Abstandsabhängigkeit durch zwei Studierendengruppen demonstriert. Es sind zwei Messverläufe zu

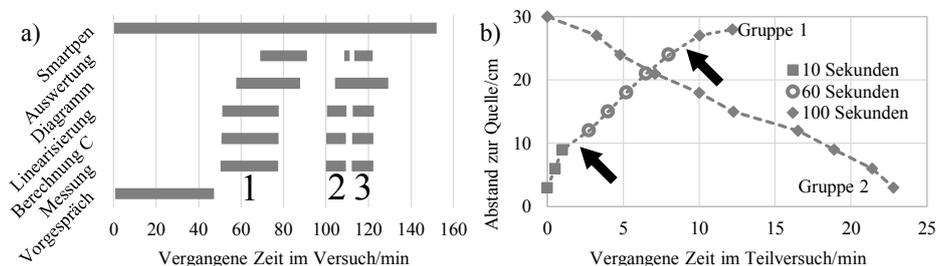


Abb. 2: a) Beispiel eines Versuchsverlaufs  
b) Zwei Beispiele für Messverläufe zur Untersuchung der Abstandsabhängigkeit

sehen, wobei die Gruppe 1 die Abstände aufsteigend von kleinen zu großen Werten und Gruppe 2 absteigend von großen zu kleinen Werten variiert hat. In dem Diagramm sind zusätzlich auch die für die Aufnahme der einzelnen Datenpunkte verwendeten Messintervalle codiert. Während Gruppe 2 alle Messungen bei einem Messintervall von 100 s durchgeführt hat, hat Gruppe 1 die Messintervalle mit zunehmendem Abstand systematisch von 10 s bis 100 s erhöht, was einen ersten Hinweis auf die Experimentierkompetenzen der Studierenden liefert. Die Pfeile in Abb. 2b) markieren Abschnitte des Versuchsverlaufs, für die eine detailliertere Analyse der Audiofiles lohnenswert erscheint, wenn man z.B. die Wahl des Parameters Messintervall durch die Probanden genauer untersuchen möchte. Dies zeigt, dass die Erfassung experimenteller Prozesse durch Smartpen-Protokolle Chancen für die Forschung bietet, da der experimentelle Prozess zugänglich wird und sich prozessrelevante Situationen leicht identifizieren und damit auch für größere Probandengruppen zeitökonomisch auswerten lassen.

### Objektfokussierte Datenaufnahme

Eine weitere Methode der Erfassung von Prozessdaten am Realexperiment bietet die objektfokussierte Datenaufnahme. Hierbei liegt der Fokus nicht mehr auf den Handlungen der Studierenden am Experiment, sondern auf denjenigen Messparametern am Experiment selbst, die eine Rekonstruktion des experimentellen Prozesses in seinen wesentlichen Zügen erlauben (Fraß, 2015). Im vorliegenden Experiment werden über einen Mikrocontroller (Arduino Mega) und daran angeschlossene Sensoren die prozeduralen Objektdaten wie Abstand vom Präparat zum Zählrohr, eingeschobene

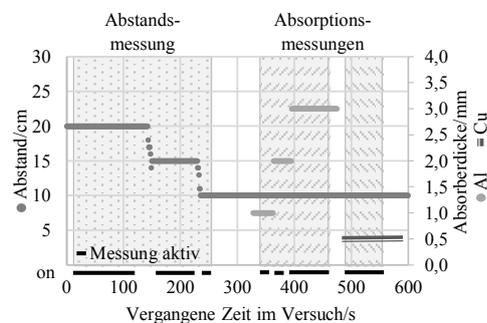


Abb. 3: Exemplarischer Datensatz objektfokussierter Messdaten

Absorber, Messintervall und damit auch die Messparameter des Experiments in ihrer zeitlichen Abfolge erfasst. Abb. 3 zeigt einen exemplarischen Datensatz, der in den ersten 250 s eine Variation des Abstands zwischen Präparat und Zähler von 20 cm über 15 cm auf 10 cm zeigt. Anschließend wird der Abstand konstant gelassen und Absorber aus Aluminium mit verschiedener Dicke werden nacheinander in den Strahlengang geschoben, ehe ein Absorber aus Kupfer eingebracht wird. Die schwarzen Balken am unteren Rand des Diagramms zeigen an, zu welchen Zeiten eine Messung stattgefunden hat und lassen somit einen Rückschluss auf die gewählten Messintervalle zu.

Die Aufnahme der objektorientierten Daten ermöglicht eine objektive, vollständige Erfassung der relevanten Messparameter unabhängig vom Protokollierverhalten der Probanden und somit auch an solchen Stellen, an denen keine Messungen durchgeführt wurden. Die Auswertung der gewonnenen Datensätze kann zudem automatisiert werden, wodurch auch größere Probandenzahlen zugänglich werden, was neue Forschungsoptionen eröffnet. Eine automatisierte Auswertung lässt es zudem denkbar erscheinen, die aufgenommenen Daten für ein individuelles direktes Feedback an die experimentierenden Lerner zu verwenden. Dies kann entweder retrospektiv über eine Betrachtung eines rekonstruierten experimentellen Prozesses oder direkt (z.B. in Kombination mit interaktiven Versuchsanleitungen) erfolgen. Dies eröffnet neue Chancen für die Lehre und für die Forschung.

**Literatur**

- Eichler, H. J. (2001). Das neue physikalische Praktikum. Berlin: Springer-Verlag.
- Fraß, S. & Heinke, H. (in Druck). Auf der Suche nach Strategien bei der Manipulation von Experimenten. In S. Bernholt (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Zürich 2016. Münster: Lit.
- Fraß, S. & Heinke, H. (2015). Object-focussed assessment of experimental processes in optical experiments. Online source: <http://www.esera2015.org/materials/proposal-view/?abstractid=1878> (10/2016).
- Fraß, S., Lammertz, I. Magdans, U. & Heinke, H. (2014). Erhebung von Daten für IBE mit Smartpens. In S. Bernholt (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013. Münster: Lit.
- Schreiber, N. (2012). Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells. In Niedderer & Fischler (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 139. Berlin: Logos Verlag.

## **Die Förderung von Konzepten über die Natur der Naturwissenschaften in einer Lernumgebung für einen inklusiven Chemieunterricht**

Die Entwicklung Konzepten über die Natur der Naturwissenschaften (Nature of Science; NOS) stellt ein Schlüsselziel für alle naturwissenschaftlichen Fächer dar. Bisher besteht jedoch eine Forschungslücke zur Entwicklung von NOS Konzepten in inklusiven Settings. Die Zielstellung des Projektes liegt daher in der Entwicklung und Evaluierung einer Lernumgebung zur Förderung von NOS Konzepten in eben diesen Settings. In diesem Beitrag wird eine explorative Interviewstudie vorgestellt, die das Ziel hatte, mittels gezielter Designkriterien, abgeleitet aus dem Universal Design for Learning (UDL), eine Lernumgebung für zu gestalten, die sich für den Einsatz in einem inklusivem Chemieunterricht eignet.

### **Die Förderung von NOS Konzepten in einem inklusiven Chemieunterricht**

Die Einführung des inklusiven Chemieunterrichts im Bundesland Niedersachsen basiert auf der Ratifizierung der „Convention on Rights to Persons with Disabilities“ (CRPD) durch die Bundesregierung im Jahr 2009. Das Bundesland Niedersachsen setzte daraufhin die inklusive Schule 2013 gleichzeitig für die 1. und die 5. Klassenstufe um. „Inklusion“ wird in der Folge mit der „Teilhabe von jedem an allen gesellschaftlichen Prozessen“ verstanden und erhält dadurch einen intrinsischen Wert, der sich aus einer menschenrechtlichen Perspektive speist. Neben diesen politischen Entscheidungen lässt sich auch eine curriculare Begründung für einen gemeinsamen Chemieunterricht anführen. So beschreibt der Begriff der „Naturwissenschaftlichen Grundbildung“ umfängliche Fähigkeiten, ohne dabei Einschränkungen mit Bezug auf Gruppen zu treffen (KMK, 2005, S. 6). Noch deutlicher formuliert die Europäische Kommission (2015) den Beitrag der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer zur Allgemeinbildung aller Individuen: „To promote a culture of scientific thinking (...). To ensure citizens (...) participate actively in an increasingly complex scientific and technological world (...). To inspire children and students of all ages and talents to aspire to careers in science and other occupations and professions (...).“ (Europäische Kommission, 2015, S. 14) Gerade die zweite Argumentationslinie macht deutlich, dass neben dem chemischen Fachwissen auch das Reflexionswissen über die Erkenntnisgewinnung und über den Status von Wissen in den Naturwissenschaften und insbesondere in der Chemie notwendig ist. So ermöglicht die naturwissenschaftliche Grundbildung „dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Bestandteil von Allgemeinbildung“ (KMK, 2005, S. 6). Gleichzeitig stellt ein ausreichendes NOS-Verständnis eine notwendige Bedingung hierfür dar (Holbrook & Rannikmae, 2007). Wie sich NOS Konzepte in einem inklusiven Setting fördern lassen, ist jedoch bisher weitestgehend unbekannt.

### **NOS im Chemieanfängsunterricht**

Die inhaltliche Ausgestaltung von NOS ist vielfältig. So steht die „Bezeichnung Natur der Naturwissenschaften (...) für charakteristische Grundzüge naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und Eigenschaften naturwissenschaftlichen Wissens“ (Kremer, 2010, S. 47). Mit Blick auf diese breite Beschreibung von NOS ist eine gezielte Förderung von NOS Konzepten im Chemieanfängsunterricht unerlässlich. In der Folge müssen spezifische NOS-Bereiche fokussiert werden.

Für die Entwicklung und die Erhebung von NOS Konzepten stellen Inquiry tasks ein zentrales Element dar (z.B. Allchin, Andersen, & Nielsen, 2014; Bell, Mulvey, & Maeng, 2016; Clough, 2006). Außerdem stellt die Fähigkeit des Argumentierens über naturwissenschaftliche Hypothesen ein zentrales Ziel im Feld von NOS dar (Deng et al., 2011).

### **UDL – Eine unterrichtspraktische Konzeption**

Im deutschen pädagogischen Diskurs dominieren Begriffe wie „Individualisierung“ oder „Binnendifferenzierung“, wenn nach der unterrichtlichen Konsequenz und dem Umgang mit der „Diversität“ oder „Heterogenität“ von Klassen gefragt wird. In der Folge wird über eine individuelle Förderung und einer Adaptierung des Lernangebots mit Bezug auf eine vorherige Diagnose nachgedacht.

Universal Design for Learning (UDL) verfolgt in diesem Kontext eine gänzlich andere Herangehensweise. UDL blickt dabei nicht auf den einzelnen Lernenden, sondern fragt nach den Barrieren, die alle Lernmaterialien mit sich bringen (CAST, 2011; Price, Johnson & Barnett, 2012). UDL bietet hierzu drei Prinzipien:

- multiple Arten der Repräsentation des Lerninhalts; das „Was“ des Lernens,
- multiple Arten der Anteilnahme am Unterricht; das „Warum“ des Lernens und
- multiple Arten des Ausdrucks und der Handlung im Unterricht; das „Wie“ des Lernens.

Durch die Umsetzung der UDL Prinzipien werden sowohl die Lerninhalte als auch deren Verarbeitung bzw. Repräsentation flexibilisiert, wodurch erreicht werden soll, dass alle Lernenden in den Unterricht an einem gemeinsamen Gegenstand eingebunden werden (Brownell et al., 2012).

Im Kontext des Chemieunterrichts wurde UDL bisher von King-Sears et al. (2015) umgesetzt.

### **Forschungsfragen**

Im Rahmen des Projektes wurden bisher die folgenden Fragestellungen verfolgt:

- Allgemein: Inwiefern ist ein nach den Prinzipien des UDL gestalteter inklusiver Chemieunterricht geeignet, NOS-Konzepte zu fördern?
- Konzeption: Inwiefern lassen sich die Prinzipien von UDL nutzen, um eine inklusive Lernumgebung zur Förderung von Konzepten im Bereich NOS im Fach Chemie zu entwickeln?
- Exploration: Welche Konzepte werden durch die Arbeit mit der Lernumgebung konstruiert und inwiefern lassen sich Hinweise für Unterschiede zwischen Schülerinnen und Schülern mit und ohne Förderbedarf beobachten?

### **Die digitale Lernumgebung**

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine digitale Lernumgebung in Form eines Ebooks nach den Designkriterien des UDL erstellt. Mit dem Einsatz von iPads werden die Designkriterien nach UDL in technischer Weise umgesetzt. So werden das Abspielen von Medien jeder Art, die Implementierung von Vorlesefunktionen über Systemstimmen sowie Formen des Self-Assessment möglich. Das Ebook verfolgte zwei Lernziele: „Chemiker testen Hypothesen mit Hilfe von Experimenten“ und „Chemiker planen Experimente im Vorfeld genau“. Die Lernumgebung umfasste die Absolvierung eines Inquiry task, bei der die Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 5 bis 7 die fachliche elementarisierte Fragestellung „Ist gleich viel auch gleich schwer?“ verfolgen.

Drei Schritte teilen das Ebook inhaltlich auf. Neben einem Problemaufriss, der zwei Chemiker zeigt, die um die Hypothesen zur Forschungsfrage streiten, besteht der zweite Teil aus einem Video, einem Comic oder einem Pop-Up-Text. Diese Repräsentationsformen stellten die wesentlichen Informationen zur Bearbeitung der Forschungsfrage dar. Im Anschluss fand eine selbst gesteuerte explizite Reflexion der Gruppen mit Bezug zu dem Inquiry tasks und

zu den Lernzielen des Ebooks statt. Über die Feedbackfunktion konnten die Schülerinnen und Schüler sich selbst überprüfen.

### Methodik

Vor und nach der Bearbeitung der digitalen Lernumgebung wurden leitfadengestützte Interviews mit Bezug zu NOS-Konzepten aber auch zu dem Design des Ebooks geführt. 36 Lernende im Alter von 10-13 Jahren nahmen an der Studie teil. 13 waren weiblich und neun hatten einen Förderbedarf. Im Setting von Teaching Experiments (Komorek & Duit, 2004) arbeiteten die Schülerinnen und Schüler in Gruppen à vier Personen, mit und ohne Förderbedarf, gemeinsam in der Lernumgebung.

Die Auswertung der Interviews fand über die qualitative Inhaltsanalyse statt (Mayring, 2013). Hierzu wurde ein deduktives Kodiermanual mit Bezug auf die Lernziele der Lernumgebung mit der Kategorisierung zum Zweck und dem Prozess um die Planung eines Experiments von Carey et al. (1989) genutzt und induktiv erweitert.

### Ergebnisse

Hinsichtlich der konzeptionellen Forschungsfrage kann festgehalten werden, dass UDL geeignet ist, auch Inhalte bezüglich der Natur der Naturwissenschaften zu vermitteln. Abb. 1 zeigt die Entwicklung der Aussagen gegenüber den Lernzielen der Lernumgebung. Während im Vor-Interview die meisten Schülerinnen und Schüler Aussagen tätigen, die den Konstruktionsprozess von Wissen seitens des Chemikers auf das Erkennen reduzieren, haben wenige Lernende Konzepte zur Planung von Experimenten bzw. beschreiben diese unspezifisch. In diesen Bereichen zeigen sich nach der Intervention die deutlichsten Entwicklungen.

Bezüglich der Frage, ob Schülerinnen und Schüler mit Förderbedarfen andere bzw. unterschiedliche Vorstellungen zur Natur der Naturwissenschaft haben, wurde festgestellt, dass sich keinerlei Unterschiede auf Basis der Daten der Stichprobe finden lassen. Über alle Schülerinnen und Schüler dominiert im Vor-Interview ein Bild, das Chemiker eher als Erfinder beschreibt, dessen Arbeitsweise akkurat und sicher ist. Bei allen Schülerinnen und Schülern dominiert die Vorstellung, das Chemiker im wesentlichen Substanzen mischen. Gleichwohl benennen ältere Lernende, dass der Chemiker in diesem Prozess nach neuen chemischen Reaktionen sucht. Hierbei zeigen sich bei den vorliegenden Analysen keine Unterschiede zwischen Schülerinnen und Schülern mit und ohne Förderbedarfen.

### Ausblick

Das bisherige Untersuchungsdesign diente der Evaluierung der Lernumgebung. Allerdings weist das bisherige Vorgehen Limitierungen auf. Zum einem greifen die Teaching Experiments in die Struktur der Gruppenarbeit ein. Zum anderem führt die Kürze der Intervention zur Frage nach der Nachhaltigkeit der Ergebnisse. Es ist daher geplant, mit weiteren Lernumgebungen eine quasi-experimentale Studie durchzuführen, um diesen Limitierungen zu begegnen und die Ergebnisse quantitativ auch mit Blick auf ihre Nachhaltigkeit abzusichern.

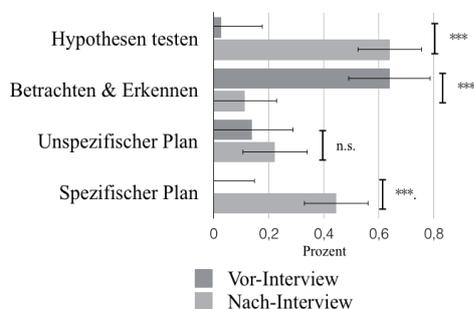


Abb. 1 Entwicklung der der zentralen Vorstellung im Vor- und Nach-Interview

**Literatur**

- Allchin, D., Andersen, H. M., & Nielsen, K. (2014). Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. *Science Education*, 98 (3), 461–486. <http://doi.org/10.1002/sce.21111>
- Bell, R. L., Mulvey, B. K., & Maeng, J. L. (2016). Outcomes of Nature of Science Instruction along a Context Continuum: Preservice Secondary Science Teachers' Conceptions and Instructional Intentions. *International Journal of Science Education*, 38 (3), 493–520. <http://doi.org/10.1080/09500693.2016.1151960>
- Brownell, M. T., Smith, S. J., Crockett, J. B., & Griffin, C. C. (2012). In *Inclusive instruction Evidence-Based Practices for Teaching Students with Disabilities*. New York & London: The Guilford Press.
- 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 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11 (5), 514–529. <http://doi.org/10.1080/0950069890110504>
- CAST. (2011). *Universal Design for Learning guidelines 2.0*. Wakefield, MA: Author.
- Clough, M. P. (2006). Learners' Responses to the Demands of Conceptual Change: Considerations for Effective Nature of Science Instruction. *Science & Education*, 15 (5), 463–494. <http://doi.org/10.1007/s11191-005-4846-7>
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C., & Chai, C. S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education*, 95 (6), 961–999. <http://doi.org/10.1002/sce.20460>
- European Commission. (2015). *Science Education for Responsible Citizenship*. <http://doi.org/10.2777/12626>
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). The Nature of Science Education for Enhancing Scientific Literacy. *International Journal of Science Education*, 29 (11), 1347–1362. <http://doi.org/10.1080/09500690601007549>
- King-Sears et al., M. E. (2015). An Exploratory Study of Universal Design for Teaching Chemistry to Students With and Without Disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 38 (2), 84–96. <http://doi.org/10.1177/0731948714564575>
- KMK. (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. Kultusministerkonferenz. Retrieved from [http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf)
- 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. <http://doi.org/10.1080/09500690310001614717>
- Kremer, K. (2010). *Die Natur der Naturwissenschaften verstehen: Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I* (Dissertation, Universität Kassel). Verfügbar unter: <https://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/handle/urn:nbn:de:hebis:34-2010091734623>.
- Mayring, P. (2013). Qualitative Inhaltsanalyse. In *Qualitative Forschung: Ein Handbuch* 468–475. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt. <http://doi.org/10.1007/978-3-531-91182-3>
- Price, J., Johnson, M., & Barnett, M. (2012). In *Universal Design for Learning in the Classroom*. New York & London: The Guilford Press.

### Ein epistemologischer Zugang zum Energiekonzept

Bereits seit langem werden naturwissenschaftsphilosophische und -historische Aspekte („Nature of Science“, NOS) als wichtiger Bestandteil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung angesehen, sowohl auf Grund ihrer inhärenten Bedeutung als kennzeichnende Elemente der Naturwissenschaften als Kulturgut, als auch auf Grund ihrer Rolle als Voraussetzung für ein konzeptuelles Verständnis fachwissenschaftlicher Inhalte (Driver et al., 1996; Lederman, 2007). Driver et al. (1996) formulieren mehrere literaturbasierte Argumente für eine Implementierung von NOS im naturwissenschaftlichen Unterricht. Dabei nennen sie auch ein sogenanntes „lernpsychologisches Argument“, nach welchem ein adäquates NOS-Verständnis die Fähigkeit von Schülern befördern könnte, naturwissenschaftliche Konzepte miteinander zu verknüpfen und so kohärent ein Verständnis naturwissenschaftlichen Fachwissens zu erlangen. Mehrere Studien berichten von einem Zusammenhang zwischen NOS-Verständnis und anderen lernrelevanten Faktoren, wie etwa Selbstkonzept (z.B. Tsai et al., 2011), Interesse (z.B. Lin et al., 2013), Lernstrategien (z.B. Tsai, 1998) und anderen affektiven, motivationalen und kognitiven Variablen (z.B. Bell & Linn, 2000; Kishfe, 2012). Nur wenige Studien befassen sich hingegen mit der direkten Wirkung von NOS-Verständnis auf den Fachwissenserwerb. Peters (2012) berichtet, dass beim Vergleich zweier Unterrichtsansätze zu Elektromagnetismus Schüler, die explizit Unterricht zu bestimmten NOS-Aspekten erhielten, Schülern ohne diese explizite NOS-Instruktion sowohl bzgl. des Zuwachses im NOS-Verständnis, als auch im Erwerb von Fachwissen überlegen waren. Schwarz und White (2005) und Kim und Irving (2010) fanden hingegen keine entsprechende Wirkung von NOS auf den Fachwissenserwerb in den Bereichen Genetik bzw. Kraft und Bewegung. Insgesamt ist der Zusammenhang zwischen NOS-Instruktion und dem Erwerb konzeptuellen Verständnisses naturwissenschaftlicher Inhalte nur unzureichend systematisch untersucht (Lederman, 2007; Peters, 2012). Die im Folgenden beschriebene Studie untersucht die Wirkung einer an epistemologischen Aspekten orientierten Unterrichtseinheit über Energie, welche NOS-Aspekte und fachwissenschaftliche Aspekte sinnvoll miteinander verknüpft und vergleicht diesen Ansatz mit einem konventionellen Unterrichtsansatz über Energie.

Das Energiekonzept wird allgemein als zentrales Denkmodell in den Naturwissenschaften angesehen, Schüler zeigen damit allerdings häufig Schwierigkeiten (Driver & Warrington, 1985; Duit, 2013; Neumann et al., 2013). Oft sehen Schüler Energie als etwas quasi-materielles an, als eine Art Treibstoff, anstatt sie als theoretisches Konzept zu begreifen, welches von Wissenschaftlern formuliert wurde um damit Phänomene erklären und Vorhersagen treffen zu könnten (Duit, 2013). Um dem entgegenzuwirken sollte ein Unterricht über Energie neben den traditionellen fachwissenschaftlichen Aspekten (d.h. Energieformen, -umwandlungen, -erhaltung und -entwertung) auch epistemologische Aspekte über den Status, Nutzen und Wert des Konzepts vermitteln (Bächthold & Guedj, 2014). Papadouris und Constantinou (2011) haben eine Unterrichtseinheit entwickelt, die diesen epistemologischen Aspekten Rechnung trägt, indem sie Aspekte des Energiekonzepts mit NOS-Aspekten so verknüpfen, dass diese beiden Konzepte sich gegenseitig befördern. In einer entsprechenden Interventionsstudie konnten sie qualitativ zeigen, dass die teilnehmenden Schüler nach der Einheit ein adäquateres Verständnis von NOS, aber auch von Energie als theoretischem Denkmodell aufwiesen (Papadouris & Constantinou, 2014). Die im Folgenden beschriebene Studie zielt darauf ab, diese Ergebnisse quantitativ zu untermauern und die Lernzuwächse mit denen in einer entsprechenden Kontrollgruppe zu vergleichen.

Um die Wirkung eines epistemologischen Zugangs zum Energiekonzept auf das Verständnis von NOS sowie des Energiekonzepts zu untersuchen, wurde eine Interventionsstudie mit 209 Schülern der Jahrgangsstufen 10-12 durchgeführt. Die Schüler nahmen jeweils an einer von zwei Unterrichtseinheiten teil, welche jeweils einen Umfang von fünf 90-minütigen Abschnitten hatten. Schüler der Treatment-Gruppe ( $n=102$ ; 6 verschiedene Gruppen) durchliefen eine Unterrichtseinheit, die in Teilen einer Sequenz von Papadouris und Constantinou (2011) folgt. In dieser Unterrichtssequenz werden ausgewählte NOS-Aspekte (Unterschied zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung, Rolle von Kreativität und Erfindung für naturwissenschaftliche Forschungsprozesse, Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens) mittels generischer NOS-Aktivitäten (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998) eingeführt und anschließend mit Aktivitäten verknüpft, die das Energieverständnis der Lernenden befördern sollen. Während der Einheit wurden die epistemologischen Aspekte des Energiekonzepts explizit diskutiert und mit den entsprechenden NOS-Aspekten verknüpft. Die in der Einheit angesprochenen epistemologischen Aspekte waren (1) das transphänomenologische und transdisziplinäre Wesen des Energiekonzepts, (2) der epistemische Nutzen von Energie als erklärungsmächtiges Denkmodell für die vereinigende Analyse physikalischer Systeme, und (3) der ontologische Status von Energie als ein abstraktes, theoretisches Konstrukt, welches von Naturwissenschaftlern vorgebracht wurde (und nicht als direkt beobachtbare und messbare Entität; siehe Bächthold & Guedj, 2014; Papadouris & Constantinou, 2011). Schüler der Kontrollgruppe ( $n = 107$ ; 6 verschiedene Gruppen) durchliefen eine konventionelle Einheit über Energie, in welcher NOS-Aspekte und epistemologische Aspekte des Konzepts nicht explizit thematisiert wurden. Die Aktivitäten und Diskussionen zu den traditionellen fachwissenschaftlichen Energie-Aspekten waren dieselben wie in der Treatment-Gruppe. Die zusätzliche Unterrichtszeit wurde für weiterführende Aktivitäten und Diskussionen über Energie genutzt, so dass die gesamte Unterrichtszeit in beiden Gruppen gleich war. Alle Gruppen wurden von der gleichen Lehrperson (der Erstautor dieses Beitrags) unterrichtet.

Vor und nach den Unterrichtseinheiten wurden das NOS-Verständnis, sowie das Verständnis der epistemologischen Aspekte des Energiekonzepts (EAE) erfasst. Das NOS-Instrument umfasste 14 Likert-Items, welche von Kang et al. (2005), Kremer (2010), Liang et al. (2008) und Neumann (2011) adaptiert oder selbst entwickelt wurden. Das Verständnis der drei EAE wurde mittels acht offenen Aufgaben erfasst, welche selbst entwickelt oder verändert von Kang et al. (2005) und Papadouris und Constantinou (2014) übernommen wurden. Alle offenen Items wurden mittels eines Partial-Credit-Modells an Hand eines Kodiermanuals bewertet. Für das NOS-Instrument war die interne Konsistenz zufriedenstellend (stand. Cronbachs Alpha = .76). Für die EAE-Aufgaben war die interne Konsistenz etwas niedriger (stand. Cronbachs Alpha = .66), was an der geringeren Aufgabenzahl, wie auch an dem offenen Aufgabenformat liegen könnte. Abbildung 1 zeigt die Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle für das Verständnis von NOS und EAE vor und nach den entsprechenden Unterrichtseinheiten. Abhängige t-Tests zeigen, dass die Lernzuwächse für Schüler in beiden Gruppen signifikant sind, sowohl bzgl. NOS als auch EAE ( $p < .001$ ). Um den Einfluss des Unterrichtsansatzes zu erfassen, wurden sowohl für NOS, als auch für EAE, repeated-measures ANOVAs durchgeführt. Für das NOS-Verständnis ergibt sich eine signifikante Interaktion zwischen Unterrichtsansatz und Lernzuwachs ( $F(1,207) = 65.62, p < .001$ , generalisiertes  $\eta^2 = .057$ ). Im Durchschnitt zeigen Schüler in der Treatment-Gruppe einen höheren Verständnisszuwachs bzgl. NOS als in der Kontrollgruppe (siehe Abb. 1). Ein ähnlicher Interaktionseffekt zwischen Unterrichtsansatz und Verständnisszuwachs zeigt sich bei der Betrachtung des Verständnisses epistemologischer Aspekte des Energiekonzepts als abhängiger Variable ( $F(1,207) = 15.27, p < .001$ , generalisiertes  $\eta^2 = .014$ ), wobei wiederum die Schüler in der Treatment-Gruppe durchschnittlich einen höheren Verständnisszuwachs aufweisen.

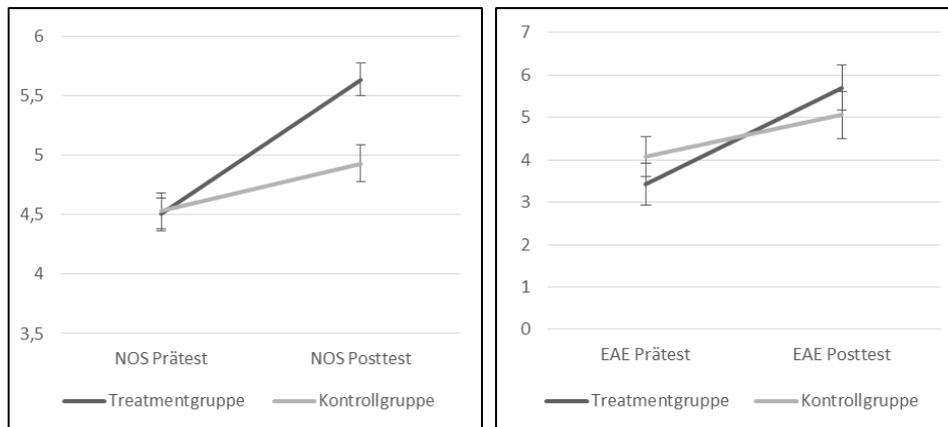


Abb. 1: Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle für Prä- und Posttests zum Verständnis von Nature of Science (NOS) bzw. epistemologischer Aspekte des Energiekonzepts (EAE)

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass ein epistemologischer Zugang zum Energiekonzept (Treatment-Gruppe) den Verständnisszuwachs der Schüler sowohl bzgl. NOS als auch bzgl. EAE im Vergleich zu einer konventionellen Einheit (Kontrollgruppe) befördern konnte. Der kleine, aber signifikante Verständnisszuwachs bzgl. NOS, der sich auch in der Kontrollgruppe zeigt, könnte darauf hinweisen, dass ein adäquates NOS-Verständnis in Teilen auch implizit vermittelt wird. Eine explizite Vermittlung mittels historischer Fallbeispiele und epistemischer Diskurse scheint allerdings deutlich effektiver darin zu sein, das NOS-Verständnis der Schüler zu verbessern, was durch Ergebnisse anderer Studien untermauert wird (z.B. Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Ein ähnlicher Effekt kann auch bei den Ergebnissen zum Verständnis der epistemologischen Aspekte des Energiekonzepts beobachtet werden. Die Kontrollgruppe zeigt auch hier einen signifikanten Verständnisszuwachs, obwohl die EAE nicht explizit thematisiert wurden. Die Anwendung des Energiekonzepts in verschiedenen Kontexten und das Erfahren der Erklärungsmächtigkeit scheinen auch implizit ein Bild des Wesens, des Nutzens und Wertes dieses Konzepts zu vermitteln. Nichtsdestotrotz können auch hier die explizite Vermittlung dieser Aspekte und die Verknüpfung mit Aspekten von NOS den Grad des Verständnisszuwachses deutlich erhöhen.

Insgesamt scheint für ein umfassendes konzeptuelles Verständnis von Energie, das neben traditionellen fachwissenschaftlichen Aspekten auch epistemologische Aspekte des Konzept umfasst (siehe Bächthold & Guedj, 2014; Papadouris & Constantinou, 2011), ein Zugang über ausgewählte NOS-Aspekte hilfreich zu sein. Damit Schüler verstehen, was Energie ist, und ihre Alltagsvorstellungen von der naturwissenschaftlichen Sichtweise auf das Konzept abgrenzen können, erscheint es wichtig ihnen ein Bild vom Wesen, dem Nutzen und Wert von Energie als theoretischem Denkmodell zu vermitteln. Die Ergebnisse der Studie stützen damit das sogenannte „lernpsychologische Argument“ von Driver et al. (1996), wonach ein adäquates NOS-Verständnis als Voraussetzung für naturwissenschaftliches Fachlernen dienen kann. Zumindest bzgl. der epistemologischen Aspekte naturwissenschaftlicher Konzepte scheint NOS-Instruktion ein sinnvoller Ansatz zu sein, sich diesen Aspekten zu nähern und sie für die Schüler sinnvoll einzuordnen. Die Ergebnisse untermauern damit auch die Studie von Papadouris & Constantinou (2014) und erweitern sie um quantitative Evidenz. Weitere Studien sollten nun in den Blick nehmen, inwieweit ein epistemologischer Zugang auch für andere naturwissenschaftliche Konzepte gewinnbringend sein kann und welche Aspekte von NOS sich besonders für einen Zugang zu Aspekten konzeptuellen Verständnisses eignen.

**Literatur**

- Bächtold, M., & Guedj, M. (2014). Teaching energy informed by the history and epistemology of the concept with implications for teacher education. In M. R. Matthews (Hrsg.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (S. 211–243). Dordrecht: Springer.
- Bell, P., & Linn, M. C. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 797–817
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open Univ. Press.
- Driver, R., & Warrington, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Phys. Educ. (Physics Education)*, 20(4), 171–176.
- Duit, R. (2013). Teaching and learning the physics energy concept. Retrieved from <http://esummit-msu.net/content/teaching-and-learning-physics-energy-concept>
- Kang, S., Scharmann, L. C., & Noh, T. (2005). Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, 89(2), 314–334
- Khishfe, R. (2012). Nature of science and decision-making. *International Journal of Science Education*, 34(1), 67–100
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. S. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551–578
- Kim, S. Y., & Irving, K. E. (2010). History of science as an instructional context: Student learning in genetics and nature of science. *Science & Education*, 19(2), 187–215
- Kremer, K. (2010). *Die Natur der Naturwissenschaften verstehen - Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I* (Dissertation). Universität Kassel.
- 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*. Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In W. F. McComas (Hrsg.), *The nature of science in science education. Rationales and strategies* (S. 83–126). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Liang, L. L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O. N., Adams, A. D., Macklin, M., & Ebenezer, J. (2008). Assessing preservice elementary teachers' views on the nature of scientific knowledge: A dual-response instrument. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9(1), 1–20.
- Lin, H.-s., Hong, Z.-R., & Chen, Y.-C. (2013). Exploring the development of college students' situational interest in learning science. *International Journal of Science Education*, 35(13), 2152–2173
- Neumann, I. (2011). *Beyond physics content knowledge: Modeling competence regarding nature of scientific inquiry and nature of scientific knowledge*. Berlin: Logos.
- 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
- Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2014). An exploratory investigation of 12-year-old students' ability to appreciate certain aspects of the nature of science through a specially designed approach in the context of energy. *International Journal of Science Education*, 36(5), 755–782
- Peters, E. (2012). Developing content knowledge in students through explicit teaching of the nature of science: Influences of goal setting and self-monitoring. *Science & Education*, 21(6), 881–898
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165–205
- Tsai, C.-C. (1998). An analysis of scientific epistemological beliefs and learning orientations of Taiwanese eighth graders. *Science Education*, 82, 473–489.
- Tsai, C.-C., Jessie Ho, H. N., Liang, J.-C., & Lin, H.-M. (2011). Scientific epistemic beliefs, conceptions of learning science and self-efficacy of learning science among high school students. *Learning and Instruction*, 21, 757–769

## **Gemeinsame Beschreibung, Erhebung und Modellierung von Vorstellungen und Kompetenzen im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen**

### **Einführung**

Die Einbindung von Untersuchungen in den Chemie-, Physik- und Biologieunterricht ist mit vielfältigen Zielen verknüpft. Neben der Entwicklung von fachinhaltlichen Konzepten oder der Förderung von Motivation, Interesse oder positiven Einstellungen ist die Beherrschung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen ein zentral formuliertes Moment der internationalen fachdidaktischen Diskussion. Entsprechend formulierte Ziele finden sich in den Curricula verschiedener Länder (DFE, 2013; EDK, 2011), so auch in Deutschland (KMK, 2005), wieder. Dabei wird sowohl auf den Aufbau Kompetenzen, d. h. von Dispositionen zum problemlösenden Handeln fokussiert (Weinert, 2001), als auch auf die Entwicklung von adäquaten Vorstellungen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen.

### **Zielstellungen**

Dabei nehmen die Vorstellungen eine Doppelfunktion ein, da sie als Kovariable auf die Kompetenzen wirken können, ihr Aufbau aber auch ein eigenständiges Bildungsziel darstellt. Eine Beschreibung, Erhebung und Modellierung von Kompetenzen und Vorstellungen auf einer gemeinsamen theoretischen Grundlage sind bisher jedoch ausgeblieben und sollen in diesem von der DFG geförderten Projekt vorgenommen werden (NE 2105/1-1). Dabei kann gerade eine Passung zwischen Vorstellungen und Anforderungen in einer Leistungssituation eine Voraussetzung für erfolgreiches Handeln bzw. Lernen sein (Bromme, Pieschl & Stahl, 2010).

In diesem Sinne wird, auf Grundlage eines bestehenden Kompetenzmodells, ein Fragebogeninstrument für die quantitative Erhebung der Zustimmung zu Vorstellungen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen entwickelt. In einer deskriptiven Querschnittstudie wird damit eine empirisch gestützte Verhältnisklärung zwischen Vorstellungen und Kompetenzen in den Fachbereichen der Chemie sowie der Biologie vorgenommen.

### **Theoretischer Hintergrund**

Die theoretische Grundlage für dieses Vorhaben bildet, das sog. VerE-Modell (Abb. 1), das zur vernetzenden, d. h. fächerübergreifenden Beschreibung der kompetenzorientierten Umsetzung naturwissenschaftlicher Untersuchungen abgeleitet wurde. Das Modell diente in bisherigen Studien als Grundlage für die Erhebung von Kompetenzen in den Fachkontexten der Chemie (Nehring, 2014), der Biologie (Nowak, Nehring, Tiemann & Upmeyer zu Belzen, 2013) sowie zur videobasierten Analyse von Unterricht (Nehring, Stiller, Nowak, Upmeyer zu Belzen & Tiemann, 2016).

Im Sinne eines hypothetisch-deduktiven Verlaufs von Untersuchungen gliedern sich die definierten Arbeitsweisen in das Aufstellen von Fragestellungen und Hypothesen, das Planen und Durchführen von Untersuchungen sowie deren Auswertung und Reflexion (Klahr, 2002). Die Arbeitsweisen beschreiben für die Fächer Chemie und Biologie verschiedene Qualitäten naturwissenschaftlicher Untersuchungen. Während beim „Beobachten, Vergleichen, Ordnen“ das theorie- und kriteriengeleitete Bestimmen von Phänomen- bzw. Objektmerkmalen auch unter Anwendung von Hilfsmitteln im Vordergrund steht, fokussiert das „Experimentieren“ die Überprüfung von kausalen

Zusammenhängen bzw. Einflüssen auf diese Phänomene oder Objekte. Hier sollen die Schülerinnen und Schüler insbesondere die Variablenkontrollstrategie anwenden. Im Falle des „Modelle nutzen“ wird die Durchführung eigenständiger Untersuchungen am Modell beschrieben, bei der die Schülerinnen und Schüler Erkenntnisse z. B. an gegenständlichen oder an grafischen Modellobjekten durchführen, um Aussagen über ein Original zu generieren.

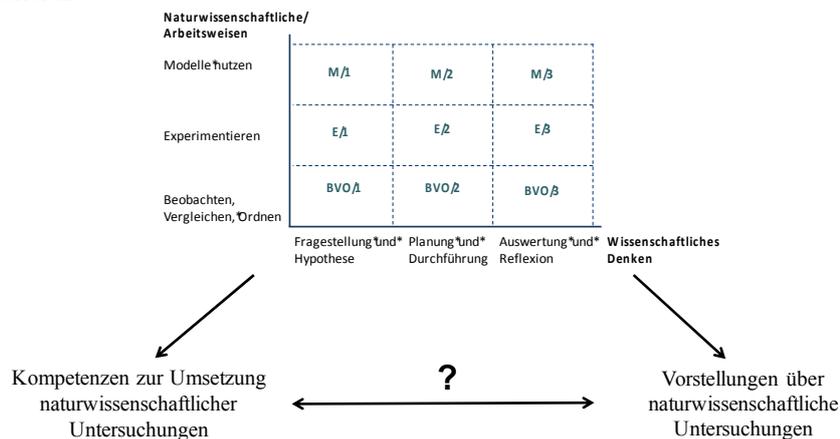


Abb. 1: Grafische Repräsentation des VerE-Modells inklusive des Studienfokus auf die Beschreibung, Erhebung und Modellierung von Kompetenzen und Vorstellungen auf Grundlage einer gemeinsamen theoretischen Basis.

### Instrumententwicklung

Zur Entwicklung des Fragebogeninstrumentes wurden wissenschaftstheoretisch adäquate als auch nicht adäquate Vorstellungen über naturwissenschaftliche Untersuchungen aus der Literatur abgeleitet und als in Bezug die Spezifika des VerE-Modells systematisiert (Tab. 1). Als wissenschaftstheoretisch adäquat werden dabei Vorstellungen klassifiziert, die einem subjektorientierten und damit rationalistischen Wissenschaftsverständnis zugeordnet werden können und einem eher empiristischen und zufallsgetriebenen Wissenschaftsverständnis entgegenstehen (Carey, Evans, Honda, Jay & Unger, 1989; Mahr, 2008).

Auf Grundlage dieser Vorstellungen werden Items generiert und Schülerinnen und Schülern mittels einer vierstufigen Likert-Skala zur Zustimmung oder Ablehnung vorgelegt. Konkrete Fachbeispiele der Chemie und der Biologie sind diesen Items zur Konkretisierung vorgeschaltet.

Strukturelement des VerE-Modells	Adäquate Vorstellungen (eher rationalistisch, subjektorientiert und planvoll)	Nicht adäquate Vorstellungen (eher empiristisch bzw. zufallsgetrieben)
<i>Wissenschaftliches Denken</i>		
Hypothetisch-deduktives Vorgehen	planvolles und hypothesengeleitetes Vorgehen, Bestätigung und Widerlegung von Hypothesen	Vorgehen nach dem Versuchs- und Irrtums-Prinzip, Confirmation Bias
<i>Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen</i>		
Beobachten	theorie- und kriteriengeleitetes Beobachten	Beobachten als Finden von vorhandenem Wissen in der Natur; Versuche und Experimente als Test, ob etwas „klappt“

Experimentieren	gezielte Variablenmanipulation und -kontrolle	Variablenkonfundierung; Variablenmanipulation zum Erzielen eines interessanten Effektes
Modelle nutzen	Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung, Modellobjekte als Umsetzung mentaler Modelle	Modelle als exakte Kopie der Realität; alleiniger Zweck von Modellen als Medium bzw. Mittel zur Kommunikation von Inhalten

Tab. 1: Vorstellungen zu Strukturelementen des VerE-Modells, die die Grundlage für die Entwicklung von Fragebogen-Items bilden.

### Ergebnisse der quantitativen Vorstudie zur Entwicklung des Fragebogeninstruments

Zur Absicherung der Praktikabilität und der kognitiven Validität dieser Entwicklungsschritte wurden in einem ersten Schritt 56 Items konstruiert und in einer ersten Fragebogenversion qualitativ (lautes Denken und nachgeschaltete Interviews) und quantitativ überprüft. Dabei wurden sowohl adäquate als auch nicht adäquate Vorstellungen zum hypothetisch-deduktiven Vorgehen und zur Anwendung der Variablenkontrollstrategie in Likert-skalierte Items überführt. An der quantitativen Vorstudie nahmen insgesamt 135 Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 und 10 eines Gymnasiums und einer Oberschule teil (Anteil Schülerinnen: 43 %). Die dabei generierten Daten mittels Trennschärfen-, Reliabilitäts- und Faktorenanalysen ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Faktor	Inhaltliche Beschreibung	rotierte Faktorladungen	Trennschärfen	Cronbachs $\alpha$
1	adäquate Vorstellungen: hypothetisch-deduktives Vorgehen	$.33 < \lambda_1 < .76$	$.32 < r_{it} < .60$	.83
2	adäquate Vorstellungen: Variablenkontrollstrategie	$.47 < \lambda_2 < .70$	$.39 < r_{it} < .68$	.88
3	inadäquate Vorstellungen: hypothetisch-deduktives Vorgehen	$.34 < \lambda_3 < .59$	$.25 < r_{it} < .65$	.78
4	inadäquate Vorstellungen: Variablenkontrollstrategie	$.37 < \lambda_4 < .82$	$.23 < r_{it} < .32$	.56

Tab. 2: Ergebnisse der quantitativen Vorstudie.

Die Ergebnisse der exploratorischen Faktorenanalysen (Parallelanalyse mit nachgeschalteter Faktorenanalyse inkl. Promax-Rotation; Varianzaufklärung: 40 %) verweisen auf das Vorliegen von vier Faktoren. Dabei zeigen sich substantielle Faktorladungen für jeweils die Items, die je auf adäquate als auch auf nicht-adäquate Vorstellungen zurückgehen. Dementsprechend bilden diese Items in drei von vier Fällen auch vergleichsweise reliable Skalen.

#### Schlussfolgerung und Ausblick

Diese ersten Ergebnisse verweisen auf ein mögliches gleichzeitiges Vorliegen von adäquaten als auch nicht-adäquaten Vorstellungen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen. Als Konsequenz wird die weitere Entwicklung der Fragebogenitems eigene Skalen zu jeder einzelnen Vorstellung umfassen, um hier detailliertere Analysen mit Blick das Verhältnis verschiedener Vorstellungen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen vornehmen zu können. Qualitative Daten über die Denkprozesse der Schülerinnen und Schüler beim Lösen der Items werden diese Analysen begleiten.

#### Information zur Projektförderung

Dieses Projekt wird durch die DFG unter der Projektnummer NE 2105/1-1 gefördert.

**Literatur**

- Bromme, R., Pieschl, S. & Stahl, E. (2010). Epistemological beliefs are standards for adaptive learning: A functional theory about epistemological beliefs and metacognition. *Metacognition and Learning*, 5 (1), 7–26. doi:10.1007/s11409-009-9053-5
- 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 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11 (5), 514–529. doi:10.1080/0950069890110504
- Department for Education. (2013). The National Curriculum in England: Key Stages 1 and 2 framework document. Verfügbar unter: <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-primary-curriculum>
- EDK. (2011). Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften. Nationale Bildungsstandards. Bern. Verfügbar unter: [http://edudoc.ch/record/96787/files/grundkomp\\_nawi\\_d.pdf](http://edudoc.ch/record/96787/files/grundkomp_nawi_d.pdf)
- KMK. (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.
- Lazonder, A.W. & Egberink, A. (2014). Children's acquisition and use of the control-of-variables strategy: effects of explicit and implicit instructional guidance. *Instructional Science*, 42, 291–304. doi:10.1007/s11251-013-9284-3
- Mahr, B. (2008). in *Modell des Modellseins. Ein Beitrag zur Aufklärung des Modellbegriffs. Modelle* (S. 187–218). Frankfurt am Main: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften.
- Nehring, A. (2014). Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung. Berlin: Logos Verlag.
- Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K.H., Upmeier zu Belzen, A. & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1–21. doi:10.1007/s40573-016-0043-2
- Nowak, K.H., Nehring, A., Tiemann, R. & Upmeier zu Belzen, A. (2013). Assessing students' abilities in processes of scientific inquiry in biology using a paper-and-pencil test. *Journal of Biological Education*, 47 (3), 182–188. doi:10.1080/00219266.2013.822747
- Upmeier zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. Struktur und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41–57.
- Weinert, F.E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessung in Schulen* (S. 17–31). Weinheim: Beltz.
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 315–346.

Katrin Bölsterli Bardy<sup>1</sup>  
 Markus Rehm<sup>2</sup>  
 Markus Wilhelm<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Luzern  
<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg

## **Empirisch ermitteltes kompetenzorientiertes Schulbuchraster (KOS)**

### **Theoretischer Rahmen und Fragestellung**

Was ist ein Schulbuch? Einheitlich ist diese Frage leider nicht zu beantworten, da es unterschiedliche Definitionen gibt. So definieren beispielsweise Zwahr (vgl. 2006, S. 486) und Wiater (vgl. 2005, S. 43) ein Schulbuch als reine Druckschrift, während das Meyers große Taschenlexikon Arbeitshefte oder Lernprogramme mit einbezieht (vgl. Bibliographisches-Institut, 1977, S. 296; Grill & Digel, 1992, S. 8). Für diesen Artikel wird folgende Definition verwendet: Schulbücher sind Unterrichtsmaterialien bestehend aus Schülermaterialien, Lehrpersonenmaterialien, zusätzlichen Unterrichtsmaterialien und ggf. weiteren Medien wie Filmen oder Experimentiermaterialien (vgl. Bölsterli Bardy, 2015).

Was sind Schulbuchraster? Kriterienkataloge für Schulbücher können zur Schulbuchanalyse oder zur Erstellung neuer Schulbücher dienen. Solche Kriterienkataloge werden im deutschsprachigen Raum Schulbuchraster genannt (Sitte & Wohlschlägl, 2001). Ihren Ursprung haben sie in den USA, wo sie als „checklists“ bekannt sind. Mittlerweile gibt es über 100 Schulbuchraster wie das von Kesidou und Roseman (2002), Rauch und Tomaschewski (1986), Sams und Thonhauser (1998), Sitte und Wohlschlägl (2001) sowie Wirthensohn (2012). Hinzu kommen für digitale Medien Raster wie das von Graeber (1990). Die zwei bekanntesten forschungsbasierten Schulbuchraster im deutschsprachigen Raum sind das detaillierte Bielefelder Raster mit 480 Items (Laubig et al., 1986) sowie das stärker praxisorientierte Reutlinger Raster mit 250 Merkmalen (Rauch & Tomaschewski, 1986), von welchem auch eine Kurzversion existiert (Rauch & Tomaschewski, 1993). Ausgehend vom Reutlinger und vom Bielefelder Raster wurden viele weitere Schulbuchraster geschaffen. Für eine praktische Handhabung enthalten sie meist 50 bis 100 Kategorien, wie beispielsweise das Salzburger Raster mit 78 Merkmalen (Sams & Thonhauser, 1998).

Für die Naturwissenschaften gibt es nur wenige Schulbuchraster. Bedeutende sind diejenigen von: Adamina (2004), Kahveci (2010), Lee (2010), Merzyn (1994), Metzger und Stuber (2011) sowie Ogan-Bekiroglu (2007). Während Merzyn (1994, S. 17) die „Experimentierangaben“ als einen seiner sieben Schulbuchaspekte für naturwissenschaftlicher Schulbücher nennt, fallen beim Raster von Ogan-Bekiroglu (2007, p. 608) der „instructional support“ und bei Kahveci (2010, p. 1495) folgende Bereiche auf: „gender equity, questioning level, science vocabulary load and readability level“. Es gibt auch Raster zur Natur der Naturwissenschaften (z.B. Lee, 2010) oder Raster zur Umsetzung „guten“ Naturwissenschaftsunterrichts im Sinne des Projektes AAAS 2061 (z.B. Kesidou & Roseman, 2002). Das umfassendste Schweizer Schulbuchraster der Naturwissenschaften stammt von Metzger und Stuber (2011). Es enthält wichtige Aspekte der aktuellen Lehr-/Lernforschung (vgl. S.3f.).

Für die Naturwissenschaften fehlt jedoch ein empirisch generiertes kompetenzorientiertes Schulbuchraster. Das Fehlen solcher Vorarbeiten ist gravierend, weil in der Schweiz die Schulbuchsituation für die Naturwissenschaften sowohl hinsichtlich verfügbarer Schulbücher als auch hinsichtlich deren Qualität schlechter aussieht als in anderen Fächern (Appius & Nägeli, 2011). Die „Quantität und Qualität stimmen in verschiedener Hinsicht nicht überein, und es gibt [für die Naturwissenschaften] kein eigentliches Controlling“ (Adamina, 2004, S. 82). Dies bestätigt die Schulbuchanalyse von Metzger (2011), laut dieser kein deutsches oder schweizerisches Schulbuch für die Naturwissenschaften genügend an den Lehrplan<sup>21</sup> und an die damit einhergehende Kompetenz- und Outputorientierung

angepasst ist. Da die Schulbuchrelevanz auch für die aktuelle Schweizer Bildungsreform mehrfach genannt wird (Oelkers & Reusser, 2008) und für den neuen Lehrplan 21 neue Schulbücher erstellt werden, drängt sich die Frage auf, welchen Standards ein kompetenzorientiertes Schulbuch für den naturwissenschaftlichen Unterricht genügen muss und somit, welche Standards in einem Schulbuchraster für den naturwissenschaftlichen kompetenzorientierten Unterricht enthalten sein müssen.

### **Methodisches Vorgehen**

Zur Erhebung der Standards für das Schulbuchraster wurde ein Mixed-Methods-Design mit sequenzieller Vorgehensweise gewählt (Foscht, Angerer & Swoboda, 2007, S. 254). Das im Folgenden erläuterte methodische Vorgehen wird in Bölsterli Bardy (2015, S.67ff.) detailliert beschrieben.

Um Standards für kompetenzorientierte naturwissenschaftliche Schulbücher zu erfassen, wurde in einem ersten Schritt ein qualitativer Fragebogen erstellt. Er umfasst neun offene Fragen zum Thema kompetenzorientierte Schulbücher für den naturwissenschaftlichen Unterricht und wurde 40 Expertinnen und Experten im Schul- oder Schulbuchbereich aus Deutschland, Österreich und der Schweiz vorgelegt. Die Antworten der Expertinnen und Experten wurden mithilfe der inhaltlichen Strukturierung (Mayring, 2010) zu *vorläufigen Schulbuchstandards* zusammengefasst und anschließend dreifach validiert.

Aus diesen Standards wurde ein quantitativer Fragebogen erstellt, in welchem die Relevanz der *validierten vorläufigen Standards* auf einer 5-stufigen Likert-Skala (1: stimme gar nicht zu; 5: stimme völlig zu) eingeschätzt werden konnte. Insgesamt nahmen 178 zufällig ausgewählte Primarschullehrpersonen (Rücklauf 53%), 171 zufällig ausgewählte Sekundarschullehrpersonen der Naturwissenschaften (Rücklauf 20%) sowie 44 Didaktikdozierende der Naturwissenschaften (Gesamterhebung der Deutschschweizer Dozierenden für die Primar- und Sekundarstufe I, Rücklauf 79%) teil.

Die Auswertung der Einschätzungen erfolgte mit Einstichproben t-Tests. Diese Auswertung diente der quantitativen Bildung *determinierter Standards*. Dies sind Standards welche aufgrund der quantitativen Umfrage als relevant betrachtet wurden (vgl. Bölsterli Bardy, 2015, S. 87).

Vorläufige Standards, deren Relevanz aufgrund der quantitativen Daten noch ungenügend abgesichert war, wurden als *unterdeterminierte Standards* definiert. Nur wenn ein solcher Standard aufgrund einer zusätzlichen qualitativen Validierung mit Befunden aus rund hundert empirischen Studien als bedeutend betrachtet wurde, wurde er zu einem *determinierten Standard* (Bölsterli Bardy, 2015, S.87ff.). Die Zuordnung der *determinierten Standards* zu Hauptkategorien verlief faktorenanalytisch (vgl. Bölsterli Bardy, 2015, S. 89ff.)

### **Ergebnisse**

Das beschriebene methodische Vorgehen führte zu einer intersubjektiv nachvollziehbaren Reduktion der Standards. Von den ursprünglich 124 *vorläufigen Standards* der Primarstufe wurden 77 zu *determinierten Schulbuchstandards* (62%); von den 126 *vorläufigen Standards der Sekundarstufe I* wurden 74 (59%) zu *determinierten Schulbuchstandards*.

Die empirischen Resultate der Studie sind in Bölsterli Bardy (2015, S. 95ff.) detailliert beschrieben. Im Folgenden wird das kompetenzorientierte Schulbuchraster KOS vorgestellt. Aus den empirisch entwickelten *determinierten Schulbuchstandards* wurde das kompetenzorientierte Schulbuchraster (KOS) erstellt. Dieses Raster besitzt folgende sieben empirisch gewichtete Hauptkategorien: *Themenbereiche, Handlungsaspekte, Aufträge, Experimente, Klassenheterogenität, Schülermaterialien und Lehrpersonenmaterialien* sowie zwei individuell zu gewichtende Hauptkategorien: *Passung auf eigene Institution* und *Alltagstauglichkeit*. KOS für die Primarschule besteht aus 77, KOS für die Sekundarstufe I

aus 74 *determinierten Standards*. Hinzu kommen bei beiden Rastern 25 *individuell zu gewichtende Standards*. Die *Standards* sind als Aussagen formuliert. Die Schulbücher können mit Hilfe einer 5-stufigen Likert-Skala von 1: *Trifft gar nicht zu* bis 5: *Trifft völlig zu* eingestuft werden (Abb. 1). Das Feld „Gewichtung“ entspricht dem Mittelwert der Relevanzeinschätzung eines Standards durch die Experten aus der quantitativen Studie. Die „Schulbuchbeurteilung“ oder abgekürzt „Beurteilung“ kann Werte von 1-5 annehmen und wird bei der Schulbuchanalyse mit dem Raster KOS ermittelt.

Zur Auswertung des Rasters wird ein Quotient aus der Beurteilung/Gewichtung gebildet. Alle Quotienten über 1 weisen darauf hin, dass der Standard im begutachteten Schulbuch besser abgedeckt ist, als es die Expertengewichtung bedingt. Alle Quotienten unter 1 weisen darauf hin, dass das Schulbuch den Aspekt schlechter abdeckt, als es laut der Expertengewichtung empfohlen wird. KOS kann gratis unter [www.schulbuchforschung.ch](http://www.schulbuchforschung.ch) heruntergeladen werden und dient der Schulbucherstellung und deren Beurteilung.

Empirisch gewichtete Standards	Gewichtung	Schulbuchbeurteilung					Quotient = Beurteilung/Gewichtung
		Trifft gar nicht zu				Trifft völlig zu	
Themenbereiche		1	2	3	4	5	
Das <i>Denken in Konzepten</i> wird gefördert (z.B. Stoffkonzept: Was ist allen Stoffen gemeinsam? Was macht somit einen Stoff aus?).	4.1	<input type="checkbox"/>					
...	4.2	<input type="checkbox"/>					

Abb. 1: Ausschnitt aus dem empirisch gewichteten Teil von KOS.

### Diskussion

Vergleicht man die empirische Erstellung der kompetenzorientierten Schulbuchstandards für das Schulbuchraster KOS mit den meisten anderen Vorgehensweisen (z. B. Laubig, Peters & Weinbrenner, 1986; Metzger, 2011; Wirthensohn, 2012), fällt die dreifache Validierung der in der qualitativen Studie ermittelten Standards als Besonderheit auf. Weiter wird erkennbar, dass durch den Einbezug der Lehrpersonen und der Didaktikdozierenden wie bei anderen neueren Rastern (Metzger, 2011) sowohl der Erhöhung der Praxistauglichkeit als auch der Berücksichtigung der Forscherperspektive Rechnung getragen wurde. Weiter hervorzuheben ist das Mixed-Methods Design zur empirischen Erstellung der Standards. Das vermutlich bedeutendste Merkmal des vorliegenden Schulbuchrasters ist jedoch seine *empirische Gewichtung der Schulbuchstandards*. Die quantitative und qualitative Gewichtung ermöglichen einerseits eine forschungsbasierte Reduktion der Anzahl Standards auf ein praxistaugliches Maß (Fritzsche, 1992). Andererseits erlaubt die quantitative Gewichtung der Standards die Erstellung eines empirisch gewichteten kompetenzorientierten Schulbuchrasters (KOS), was bislang einzigartig ist (vgl. Bölsterli Bardy, 2015). Die Bildung des *Quotienten* aus Beurteilung (Schulbuchanalyse durch Einsatz des Rasters KOS) und Gewichtung (durch Experten in der quantitativen Studie) ist ein weiteres charakteristisches Merkmal von KOS. Der Vorteil der Division gegenüber einer Multiplikation ist das unterschiedliche Resultat, je nachdem, ob die Beurteilung oder die Gewichtung der Dividend ist (z. B.  $4/5 \neq 5/4$ ). Bei einer Multiplikation wie beim Reutlinger Raster (Rauch & Tomaschewski, 1986) oder bei LEVANTO (Wirthensohn, 2012) ist diese Unterscheidung nicht möglich und somit die Interpretation erschwert (z. B.  $4*5 = 5*4$ ).

**Literatur**

- Adamina, M. (2004). Bottom up und Top down - Die Verschränkung von schulpraktischen und grundlegenden fachdidaktischen Anliegen bei der Entwicklung von Lern- und Lehrmaterialien. In C. Aeberli (Hrsg.), *Lehrmittel neu diskutiert* (S. 67–86). Zürich: Lehrmittelverlag des Kantons Zürich.
- Appius, S. & Nägeli, A. (2011). Lehrmittel - mehr als Schulbücher. In L. Criblez, B. Müller & J. Oelkers (Hrsg.), *Die Volksschule - zwischen Innovationsdruck und Reformkritik* (S. 217–229). Zürich: Verlag NZZ.
- Bibliographisches-Institut. (1977). *Meyers Enzyklopädisches Lexikon* (9. völlig neu bearbeitete Auflage). Mannheim: Lexikonverlag.
- Bölsterli Bardy, K. (2015). *Kompetenzorientierung in Schulbüchern für die Naturwissenschaften: Eine Analyse am Beispiel der Schweiz*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Foscht, T., Angerer, T. & Swoboda, B. (2007). *Mixed Methods: Systematisierung von Untersuchungsdesigns*. In R. Buber & H. H. Holzmüller (Hrsg.), *Qualitative Marktforschung* (S. 247–259). Wiesbaden: Gabler.
- Fritzsche, P. K. (Hrsg.). (1992). *Schulbücher auf dem Prüfstand. Perspektiven der Schulbuchforschung und Schulbuchbeurteilung in Europa*. Frankfurt am Main: Diesterweg.
- Graeber, W. (Hrsg.). (1990). *Das Instrument MEDA. Ein Verfahren zur Beschreibung, Analyse und Bewertung von Lernprogrammen*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Grill, G. & Digel, W. (1992). *Meyers großes Taschenlexikon: In 24 Bänden* (4). Mannheim: B.I.-Taschenbuchverlag.
- Kahveci, A. (2010). Quantitative Analysis of Science and Chemistry Textbooks for Indicators of Reform: A complementary perspective. *International Journal of Science Education*, 32(11), 1495–1519.
- Kesidou, S. & Roseman, J. E. (2002). How well do middle school science programs measure up? Findings from Project 2061's curriculum review. *JRST*, 39(6), 522–549.
- Laubig, M., Peters, H. & Weinbrenner, P. (1986). *Methodenprobleme der Schulbuchanalyse. Abschlußbericht zum Forschungsprojekt 3017 an der Fakultät für Soziologie der Universität Bielefeld in Zusammenarbeit mit der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften*. Bielefeld: Universität Bielefeld.
- Lee, V. R. (2010). Adaptations and Continuities in the Use and Design of Visual Representations in US Middle School Science Textbooks. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1099–1126.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse, Grundlagen und Techniken* (11. Auflage). Weinheim: Beltz.
- Merzyn, G. (1994). *Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht: Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer*. Kiel: IPN.
- Metzger, S. (2011). *Bericht mit Empfehlungen betreffend Lehrmittel und Unterrichtsmaterialien für die Volksschule (Kindergarten bis Ende Sekundarstufe I) im Bereich Naturwissenschaften und Technik*. Pädagogische Hochschule Zürich, Zürich.
- Metzger, S. & Stuber, T. (2011). *Folgerungen für Lehr- und Lernmittel: aus den Leitlinien für den Unterricht in Naturwissenschaften und Technik auf der Volksschulstufe*. Verfügbar unter: [http://www.bi.zh.ch/internet/bildungsdirektion/de/unsere\\_direktion/bildungsplanung/projekte/natech.html](http://www.bi.zh.ch/internet/bildungsdirektion/de/unsere_direktion/bildungsplanung/projekte/natech.html) [07.02.2013].
- Oelkers, J. & Reusser, K. (2008). *Expertise: Qualität entwickeln, Standards sichern, mit Differenz umgehen*. Bonn u.a.: BMBF.
- Ogan-Bekiroglu, F. (2007). To What Degree Do the Currently Used Physics Text-books Meet the Expectations? *JSTE*, 18(4), 599–628.
- Rauch, M. & Tomaschewski, L. (1986). *Reutlinger Raster zur Analyse und Bewertung von Schulbüchern und Begleitmedien*. Reutlingen: Pädagogische Hochschule Reutlingen.
- Rauch, M. & Tomaschewski, L. (1993). *Reutlinger Raster zur Analyse und Bewertung von Schulbüchern und Begleitmedien. Kurzfassung*. Freiburg: Typoskript.
- Sams, J. & Thonhauser, J. (1998). *Schulbuchforschung - Ein Beitrag zur Schulentwicklung?* *Salzburger Beiträge zur Erziehungswissenschaft*, 1(2), 5–22.
- Sitte, W. & Wohlschlägl, H. (2001). *Das GW-Buch*. In C. Vielhaber & H. Wohlschlägl (Hrsg.), *Beiträge zur Didaktik des „Geographie und Wirtschaftskunde“-Unterrichts* (S. 447–472). Wien: Universität Wien.
- Wiater, W. (2005). *Lehrplan und Schulbuch*. In E. Matthes & C. Heinze (Hrsg.), *Das Schulbuch zwischen Lehrplan und Unterrichtspraxis* (S. 41–63). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Wirthensohn, M. (2012). *LEVANTO - Ein Tool zur praxisorientierten Schulbuchevaluation*. In J. Doll, K. Frank, D. Fickermann & K. Schwippert (Hrsg.), *Schulbücher im Fokus* (S. 199–213). Münster: Waxmann.
- Zwahr, A. (2006). *Brockhaus: Enzyklopädie in 30 Bänden* (21. Auflage). Leipzig: Brockhaus.

## Naturwissenschaftliche Schulbücher in Finnland

### Schulbücher

Schulbücher sind nach Pepin und Haggarty (2001) eine der wichtigsten Quellen dafür *was* und *wie* im Unterricht gelehrt und gelernt wird. Heyneman (2006) beschreibt sie zudem als Instrument mit außergewöhnlicher Macht und als die effektivste pädagogische Technologie, die bisher erfunden wurde. Er betont daher, dass es wichtig sei, die Rolle und Funktion von Schulbüchern im Unterricht zu untersuchen. Die vorliegende Studie setzt an dieser Forderung an und untersucht den Einsatz naturwissenschaftlicher Schulbücher in Finnland.

Der Fokus liegt auf finnischen, naturwissenschaftlichen Schulbüchern, da sich im Rahmen der tri-nationalen QuIP-Studie (Quality of Instruction in Physics, Fischer et al., 2014) zeigte, dass die finnischen Lehrpersonen in allen gefilmten Unterrichtseinheiten mit dem Schulbuch arbeiteten, während die Lehrpersonen in Deutschland und der Schweiz dies nicht taten. Aufgrund dieser Beobachtung wurde vermutet, dass der in Finnland ebenfalls beobachtete Leistungszuwachs im Unterrichtsthema „Elektrische Energie“ – der in Deutschland nicht vorhanden und in der Schweiz geringer war – mit dem Einsatz des Schulbuchs in Zusammenhang steht. Es sollte daher geklärt werden, warum finnische Lehrpersonen das Schulbuch so oft nutzen und welche Faktoren den häufigen Einsatz begünstigen.

### Forschungsdesign

Um der Forschungsfrage nachzugehen wurden acht finnische naturwissenschaftliche Schulbücher in ihrer Oberflächenstruktur analysiert – darunter vier Physik- sowie je zwei Chemie- und Biologie-Schulbücher. Neben der Schulbuchanalyse wurden 16 qualitative Interviews mit vier Schulbuchautor/innen, zwei Verlagshäusern, zwei politischen Entscheidungsträgern, zwei in der Lehramtsausbildung tätigen Personen, drei angehenden und drei aktiven Lehrpersonen durchgeführt. In den Interviews wurde vorrangig erfasst, welche Faktoren den Einsatz des Schulbuchs in Finnland begünstigen und welche Stärken und Schwächen das finnische Schulbuch aufweist. Die Ergebnisse aus den Interviews sollten somit die Befunde aus der Schulbuchanalyse bekräftigen oder aber auch relativieren. Die Interviews dauerten um die 40 Minuten, wurden transkribiert und nach der Inhaltsanalyse nach Mayring (2004) ausgewertet. Im Fokus stand die zusammenfassende Inhaltsanalyse.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse beziehen sich auf die Qualitätskriterien, die die Interkantonale Lehrmittelzentrale (ILZ) herausgegeben hat und werden anhand dieser Kriterien strukturiert.

#### *Kompetenzentwicklung und eigenständiges Lernen fördern (ILZ, 2013)*

Die Befragten geben an, dass die im Lehrplan vorgegebenen Kompetenzen im Schulbuch berücksichtigt werden. Zudem werden insbesondere die Minimalstandards bedacht, so dass alle Schüler/innen wissen, was von ihnen erwartet wird, um die Note "Genügend" zu erhalten und somit die Prüfung oder das Schuljahr zu bestehen. Die Buchanalyse lässt erkennen, dass eher Basiswissen vermittelt und dieses wiederum häufig anhand von Alltagsbeispielen erklärt wird. Aufgrund der Ausrichtung an Mindestanforderungen werden in den Interviews aber auch Stimmen laut, dass in den Schulbüchern mehr Vorschläge zur Förderung des eigenständigen Lernens der Schüler/innen integriert werden sollten.

### Vielfältig aktivierende Lernaufgaben (ILZ, 2013)

Die befragten Personen geben an, dass das Schulbuch vielfältige Aufgaben für verschiedene Leistungsniveaus bereithält. Im Rahmen der Schulbuchanalyse fällt zudem auf, dass es sich

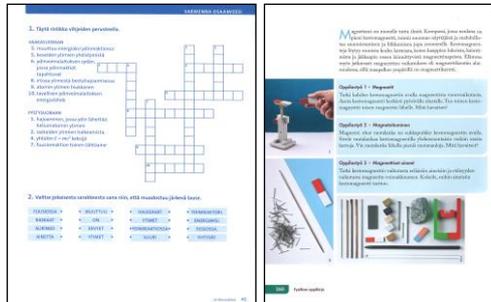


Abb. 1: Aufgaben und Experimente im finnischen Schulbuch (Links: Happonen et al., 2012, S. 45; Rechts: Lehto et al., 2012, S. 260)

bei den Aufgaben meist um aufeinander aufbauende Aufgaben handelt, für die kurze Antworten genügen. Auch die Experimente folgen einfachen Versuchsanleitungen. Abbildung 1 zeigt links ein typisches Aufgabenbeispiel, für das lediglich kurze Antworten benötigt werden. Rechts wird ein beispielhaftes Experiment gezeigt, das klar visualisiert wurde, sodass die Schüler/innen prüfen können, ob alles an Material vorhanden und ihre Vorgehensweise richtig ist.

### Lehrpersonen unterstützen - Vielseitige Einsetzbarkeit (ILZ, 2013)

Laut Aussagen der Befragten bilden die finnischen Schulbücher eine gute Richtlinie für den Unterricht. Es wird nicht nur klar, was unterrichtet werden muss, sondern es werden konkrete Vorschläge gemacht, wie die Inhalte vermittelt werden können. Dies sei eine deutliche Zeitersparnis. So sagt eine angehende Lehrperson: «Das Schulbuch ist im gewissen Sinne ein gut vorbereitetes Paket [...] ganz speziell für eine junge Lehrperson ist es eine große Unterstützung. [...] Es eignet sich für das Selbststudium, ich kann darum bitten, dass meine Schüler einen Text zu Hause als Vorbereitung lesen. Die Aufgaben im Buch verdienen erwähnt zu werden. Sie bilden eine Einheit. Ich kann sie bei Bedarf ergänzen, aber die Grundlage ist schon da.» Dennoch mahnen die Befragten an, dass Lehrpersonen nicht blind dem Schulbuch folgen, sondern dessen Einsatz reflektieren sollten.

### Sachgerechte Aufbereitung der Inhalte – Gestaltung fördert den Lernprozess (ILZ, 2013)

Laut Aussage der Befragten ist das finnische Schulbuch logisch aufgebaut und gut strukturiert. Insbesondere, dass das Schulbuch die Länge der Lektionen berücksichtigt, wird lobend hervorgehoben. Auch auf die Visualisierung wird sehr geachtet. So äußert sich ein Autor: «In unserem Autorenteam haben wir sehr viel Acht auf die Illustration geben können und wollen, das Äußere spielt eben auch eine große Rolle.» Ein Beispiel für die Visualisierung zeigt Abbildung 2. Dennoch wird von einer angehenden Lehrperson kritisch angemerkt, «dass die Schulbücher schon fast zu farbenfroh und illustriert daherkommen.»

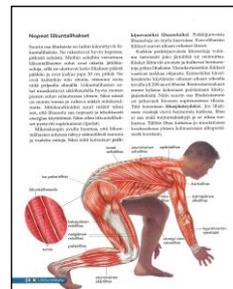


Abb. 2: Layout und Gestaltung (Holopainen et al., 2012, S. 24)

### Verständliche Sprache (ILZ, 2013)

In Bezug auf die Sprache betonen die Befragten, dass der geeigneten Sprache eine wichtige Funktion zukommt. Es wird daher großen Wert auf einen passenden und korrekten Sprachgebrauch gelegt. Auch die Schulbuchanalyse zeigt, dass der präsentierte Text durchgängig aus einfachen und kurzen Sätzen besteht. Eine Ansprechperson aus einem Verlagshaus sagt: «Das wichtigste Kriterium für ein neues Schulbuch ist die hohe Qualität der Inhalte. Das heißt, das die Inhalte korrekt dargestellt werden, immer in einer der Stufe entsprechenden Art und Weise, auf gutem Finnisch und visuell ansprechend.»

*Neue Medien einbeziehen (ILZ, 2013)*

Nach Aussage der Interviewten werden die neuen Medien noch zu wenig miteinbezogen. Die Ansprechperson im Verlagshaus betont aber, dass der neue Lehrplan die Situation ändern wird und auch eine angehende Lehrperson spricht von einer «Umbruchsphase». Auch die Schulbuchanalyse lässt nur einen schwachen Einbezug neuer Medien erkennen. Es finden sich lediglich Verweise auf Aufgaben im Internet, aber kein aktiver Einbezug.

*Diagnose und Beurteilungsinstrumente (ILZ, 2013)*

Die Interviewten Personen machen zu diesem Kriterium keine Angaben. Die Schulbuchanalyse zeigt aber, dass es im Schulbuch und im Internet Selbstkontrollaufgaben für die Schüler/innen gibt. Dabei ist anzumerken, dass es sich im Internet größtenteils um adaptive Aufgaben handelt, die sich dem Leistungsniveau der Schüler/innen anpassen. Zudem finden sich im Internet auch konkrete Prüfungsvorschläge inklusive Musterlösung, die von den Lehrpersonen direkt eingesetzt werden können.

**Diskussion und Ausblick**

Aus den präsentierten Ergebnissen lassen sich verschiedene Empfehlungen für die Entwicklung von Schulbüchern ableiten. Es ist wichtig, dass die Schulbücher an den Lehrplan angepasst werden, sodass die Lehrpersonen sicher sein können, dass sie das unterrichten, was die Schüler/innen lernen sollen. Im Zuge neuer Lehrpläne, wie sie bspw. in der Schweiz eingeführt werden, empfiehlt es sich daher neue Bücher auf den Markt zu bringen, die die Anforderungen des neuen Lehrplanes widerspiegeln.

Abgeleitet aus dem finnischen Schulbuch scheint es ratsam, Minimalstandards zu definieren und diese in den Schulbüchern zu beachten. Die soll gewährleisten, dass jede/r Schüler/in weiß, was er/sie zumindest gelernt haben muss. Dadurch könnten vor allem leistungsschwache Schüler/innen angeregt werden, mit dem Schulbuch zu lernen, da dort definiert wäre, welche Anforderungen sie erfüllen müssen, um anstehende Prüfungen zu bestehen.

Der Fokus sollte aber nicht nur auf den leistungsschwächeren Schüler/innen liegen, sondern auch das andere Spektrum an Schüler/innen sollte berücksichtigt werden. Es ist daher empfehlenswert, dass Schulbücher Aufgaben und Experimente für unterschiedliche Leistungsniveaus enthalten, sodass sie allen Schüler/innen ein geeignetes Lern- und Übungsfeld bieten. Dies gewährleistet auch, dass die Lehrperson weniger Zusatzmaterial suchen muss, wodurch sie in ihrer Arbeit entlastet wird.

Durch das Schulbuch entlastet zu werden, scheint für Lehrpersonen ein starker Anreiz zu sein, im Unterricht ein Schulbuch einzusetzen. Da die Lehrpersonen unter anderem entlastet werden, wenn sie wissen, dass sie die Inhalte in der gegebenen Anzahl Stunden durcharbeiten können, ohne zu entscheiden, was sie weglassen oder an zusätzlichem Material heranziehen müssen, empfiehlt es sich, das Schulbuch an die Länge der Unterrichtslektionen anzupassen.

Wichtig ist, nicht nur die Lehrpersonen zu entlasten, sondern auch die Schüler/innen zu motivieren. Hierfür bedarf es einer klaren und verständlichen Sprache, geeigneter Illustrationen, aber auch Aufgaben für Schüler/innen aller Leistungsniveaus. Es müssen daher bei der Entwicklung des Schulbuchs die Bedürfnisse unterschiedlicher Schüler/innen berücksichtigt werden. Daher ist es bedeutsam, Schulbücher stärker in Zusammenarbeit mit Lehrpersonen und Schüler/innen zu entwickeln – und anschließend den Einsatz des Schulbuchs zu evaluieren und dessen Stärken und Schwächen herauszuarbeiten.

**Literatur**

- Fischer, H. E., Labudde, P., Neumann, K., & Viiri, J. (2014). Quality of instruction in physics. Comparing Finland, Germany and Switzerland. Münster: Waxmann.
- Happonen, J., Heinonen, M., Muilu, H., Nyrhinen, K., & Saarinen, H. (2012). Avain Fysiikka 3 tehtäväkirja. Keuruu: Otava Oy.
- Heyneman, S. (2006). The role of textbooks in a modern system of education: Towards high-quality education for all. In C. Braslavsky (Ed.), Textbooks and quality learning for all: Some lessons learned from international experiences. Paris: UNESCO, International Bureau of Education (Studies in comparative education), 31 - 91
- Holopainen, M., Raekunnas, M., Reinikkala, P., Ryhänen, E.-L., Saarivuori, M., & Tenhunen, A. (2012). Luonnonkirja 7-9 Ihminen. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Interkantonale Lehrmittelzentrale ILZ (2013). ilz. fokus. Was sind gute Lehrmittel? Rapperswil: ilz. Verfügbar unter [http://edudoc.ch/record/115323/files/ilz\\_dossier\\_130910.pdf](http://edudoc.ch/record/115323/files/ilz_dossier_130910.pdf)
- Lehto, H., Salonen, H., & Huittu, K. (2012). Ilmiö Fysiikan oppikirja 7-9. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Mayring, Ph. (2004). Qualitative content analysis. In U. Flick, E. von Kardorff, & I. Steinke (Eds.), A companion to qualitative research. London: Sage, 266 - 269
- Pepin, B. E. & Haggarty, L. (2001). Mathematics textbooks and their use in English, French and German classrooms: A way to understand teaching and learning cultures. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, 3 (5), 158-175. Verfügbar unter: <http://subs.emis.de/journals/ZDM/zdm015i2.pdf>

### **Erkenntnisgewinnung in Schulbüchern – Qualitative Inhaltsanalyse von Experimentieraufgaben**

Wissen und Kompetenz im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung sind ein wichtiger Bestandteil der naturwissenschaftlichen Grundbildung (OECD, 2013; Roberts & Bybee, 2014). In den deutschen Bildungsstandards wird im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung der Schwerpunkt darauf gelegt, dass SchülerInnen die gedanklichen Handlungen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung im Zusammenhang mit dem Experimentieren erlernen (KMK, 2005). Die SchülerInnen sollen Fragestellungen erkennen oder selber stellen, Hypothesen aufstellen, Versuche planen, durchführen, auswerten und interpretieren. Diverse Studien haben jedoch gezeigt, dass diese Forderung nicht einfach so erfüllt werden kann. SchülerInnen fällt es schwer, sich während des Experimentierens mit etwas anderem als dem gegenständlichen Handeln auseinanderzusetzen (Abrahams & Millar, 2008). LehrerInnen haben Schwierigkeiten Experimente im Sinne eines Weges der Erkenntnisgewinnung aufzubereiten, wenn sie nicht speziell in dieser Richtung fortgebildet wurden (Schmitt, 2016; Strippel & Sommer, 2015). Im Sinne der Bildungsstandards aufbereitete Lehrmittel könnten hier möglicherweise zumindest auf Lehrerseite Entlastung bieten.

Gegenstand der vorliegenden Studie ist das Lehrmittel Schulbuch. Schulbücher sollen eine Umsetzung der Bildungsstandards und Lehrpläne in konkrete Inhalte und Aufgabenstellungen sein. Naturwissenschaftliche Schulbücher werden von Lehrern insbesondere in der Unterrichtsvorbereitung eingesetzt (Beerenwinkel & Gräsel, 2005). Es besteht also vorsichtiger Grund zur Annahme, dass die Aufbereitung von Experimentieraufgaben in Schulbüchern einen Einfluss auf den Einsatz von Experimenten im Unterricht haben könnte. Eine Analyse von Methodenseiten in deutschen Schulbüchern im Hinblick Erkenntnisgewinnung und eine weitere Analyse mit Fokus auf die der Erkenntnisgewinnung nahe stehenden Nature of Science-Inhalte haben nur eine schwache Repräsentation dieser Inhalte gezeigt (Marniok & Reiners, 2016; Strippel, Tomala, & Sommer, 2016). Um mögliche Änderungswünsche auf einer stabilen Grundlage diskutieren zu können, ist eine Analyse des Ist-Zustands notwendig, auch wenn die Erwartungen im Hinblick auf die Aufbereitung der Experimentieraufgaben durch die Ergebnisse der dargestellten Studien gedämpft werden. Daher wurde folgende Forschungsfrage gestellt:

- Auf welchen Niveaus werden ausgewählte Schritte der Erkenntnisgewinnung (Fragestellung, Design, Auswertung/ Interpretation) durch Experimentieraufgaben in deutschen Schulbüchern dargestellt?

Die Stichprobe umfasst N = 605 Experimentieraufgaben aus 13 nordrhein-westfälischen Schulbüchern (Alboteanu-Schirner et al., 2013; Arnold et al., 2008; Asselborn & Jäckel, 2013; Bohrmann-Linde et al., 2008a, 2008b, 2008c; Böker et al., 2013; Brennecke, Küster, Leienbach, & Post, 2013; Bresler et al., 2011; Cieplik et al., 2011; Friedrich et al., 2014; Hausfeld & Schulenberg, 2008; Sudeik & Vorwerk, 2006). Die Stichprobe repräsentiert 25% aller Experimentieraufgaben je Buch. Alle Bücher erschienen nach Einführung der Bildungsstandards, allerdings ist bei einigen nicht sicher, inwieweit die Bildungsstandards bereits bei der Entwicklung und/ oder Überarbeitung der Bücher berücksichtigt wurden.

Die Analyse der Texte erfolgte mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2010). Es wurden drei Kategoriensysteme mit vier Stufen verwendet, die bereits in einer vorangegangenen Studie validiert wurden (Strippel et al., 2016, s. Tabelle 1). Die Kodierung erfolgte durch zwei unabhängige, geschulte Kodierer. Die Interkoder-Reliabilität für jedes Kategoriensystem ist  $>.8$ . In Fällen von Nicht-Übereinstimmung erfolgte eine endgültige Entscheidung durch den ersten Autor.

	<b>Fragestellung</b>	<b>Design</b>	<b>Analyse/ Interpretation</b>
<b>0</b>	nicht vorhanden	n.v.	n.v.
<b>1</b>	unspezifisch	Fakten erhebend	Ergebnis formulieren
<b>2</b>	nach Fakten fragend	A: Fakten erhebend, Qualitätsmerkmale befolgend B: Zusammenhänge erhebend	Interpretation der Ergebnisse formulieren
<b>3</b>	nach Zusammenhängen fragend	Zusammenhänge erhebend, Qualitätsmerkmale befolgend	Interpretation der Ergebnisse formulieren, Interpretation evaluieren

Tab. 1: Kategoriensysteme zur Erkenntnisgewinnung (gekürzt nach Strippel et al., 2016)

Die Verteilung der Niveaustufen über alle Kategoriensysteme zeigt zunächst ein recht erwartungsgemäßes Bild (s. Tabelle 2). In zwei Drittel aller Fälle fehlt eine Fragestellung völlig. Damit fehlt diesen Texten der entscheidende Ausgangspunkt der Erkenntnisgewinnung. Nur in 24 Texten (4%) findet sich eine Frage nach einem Zusammenhang. So fehlen insbesondere Beispiele für diese komplexeren Fragestellungen. Dies steht in besonderem Kontrast dazu, dass immerhin 24% der Experimentieraufgaben (Design-2B und -3) prinzipiell das Erheben von Zusammenhängen erlauben. Im Bereich Analyse/ Interpretation erfolgt in einem Drittel der Fälle keine Aufforderung hierzu. Immerhin sind die übrigen Fälle einigermaßen zufriedenstellend über alle Niveaustufen verteilt.

	<b>Fragestellung</b>	<b>Design</b>	<b>Analyse/ Interpretation</b>
<b>0</b>	64%	11%	35%
<b>1</b>	13%	54%	24%
<b>2</b>	19%	A: 11%, B: 19%	28%
<b>3</b>	4%	5%	13%
<b>1-3</b>	36%	89%	65%

Tab. 2: Verteilung der Niveaus der Erkenntnisgewinnung (N=605)

Betrachtet man die Ergebnisse nun noch einmal eingehend daraufhin, inwiefern ein (vereinfachter) vollständiger Weg der Erkenntnisgewinnung vorgezeichnet wird, verdüstert sich das Bild weiter. In Abbildung 1 ist zunächst die Passung von Fragestellung und in der Experimentieraufgabe dargestelltem Design gezeigt. Es liegen in 23% aller Fälle empirisch überprüfbare Fragestellungen vor, aber nur in 16% aller Fälle gibt es eine Passung zwischen Fragestellung und Versuchsdesign. Anders gesprochen: In jedem dritten Fall in dem eine Fragestellung vorliegt, ist es nicht die epistemisch zu diesem Versuch passende Fragestellung. Prüft man nun für die aus Sicht der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als sinnvoll erachteten Experimentieraufgaben, ob diese eine Aufforderung zu Analyse und Interpretation beinhalten, ist dies in weniger als jedem zehnten Fall vorhanden (s. Abb. 2). Eine Betrachtung der Niveaus der Erkenntnisgewinnung und ihrer Verknüpfung untereinander nach individuellen Schulbüchern lässt keine klaren Muster erkennen. In jedem Buch finden sich einige wenige „Musterbeispiele“.

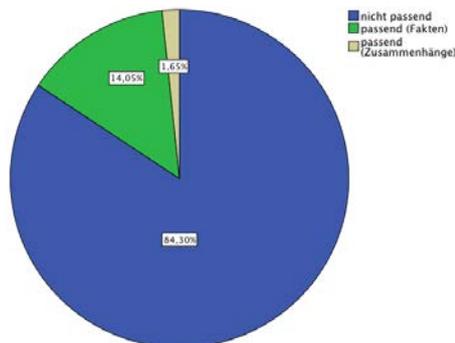


Abb. 1: Passung von Fragestellung und Design (N = 605)

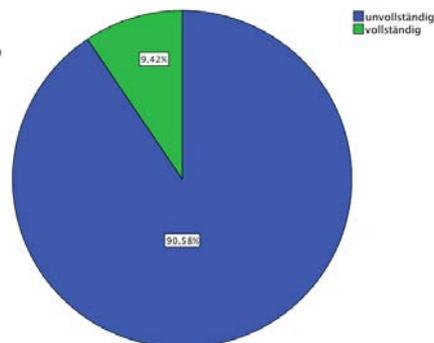


Abb. 2: Vollständiger Weg der Erkenntnisgewinnung (N = 605)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Experimentieraufgaben in aktuellen nordrhein-westfälischen Schulbüchern keine konsequente Aufbereitung im Sinne der Erkenntnisgewinnung erkennen lassen. Im Lichte des aufgezeigten Forschungsstandes ist nicht zu erwarten, dass die Aufbereitung durch die Lehrkräfte ohne weiteres erfolgen wird. Aktuell sollte diskutiert werden, wie Fortbildungen in diesem Bereich flächendeckend angeboten werden können. Für die Zukunft sollte diskutiert werden, welchen Beitrag die universitäre Ausbildung leisten kann und soll. Welche Funktion des Experimentierens wird den StudentInnen implizit durch die oft nach Kochrezept verfahrenen fachlichen Praktika vermittelt? Kann dem Thema Erkenntnisgewinnung in der fachdidaktischen Lehramtsausbildung mehr Platz eingeräumt werden? Ein Ansatzpunkt hierfür könnten die verbreiteten Praktika und Seminare zu Schulversuchen bieten.

Keht man noch einmal zum Schulbuch zurück, so muss auch hier diskutiert werden, welche Weiterentwicklungen sinnvoll und machbar sind. Eine Änderung der Einsatzkultur von Schulbüchern wird kaum möglich sein. Es sollte aber möglich sein, Änderungen im Schulbuch herbeizuführen, die über ihren aktuellen Einsatzzweck (Vorbereitungsmittel für Lehrkräfte) positive Auswirkungen auf die Vermittlung von Erkenntnisgewinnung haben. Das kann bedeuten, dass mehr Experimentieraufgaben gezielt im Sinne eines Weges der Erkenntnisgewinnung aufbereitet werden. Es kann auch bedeuten, dass die Prozesse der Erkenntnisgewinnung häufiger explizit thematisiert und erklärt werden, wie dies bereits auf einigen wenigen Methodenseiten in aktuellen Schulbüchern der Fall ist (Strippel et al., 2016). Diese Fragen können aber nur geklärt werden, wenn Räume geschaffen werden für eine Diskussion zwischen Lehrkräften, Verlagen und Forschern. Es sollte um die Frage gehen, wie die von den Bildungsstandards gesetzten Ziele gemeinsam besser erreicht werden können – und damit geht es über die Erkenntnisgewinnung hinaus.

#### Dank

Die Autoren bedanken sich bei dem RESOLV Cluster of Excellence EXC 1069 (gefördert von der DFG) für die Unterstützung ihrer Forschung.

## Literatur

- 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(14), 1945–1969.
- Alboteanu-Schirner, A., Buric, R., Burisch, C., Emse, A., Lauterjung, D., Lauterjung, S., & Rübhelke, A. (2013). *Universum Physik*. Berlin: Cornelsen.
- Arnold, K., Volkmar, D., Arndt, B., Eberle, A., Kunze, S., Lüttgens, U., ... Ralle, B. (2008). *Fokus Chemie*. Berlin: Cornelsen.
- Asselborn, W., & Jäckel, M. (2013). *Chemie heute SI*. Braunschweig: Schroedel.
- Beerenwinkel, A., & Gräsel, C. (2005). Texte im Chemieunterricht: Ergebnisse einer Befragung von Lehrkräften. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 11, 21–39.
- Bohrmann-Linde, C., Domrose, A., Krees, S., Krollmann, P., Remus, L., Tausch, M., ... Wambach-Laicher, J. (2008a). *Chemie 2000+ NRW7*. (M. Tausch & M. von Wachtendonk, Eds.). Bamberg: C.C.Buchner.
- Bohrmann-Linde, C., Domrose, A., Krees, S., Krollmann, P., Remus, L., Tausch, M., ... Wambach-Laicher, J. (2008b). *Chemie 2000+ NRW8*. (M. Tausch & M. von Wachtendonk, Eds.). Bamberg: C.C.Buchner.
- Bohrmann-Linde, C., Domrose, A., Krees, S., Krollmann, P., Remus, L., Tausch, M., ... Wambach-Laicher, J. (2008c). *Chemie 2000+ NRW9*. (M. Tausch & M. von Wachtendonk, Eds.). Bamberg: C.C.Buchner.
- Böker, C., Freiling-Fischer, E., Harm, A., Lang, M., Ranieri, A., Schink, J., ... Wagner, W. (2013). *Fachwerk Chemie*. Berlin: Cornelsen.
- Brennecke, A., Küster, H., Leienbach, K.-W., & Post, M. (2013). *Biosphäre Sekundarstufe I*. Berlin: Cornelsen.
- Bresler, S., Heppmann, B., Hörter, C., Kleesattel, W., Lilienthal, M., Muckenfuss, H., ... Seufert, H. (2011). *Natur und Technik*. Berlin: Cornelsen.
- Cieplik, D., Dobers, J., Freundner-Huneke, I., Kirks, H.-D., Schulz, T. H., & Zeeb, A. (2011). *Natur plus*. Braunschweig: Schroedel.
- Friedrich, I., Gemballa, S., Küttner, R., Markl, J., Nolte, M., Roder, B., & Schmid, U. (2014). *Markl Biologie I*. (J. Markl & A. Gauss, Eds.). Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Hausfeld, R., & Schulenberg, W. (2008). *BioSKOP SI*. Braunschweig: Westermann.
- Marniok, K., & Reiners, C. S. (2016). Die Repräsentation der Natur der Naturwissenschaften in Schulbüchern. *CHEMKON*, 23(2), 65–70.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse* (11th ed.). Weinheim: Beltz.
- Organization for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2013). *Pisa 2015 Draft Science Framework*.
- Roberts, D. A., & Bybee, R. W. (2014). Scientific Literacy, Science Literacy, and Science Education. In *Handbook of research on science education* (pp. 545–558). New York: Routledge.
- Schmitt, A. K. (2016). *Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung*. Berlin: Logos.
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Strippel, C. G., & Sommer, K. (2015). Teaching Nature of Scientific Inquiry in Chemistry: How do German chemistry teachers use labwork to teach NOSI? *International Journal of Science Education*, 37(18), 2965–2986.
- Strippel, C. G., Tomala, L., & Sommer, K. (2016). Are textbooks promoting scientific inquiry and nature of scientific inquiry? – The german situation. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching.
- Sudeik, T., & Vorwerk, B. (2006). *Natur bewusst*. Braunschweig: Westermann.

Matthias Streller<sup>1</sup>  
Gesche Pospiech<sup>2</sup>  
Avi Hofstein<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf  
<sup>2</sup>Technische Universität Dresden  
<sup>3</sup>Weizmann Institute of Science

## Steigerung der Wirkung von Schülerlaboren durch Vor- und Nachbereitung

### Zusammenfassung

Dass das Interesse von Schülerinnen und Schülern an Naturwissenschaften durch den Besuch von Schülerlaboren gesteigert werden kann, konnte durch zahlreiche Studien gezeigt werden. Es stellt sich nun die Frage, wie es gelingt, die Wirkung der Labore weiter auszubauen. Dazu wurde im Rahmen der vorgestellten Studie der Effekt einer Vor- und Nachbereitung von Besuchstagen im Schülerlabor untersucht. Für die Implementierung wurde ein Online-Portal für Schülerinnen und Schüler entwickelt. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen einen signifikanten Einfluss des Online-Portals auf den Effekt des Schülerlabors.

### Hintergrund

#### *Interessen-Theorie*

Eine Möglichkeit, Interesse theoretisch zu erfassen, bietet die Interessentheorie (auch Person-Gegenstands-Theorie) von Schiefele, Krapp und Prenzel. Nach ihr wird Interesse als besondere Beziehung zwischen einer Person und einem Objekt angesehen (Krapp, 2002). Dem Interesse werden drei Merkmalskomponenten zugewiesen: eine emotionale, eine wertebezogene und eine epistemische Komponente (Krapp, 2002; Schiefele, 1992). Je nach zeitlicher Beständigkeit der Person-Objekt-Beziehung wird Interesse zudem in zwei Formen unterschieden (Krapp, 2002): das dispositionale Interesse als ein zeitlich relativ stabiler Zustand, der mit der habituellen Struktur einer Person verknüpft ist, sowie das auf eine konkrete Situation bezogene situationale Interesse. Es wird häufig spontan hervorgerufen und ist von kürzerer Dauer. Wird es wiederholt erzeugt, kann dispositionales Interesse aufgebaut werden (Hidi, Renninger, & Krapp, 2004).

#### *Interesse und Schülerlabore*

Den Schülerlaboren gelingt es, das Interesse von Schülerinnen und Schülern zu fördern (Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Guderian, 2007; Pawek, 2009). Das hervorgerufene Interesse konnte auch noch Wochen nach dem Besuch im Schülerlabor nachgewiesen werden (Engeln, 2004; Guderian, 2007; Pawek, 2009). Jedoch zeigte sich ein Absinken des Effekts im Laufe der Zeit (Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Pawek, 2009). Zahlreiche Studien vermuten, dass eine Vor- und Nachbereitung der Aktivität im Schülerlabor die Effekte des Schülerlabors verstärkt (Engeln, 2004; Guderian, 2007; Pawek, 2009). Obwohl der Einbettung des Schülerlaborangebots scheinbar eine sehr wichtige Rolle für die Wirksamkeit des Schülerlabors zukommt, existierten bis zum Zeitpunkt der vorgestellten Studie keine belastbaren Daten aus empirischen Untersuchungen. Auch im Alltag der Schülerlabore zeigt sich, dass eine Vor- und Nachbereitung häufig nicht stattfindet. Nach Engeln (2004) erfolgt bei mehr als 85% der Schüler nur eine geringe oder gar keine Vorbereitung der Besuche. Für die Nachbereitung ergibt sich nur ein minimal besseres Bild.

### Studie

#### *Online-Portal zur Vor- und Nachbereitung*

Um den Effekt einer Vor- und Nachbereitung auf Schülerlabore zu untersuchen wurde ein spezielles Begleitangebot entwickelt. Es richtete sich an Schülerinnen und Schüler ab der 10. Klasse, die das Schülerlabor DeltaX am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf besuchten. Die Implementierung erfolgte anhand eines internetbasierten Portals. So sollte das Angebot

für Besuchsklassen einfach zugänglich sein und Lehrkräften Flexibilität bei der Nutzung gegeben werden. Das Online-Portal wurde in die E-Learning-Plattform OPAL eingebunden und besteht aus zwei Komponenten. Mit dem Vorbereitungsteil wurden für das Schülerlabor benötigte Inhalte und Konzepte geübt. Dieser Teil gliedert sich in einen Grundlagenteil und einen Zusatzteil. Die Relevanz der Themen des Schülerlabors sollte abschließend durch die Nachbereitung aufgezeigt werden. Hierfür wurde der Bezug zur aktuellen Forschung hergestellt. Die Durchführung des Grundlagenteils obligatorisch.

### *Design*

Die empirische Untersuchung wurde im Kontroll-Versuchsgruppen-Design durchgeführt. Es erfolgten Pre-, Post- und Follow-up-Tests unmittelbar zu Beginn und am Ende des Schülerlabortages sowie sechs bis acht Wochen danach. Die Nutzung des Online-Portals war ausschließlich für Versuchsgruppe möglich. Teilnehmer der Kontrollgruppe besuchten das Schülerlabor ohne explizite Vor- und Nachbereitung. Insgesamt nahmen 855 Schülerinnen und Schüler an der Studie teil. Der verwendete Fragebogen basiert auf den Schülerlabor-Studien von Engeln (2004) und Pawek (2009). Die verwendeten Kategorien bzw. Items wurden überarbeitet und weiterentwickelt. In einer anschließenden Pilotphase zur Überprüfung der neukonzipierten Fragebögen zeigten sich Verbesserungen bezogen auf Validität und Reliabilität. Eine zusätzliche Kategorie des Berufsinteresses erstellt von Gedigk, Kobel und Pospiech (2013) diente zur Untersuchung des individuellen Interesses. Die Reliabilitäten des individuellen Interesses lagen bei über 0,9 bzw. 0,7 bis 0,8 für die Komponenten des situationalen Interesses. Effektstärken wurden mit dem Korrelationskoeffizienten nach Pearson bestimmt ( $r=0,1$  kleiner Effekt,  $r=0,3$  mittlerer Effekt,  $r=0,5$  großer Effekt).

### **Ergebnisse**

Die vorgestellten Ergebnisse basieren auf der Dissertationsstudie von Streller (2015). Sie gibt einen ausführlichen Überblick und berücksichtigt neben weiteren Merkmalen auch Teilgruppenanalysen u. a. hinsichtlich identifizierter Interessengruppen.

#### *Situationales Interesse*

Die Untersuchung des situationalen Interesses erfolgte unmittelbar nach der Aktivität im Schülerlabor (Post-Test) und sechs bis acht Wochen danach (Follow-up-Test). Unmittelbar nach dem Besuch des Schülerlabors zeigte sich, dass die Versuchsgruppe für alle drei Komponenten des situationalen Interesses signifikant bessere Werte erreichte. Dabei ergaben sich die größten Unterschiede hinsichtlich der emotionalen Komponente (vgl. Table 1). Die Effektstärken der beiden anderen Komponenten waren zueinander ähnlich ausgeprägt (vgl. Table 1). Jedoch waren die Unterschiede sechs bis acht Wochen nach dem Besuch im Schülerlabor nicht mehr nachweisbar (vgl. Table 1).

	emotionale Komponente	wertebezogene Komponente	epistemische Komponente
Post-Test	t(488)=-8,718, p<0,001, r=0,37	t(509)=-4,060, p<0,001, r=0,18	t(497)=-3,351, p<0,01, r=0,15
Follow-up-Test	t(361)=-0,78, n.s.	t(361)=-0,23, n.s.	t(361)=-0,46, n.s.

Tab. 1: t-Test-Ergebnisse zum Vergleich von Versuchs- und Kontrollgruppe bzgl. der drei Komponenten des situationalen Interesses

#### *Individuelles Interesse*

Das individuelle Interesse wurde charakterisiert durch die Skala des Berufsinteresses der Schülerinnen und Schüler. Es zeigte sich, dass zu allen drei Zeitpunkten der Untersuchung signifikante Unterschiede auftraten. Nach der Vorbereitung (Pre-Test) besaßen Teilnehmer

der Versuchsgruppe ein höheres Berufsinteresse im Vergleich zur Kontrollgruppe ( $t(536,95)=-3,06$ ,  $p<0,01$ ,  $r=0,13$ ). Die stärkste Ausprägung dieses Unterschieds ergab sich nach der Veranstaltung im Schülerlabor (Post-Test,  $t(450,51)=-3,60$ ,  $p<0,001$ ,  $r=0,17$ ). Selbst sechs bis acht Wochen blieben signifikante Differenzen erhalten, die aber eine geringere Signifikanz und Effektstärke aufwiesen ( $t(369)=-2,03$ ,  $p<0,05$ ,  $r=0,10$ ).

#### *Verwendung des Online-Portals*

Die Auswertung der Nutzung des Portals zeigte, dass nahezu alle Teilnehmer der Versuchsgruppe das Online-Portal zur Vorbereitung nutzten. Lediglich drei Prozent der Schülerinnen und Schüler absolvierten den Pflichtteil der Vorbereitung nicht. Jeder zweite Teilnehmer (46%) absolvierte darüber hinaus den Zusatzteil der Vorbereitung. Auch nach dem Besuch des Schülerlabors wurde das Online-Portal genutzt. Obwohl die Nachbereitung freiwillig war, wurde sie von zwei von fünf Teilnehmern der Versuchsgruppe (41%) verwendet. In Anbetracht des Anteils von Schülerinnen und Schülern, welche die Nachbereitung dennoch nicht nutzten, und um den Einfluss der Nachbereitung genauer zu untersuchen, wurden zusätzliche Untersuchungen durchgeführt. Dabei konnte die Ähnlichkeit beider Gruppen für den Zeitpunkt vor der Verwendung der Nachbereitung gezeigt werden (vgl. Table 2).

	emotionale Komponente	wertebezogene Komponente	epistemische Komponente	Berufsinteresse
Post-Test	$t(319)=-1,70$ , n.s.	$t(319)=-1,15$ , n.s.	$t(319)=-1,12$ , n.s.	$t(319)=-0,30$ , n.s.

*Tab. 2: t-Test-Ergebnisse zum Vergleich von Versuchsgruppenteilnehmern mit Nachbereitung und der Gesamtheit der Versuchsgruppe*

Der Vergleich zwischen nachbereitenden Versuchsgruppenteilnehmern und der Kontrollgruppe zeigte keinen signifikanten Unterschied bzgl. des situationalen Interesses. Allerdings zeigten nachbereitende Schülerinnen und Schüler ein höheres Berufsinteresse ( $t(233)=-2,04$ ,  $p<0,05$ ,  $r=0,13$ ).

#### **Diskussion**

Vorherige empirische Studien deuteten auf positive Effekte einer Vor- und Nachbereitung von Aktivitäten in Schülerlaboren. Die Ergebnisse der vorgestellten Untersuchung bestätigen nun diese Vermutungen. In Übereinstimmung mit dem Hauptanliegen der Schülerlabore gelingt es, das Interesse der Schülerinnen und Schüler weiter zu steigern. Dies gilt in erster Linie für das situationale Interesse. Doch auch für das individuelle Interesse lassen die Ergebnisse die Vermutung zu, dass es anhand der Vor- und Nachbereitung gesteigert werden kann. Dennoch zeigt sich erneut, dass die hervorgerufenen Effekte mit der Zeit nachlassen. Daraus lassen sich zwei Schlüsse ziehen. Zum einen zeigt sich der hohe Nutzen der Vorbereitung bei der Förderung von Interesse. Zum anderen war der Einfluss der Nachbereitung nur geringfügig, was höchstwahrscheinlich auf den freiwilligen Charakter rückführbar ist. Ein bemerkenswerter Befund ist außerdem das hohe Ausmaß der Verwendung des Online-Portals. Es verdeutlicht den einfachen Zugang für alle Nutzer inkl. Lehrkräfte und, dass ein praktikabler Ansatz gefunden werden konnte. Die Nutzung des Online-Portals sollte verpflichtend sein, wie der Abfall der Teilnehmerzahlen bezogen auf die Nachbereitung zeigt.

#### **Ausblick**

Basierend auf den Ergebnissen der Studie wird die Vorbereitung von Schülerlaborbesuchen empfohlen. Auch die Nachbereitung scheint sinnvoll zu sein. Durch weitere Untersuchungen wäre zu klären, welche Merkmale eine geeignete Vorbereitung erfüllen muss und welches Potential alternative Ansätze zur Vorbereitung haben. Der Effekt der Nachbereitung muss noch genauer untersucht werden.

**Literatur**

- Di Fuccia, D., Witteck, T., Markic, S., & Eilks, I. (2012). Trends in practical work in German science education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 8(1), 59–72.
- Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Logos-Verlag.
- Gedigk, K., Kobel, M., & Pospiech, G. (2013). Development of interest in particle physics as an effect of school events in an authentic setting. In *Active learning – in a changing world of new technologies. ICPE-EPEC 2013*.
- Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebung. Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte.
- Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111–127.
- Hidi, S., Renninger, K. A., & Krapp, A. (2004). Interest, a motivational variable that combines affective and cognitive functioning.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12(4), 383–409.
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe.
- Schiefele, U. (1992). Topic interest and levels of text comprehension. *The Role of Interest in Learning and Development*, (Journal Article), 151–182.
- Streller, M. (2015). The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories.

### **Professionalisierung durch Praxisbezug – Begleitforschung zu den Würzburger Lehr-Lern-Laboren**

Praxisphasen sind wesentlicher Bestandteil der Lehrerbildung. In ihren Standards zur Lehrerbildung legt die Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK, 2004) fest, dass in beiden Phasen der Lehrerbildung „sowohl Theorie- als auch Praxisanteile“ (ebd.) zur Entwicklung professioneller Kompetenzen von Studierenden bzw. angehenden Lehrkräften herangezogen werden sollen. Explizit genannte Formen sind z.B. „die persönliche Erprobung und anschließende Reflexion eines theoretischen Konzepts (...) im Rollenspiel, in simuliertem Unterricht oder in natürlichen Unterrichtssituationen oder an außerschulischen Lernorten“ bzw. Elemente des „forschendes Lernen in Praxisphasen“ (ebd.). Im Vergleich auf Bund- und Länderebene zeigen sich viele verschiedene Implementationen von Praxisphasen in der Lehrerbildung. (siehe Rischke, Bönsch & Müller, 2013; Weyland, 2012).

**Befunde zur Wirkung von Praktika** Die angenommene professionalisierende Wirkung von Praxisphasen („Mythos Praktikum“, Hascher, 2011) führt bei Beteiligten auf allen Ebenen zu einem Wunsch nach Ausweitung (Makrinus, 2013) und zu einer einheitlich positiven subjektiven Bewertung von Praktika. Dabei ist die positive Wirkung von Praxiselementen keinesfalls empirisch belegt (Weyland, 2014), es lassen sich vielmehr unerwünschte Wirkungen von schulpraktischen Elementen in der Lehrerbildung nachweisen. Eine Übersicht aktueller Befunde findet sich bei Hascher (2012), darunter u.a. Kompetenzüberschätzungen in der Eigeneinschätzung der Studierenden (Schubarth, 2011; vgl. auch Gröschner, 2013) sowie der Fremdeinschätzung durch die Praxislehrer/innen (Bodensohn und Schneider, 2008), unerwünschtes unreflektiertes Anpassungsverhalten der Studierenden an das Lehrverhalten der Praxislehrer/innen (Chitpin, 2008), sowie das Streben nach „rollenakzeptierenden Beziehungen“ (Hascher, 2012) zu den Schülerinnen und Schülern aus Kosten des Lernprozesses der Schüler/innen (Dörr, Kucharz & Küster, 2009).

**Gelingensbedingungen** Weyland (2014) resümiert, dass in Bezug auf Gelingensbedingungen von Praktika „bisher keine (...) umfassend belastbare empirische Aussage getroffen werden“ kann. Gleichwohl gebe es Hinweise auf die Bedeutung curricularer Integration, die Notwendigkeit eines „ausgewogenen Betreuungs- und Begleitungskonzeptes (...) und die Qualität der universitären Seminare“ (ebd.). In diesem Zusammenhang verweist Ruf (2006) auf die Rolle der Reflexionsphasen zur gewinnbringenden Verarbeitung von Diskrepanzerlebnissen zwischen Anforderungen und verfügbaren Kompetenzen der Studierenden und fordert, dass Praxisphasen „als ein verbindlicher integraler Studienbaustein in die Studienstruktur eingewoben“ werden. Wahl (2002) macht auf die Rolle von Micro-Teaching-Settings aufmerksam. Sie seien aufgrund ihrer „Reduktion in Zeitdauer, Themenfülle und Teilnehmerzahl“ besonders geeignet für die erste Erprobung geplanten Unterrichtshandelns (siehe auch Tschannen-Moran, 1998).

**Lehr-Lern-Labore als Praxisphase auf Mesebene** Im Vergleich zu „hochschulexternen Großformen wie Praktika, schulpraktische Studien und Praxissemester“ auf Makroebene (Hedtke, 2000) verstehen sich die Würzburger Lehr-Lern-Labore (L3) als komplexitätsreduzierte Praxisphasen. Studierenden bieten sie die Gelegenheit, verschiedene Lehrstrategien bei gleichbleibenden Fachinhalten in unterrichtsnahen Praxissituationen an

wechselnden Schülergruppen zu testen („Iterative Praxis“). Die Praxisphasen finden in den Räumen der Universität statt, jeder Studierende interagiert nur mit einer kleinen Schülergruppe (max 5 Schüler/innen), die Betreuung einer Schülergruppe ist zeitlich begrenzt (nach jeweils ca. 20 Minuten wechselt die Schülergruppe die Station) und beschränkt sich für jeden Studierenden auf die Station, die sie oder er im Vorfeld ausgearbeitet hat. Damit lassen sich diese Praxisphasen klar von schulischen Praktika (Makroebene) abgrenzen, gehen in ihren inhaltlichen und zeitlichen Anforderungen aber auch deutlich über den Umfang von Realisierungen von Praxisbezug auf Mikroebene (z.B. Planung einer Unterrichtseinheit, Analyse von Fallstudien, Hedtke, 2000) hinaus.

Curriculare Einbettung wird erreicht, in dem die Praxisphase im L3 mit einem entsprechenden Fachdidaktik-Seminar verwoben ist. Das Fachdidaktik-Seminar dient als ca. 10-wöchige Vorbereitungs- und Planungsphase. Hier konzipieren die Studierenden in Gruppenarbeit im ständigen Austausch mit zwei Dozenten die Experimentierstationen für das gegebene, lehrplanrelevante Thema des L3 und entscheiden sich für die methodisch-didaktische Ausgestaltung ihrer Station (Planungshandeln: Wahl, 2002). Den Abschluss dieser Phase bildet eine peer-Teaching Einheit, in der sich die Studierenden ihre Stationen gegenseitig vorstellen und Feedback bekommen, das sie auf Unterschiede zwischen geplantem und tatsächlichem Handeln hinweist (ebd.). Vor dem ersten Schülerkontakt begründen die Studierenden ihr Konzept zusätzlich schriftlich im Hinblick auf die fachlichen Grundlagen sowie ihre methodisch-fachdidaktischen Planungen. An die Vorbereitungsphase schließt sich die ca. fünfwöchige Praxisphase an. Während dieser Zeit werden typischerweise fünf Schulklassen in das L3 eingeladen und verbringen unter der Betreuung der Studierenden jeweils ca. vier Stunden an den Experimentierstationen. Während dieser Phase liegt der Fokus auf dem Interaktionshandeln (Wahl, 2002) der Studierenden. Im Rahmen eines Micro-Teaching Settings (Klinzing, 2002) sollen sich die Studierenden auf Aspekte ihrer Interaktion mit den Schülerinnen und Schülern konzentrieren (z.B. Interaktionsdichte, Fragetechnik), diese während der Betreuung bewusst verändern und die Wirkung auf das Verhalten der Schüler/innen wahrnehmen.

Die Reflexion der Interaktion geschieht auf drei verschiedenen Ebenen: direkt nach jedem Schulklassenbesuch erfolgt peer-Feedback (durch die Kommilitonen) und Experten-Feedback (durch die Dozenten). Zusätzlich beantworten die Studierenden Fragen zu ihren Erfahrungen schriftlich in L3-Logbüchern, wodurch Selbstreflexionsprozesse in zeitlichem Abstand zur konkreten Betreuungssituation ausgelöst werden sollen. Auf diese Weise sollen individuelle Lernbedarfe aufgedeckt und als Lernanlässe genutzt werden, um eine Verbesserung des Materials bzw. eine Anpassung des eigenen Handelns für die kommende Durchführung zu induzieren. Zwischen den Durchführungsterminen bleibt den Studierenden jeweils eine Woche Zeit, ihre Stationen entsprechend zu überarbeiten („Iterative Praxis“).

**Begleitforschung an der Universität Würzburg** Ob und in wie weit L3 als Praxisphasen in der Lehrerbildung zur Professionalisierung der Studierenden beitragen, wie sie auf die Entwicklung der Lehrer(innen)persönlichkeit wirken (Hascher, 2012) und wie sie optimal gestaltet werden können, ist Gegenstand aktueller Forschung. An der Universität Würzburg beschäftigen sich drei Promotionsarbeiten im Bereich der Physikdidaktik mit Aspekten der Professionalisierung und Persönlichkeitsentwicklung im L3.

**Fachdidaktisches Wissen** In einer Promotionsarbeit (siehe Beitrag von Susan Fried in diesem Tagungsband) wird untersucht, ob die Studierenden die Lehrgelegenheit der Praxisphase nutzen, ihr bis dahin erworbenes fachdidaktisches Wissen (PCK) anzuwenden. Im Zentrum stehen die Aspekte Schülerkognition, Instruktionsstrategien, Curriculum und

Assessment (Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999). Zur quantitativen Erfassung werden die Skalen aus dem Projekt KiL (Kröger, Neumann & Petersen, 2013) und dem Projekt DIAGNOSER (Thissen-Roe, Hunt & Minstrell, 2004) verwendet. Weitere Daten werden aus der qualitativen Inhaltsanalyse der L3-Logbücher gewonnen.

**Professionelle Unterrichtswahrnehmung** Im Zentrum einer zweiten Arbeit (siehe Beitrag von Florian Treisch in diesem Tagungsband) steht die Entwicklung der professionellen Unterrichtswahrnehmung (van Es & Sherin, 2002) als eine Grundlage für professionelles Handeln (Stürmer, Seidel & Schäfer, 2013). Untersucht wird die Veränderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung der Studierenden im Verlauf des L3-Seminars und die Frage, wie eine zusätzliche videobasierte Analysephase nach den Betreuungen der Klassen ihre Entwicklung unterstützt. Als Messinstrument wird das OBSERVER-Tool (Seidel, Blomberg, Stürmer, 2010) im Prä-Post-Design verwendet.

**Akademisches Selbstkonzept** Ein drittes Promotionsprojekt (Elsholz & Trefzger, 2014) untersucht die Struktur und Entwicklung des akademischen Selbstkonzeptes (akSK) angehender Physiklehrkräfte im Rahmen des L3-Seminars. Das akSK kann nicht zuletzt wegen seiner Kopplung an akademische Leistungen (reciprocal effects model: Marsh, 1990; Marsh, 2005) als relevant für den Aufbau von Facetten des Professionswissens (Shulman, 1986) in den rein fachlichen Bereichen (CK), im Bereich der Fachdidaktik (PCK) sowie im allgemein pädagogisch-psychologischen Bereich (PK) gelten. Das akSK wird u.a. durch Erfahrungen des Gelingens bzw. Scheiterns, den sozialen Abgleich sowie durch Rückmeldungen wichtiger Bezugspersonen beeinflusst (Bong & Skaalvik, 2003). Da diese Faktoren Bestandteile zentraler Praxisphasen des Lehramtsstudiums sind folgt die Hypothese, dass sich das akSK während solcher Phasen strukturiert. Im Rahmen des Promotionsvorhabens wird das akSK angehender Physiklehrkräfte vor und nach dem L3-Seminar erhoben. Das Forschungsinteresse fokussiert einerseits auf die Operationalisierbarkeit von Selbstkonzeptfacetten in den Bereichen CK, PCK und PK. Zum anderen wird untersucht, ob und mit welchen Abhängigkeiten sich das akSK der Studierenden während der Praxisphase verändert. Als Erhebungsinstrument wurden die Skalen von Dickhäuser (Dickhäuser, Schöne, Spinath & Stiensmeier-Pelster, 2002) angepasst um der spezifischen Struktur des Lehramtsstudiums gerecht zu werden. Mittels konfirmatorischer Faktorenanalyse wurde nachgewiesen, dass drei latente Variablen angenommen werden können, die mit dem akSK in den Domänen CK, PCK bzw. PK identifiziert werden. Es ergeben sich signifikant positive Korrelationen zwischen den akSK-Facetten in den Domänen CK und PCK bzw. PCK und PK, die SK-Facetten in CK und PK korrelieren hingegen nicht. Zudem zeigen sich in einem latenten Wachstumskurvenmodell (McArdle, 2009) signifikante Effekte des Geschlechts bzw. der bisherigen Praxiserfahrung auf die latenten intercept- und slope-Variablen (Elsholz, in Vorbereitung).

#### Literatur

- Bodensohn, R., & Schneider, C. (2008). Was nützen Praktika? Evaluation der Block-Praktika im Lehramt – Erträge und offene Fragen nach sechs Jahren. *Empirische Pädagogik*, 22(3), 274-304.
- Bong, M., & Skaalvik, E. M. (2003). Academic Self-Concept and Self-Efficacy: How Different Are They Really? *Educational Psychology Review*, 15(1), 1–40.
- Chitpin, S., Simon, M., & Galipeau, J. (2008). Pre-service teachers' use of the objective knowledge growth framework for reflection during practicum. *Teaching and Teacher Education*, 12(8), 2049–2058.
- Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B., & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept: Konstruktion und Überprüfung eines neuen Instrumentes. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 23(4), 393–405.
- Dörr, G., Kucharz, D., & Küster, O. (2009). Eine längsschnittliche Videostudie zur Untersuchung der Entwicklung unterrichtlicher Handlungskompetenzen in verlängerten Praxisphasen. In M. Dieck, G. Dörr, D. Kucharz, O. Küster, K. Müller, B. Reinhofer, T. Rosenberger, S. Schnebel, & T. Bohl (Hg.),

- Kompetenzentwicklung von Lehramtsstudierenden während des Praktikums (S. 127–160). Baltmannsweiler: Schneider.
- Elsholz, M., & Trefzger, T. (2014). Impact of teaching practice on academic self-concept of pre-service physics teachers. In ICPE-EPEC 2013 Conference Proceedings (S. 876–881). Prag.
- Gröschner, A., Schmitt, C., & Seidel, T. (2013). Veränderung subjektiver Kompetenzeinschätzungen von Lehramtsstudierenden im Praxissemester. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 27(1-2), 77–86.
- Hascher, T. (2011). Vom „Mythos Praktikum“ ... und der Gefahr verpasster Lerngelegenheiten. *Journal für LehrerInnenbildung*, 11(3), 8–16.
- Hascher, T. (2012). Lernfeld Praktikum – Evidenzbasierte Entwicklungen in der Lehrer/innenbildung. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 2(2), 109–129.
- Hedtke, R. (2000). Das unstillbare Verlangen nach Praxisbezug. Zum Theorie-Praxis-Problem der Lehrerbildung am Exempel Schulpraktischer Studien. In Schlösser, Hans Jürgen (Hg.): *Berufsorientierung und Arbeitsmarkt. Wirtschafts- und Berufspädagogische Schriften Band 21* (S. 67-91).
- Klinzing, H. G. (2002). Wie effektiv ist Microteaching? Ein Überblick über fünfunddreißig Jahre Forschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 48(2), 194–214.
- KMK. (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Abgerufen von [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf)
- Kröger, J., Neumann, K., Petersen, S. (2013). Messung professioneller Kompetenzen im Fach Physik. In Bennholt, S. (Hg.): *Inquiry-based-learning – Forschendes Lernen. GDPC Jahrestagung 2012*, Bd. 33 (S. 533-535).
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge. In Gess-Newsome & Lederman (Hg.): *Examining pedagogical content knowledge* (S. 95-132).
- Makrinus, L. (2013). „Der Wunsch nach mehr Praxis“ – eine Bilanz. Springer.
- Marsh, H. W. (1990). Causal ordering of academic self-concept and academic achievement: A multiwave, longitudinal panel analysis. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 646–656.
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O., & Baumert, J. (2005). Academic Self-Concept, Interest, Grades, and Standardized Test Scores: Reciprocal Effects Models of Causal Ordering. *Child Development*, 76(2), 397–416.
- McArdle, J. J. (2009). Latent Variable Modeling of Differences and Changes with Longitudinal Data. *Annual Review of Psychology*, 60(1), 577–605.
- Rischke, M., Bönsch, C., & Müller, U. (2013). Praxisbezug in der Lehrerbildung. Abgerufen von [http://www.monitor-lehrerbildung.de/export/sites/default/content/Downloads/Monitor\\_Lehrerbildung\\_Praxisbezug\\_10\\_2013.pdf](http://www.monitor-lehrerbildung.de/export/sites/default/content/Downloads/Monitor_Lehrerbildung_Praxisbezug_10_2013.pdf)
- Ruf, M. (2006). Praxisphasen als Beitrag zur Employability. *Das Hochschulwesen*, 54(4), 135–139.
- Schubarth, W., Speck, K., Seidel, A., Gottmann, C., Kamm, C., & Krohm, M. (2012). Praxisbezüge im Studium – Ergebnisse des ProPrax-Projektes zu Konzepten und Effekten von Praxisphasen unterschiedlicher Fachkulturen. In W. Schubarth, K. Speck, A. Seidel, C. Gottmann, C. Kamm, & M. Krohm (Hg.), *Studium nach Bologna: Praxisbezüge stärken?!* (S. 47–100). Springer Fachmedien.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14
- Seidel, T., Blomberg G. & Stürmer K. (2010): „Observer“ – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. *Zeitschrift für Pädagogik* 56, 296–306.
- Stürmer, K., Seidel, T., & Schäfer, S. (2013). Changes in professional vision in the context of practice. *Gruppendynamik und Organisationsberatung*, 44(3), 339–355.
- Thissen-Roe, A., Hunt, E., & Minstrell, J. (2004). The DIAGNOSER project: Combining assessment and learning. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(2), 234–240.
- Tschannen-Moran, M., Hoy, A. W., & Hoy, W. K. (1998). Teacher Efficacy: Its Meaning and Measure. *Review of Educational Research*, 68(2), 202–248.
- Van Es, E. A., & Sherin, M. G. (2002). Learning to notice: Scaffolding new teachers' interpretations of classroom interactions. *Journal of Technology and Teacher Education*, 10(4), 571–595.
- Wahl, D. (2002). Mit Training vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln? *Zeitschrift für Pädagogik*, 48(2), 227–241.
- Weyland, U. (2014). Schulische Praxisphasen im Studium: Professionalisierende oder deprofessionalisierende Wirkung? In Naeve-Stoß, N., Seeber, S. & Brand, W.: *Lehrerbildung und Unterrichtsentwicklung aus der Perspektive des lernenden Subjekts*. Abgerufen von [www.bwpat.de/profil3/weylend\\_profil3.pdf](http://www.bwpat.de/profil3/weylend_profil3.pdf)

## **Eine qualitative Untersuchung zur Anwendung von physikdidaktischem Wissen im Lehr-Lern-Labor**

### **Hintergrund & Theorie**

Mit der Einführung der Standards für Lehrerbildung 2004 durch die Kultusminister Konferenz wurde eine einheitliche Grundlage für die Lehrerbildung in Deutschland geschaffen. Wie in dem vorliegenden Tagungsband durch den Artikel von Markus Elsholz beschrieben, wurde beschlossen, dass schon während der universitären Ausbildung Praxisphasen eine besondere Rolle in der Lehramtsausbildung zu kommt (Elsholz, 2016). Um der Forderung nach mehr Praxiserfahrung schon während des Studiums gerecht zu werden, wurden an der Universität Würzburg 2010 die Lehr-Lern-Labore eingeführt. Eine genaue Beschreibung der Labore findet sich in diesem Tagungsband ebenfalls im Artikel von Markus Elsholz und Thomas Trefzger (Elsholz, 2016). Vergleicht man den Ablauf des Lehr-Lern-Labors mit den in Elsholz beschriebenen Merkmalen einer guten Praxisphase, zeigt sich, dass die Anforderungen erfüllt werden (vgl. dazu Markrinus, 2013; Dubs, 2008, Tschannen-Moran, 1998). Mit zehn Wochen Vorbereitungszeit und der thematischen Einschränkung auf ein Unterthema, sind zwei Forderungen erfüllt. Zusätzlich sind die Praxiserfahrungen noch in der Hinsicht vereinfacht, dass die im Mircoteaching-Setting stattfinden, da jeder Studierende nur Gruppen von maximal 5 Schülern betreut. Nach jeder Durchführung erfolgt eine Reflexionsrunde mit der Peergroup und den Experten, wodurch auch genug Zeit für Reflexion vorhanden. Folglich scheint sich das Lehr-Lern-Labor als Praxiserfahrung für die Studierenden zu eignen. Allerdings bleibt zu untersuchen, welche Bedeutung das Lehr-Lern-Labor für die Entwicklung von Kompetenzen besitzt.

### **Forschungsfragen**

Für die Untersuchung wird sich auf das Fachdidaktische Wissen als eine Facette des Professionswissens beschränkt, da diesem für die Lernprozesse der Schüler eine besondere Bedeutung zugeschrieben wird (Baumert, 2008; Ball, 2001). Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen:

1. *Entwickelt sich das physikdidaktische Wissen im Verlauf des Seminars?*
2. *Welches Wissen nutzen die Studierenden um ihre Experimentierstationen zu konzipieren und die Durchführung mit den Schulklassen zu planen?*
3. *Welches Wissen nutzen die Studierenden um ihre Durchführung zu reflektieren und wie werden Veränderungen begründet?*

### **Studiendesign und Methoden**

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden qualitative und quantitative Forschungsmethoden angewendet. Der paper-pencil-Test im pre-post-Design wurde schon im letzten GDCP-Tagungsband beschrieben und rückt aufgrund dessen in den Hintergrund (vgl. dazu Fried, 2015).

Um etwas über die Anwendung des physikdidaktischen Wissens durch die Studierenden zu erfahren, führen diese Logbücher in denen sie die folgenden drei Fragen beantworten. Die Logbücher werden vor der ersten Durchführung (Logbuch 1), direkt nach der ersten Durchführung (Logbuch 2) und am letzten Seminartermin (Logbuch 3) von den Studierenden eingesammelt und mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet. Die genaue Formulierung der Fragen ist in Abb. 1 zusehen.

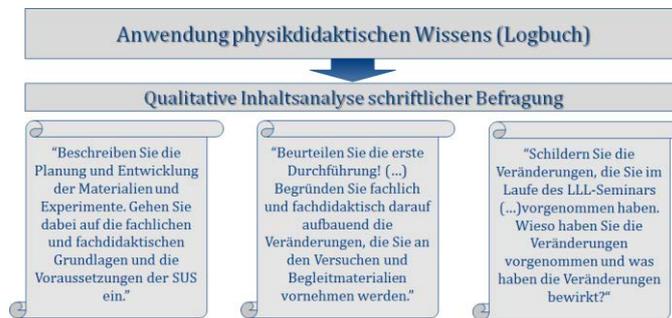


Abb. 1: Die Anwendung des Physikdidaktischen Wissens werden durch die drei Logbuchfragen analysiert.

### Das Kodiermanual

Zur Erstellung des Kodiermanuals wurde sich auf die Modellierung des fachdidaktischen Wissens nach Kröger und Neumann bezogen (Kröger, 2013). Ihre Modellierung beruht auf der Arbeit von Magnusson und der Definition des fachdidaktischen Wissens nach Shulman, als Wissen, welches Lehrern hilft fachliche Inhalte zu erklären, zu strukturieren, darzustellen und zu vernetzen (Shulman, 1987). Das Modell beinhaltet vier fachdidaktische Inhalte: Instruktionsstrategien, Curriculum, Schülerkognition und Assessment. Bei der Definition dieser Inhalte, lehnen sich Kröger und Neumann an der Definition und der Einteilung von Magnusson aus dem Jahr 1999 an. Unter Instruktionsstrategien versteht dieser fachspezifische Lernstrategien und Darstellungsformen, sowie verschiedene Formen von physik- und themenspezifischen Instruktionsstrategien und deren Anwendung (Magnusson, 1999). Dazu zählen nach dieser Definition Facetten wie das *Experimentieren*, *Modellieren*, *Aufgaben*, *Kontexte*, *Interesse*, *Medien* und andere. Für das Kodiermanual wurden diese noch weiter ausgeschärft. So beinhaltet die Facette Experimentieren Kategorien wie: *Vorgehen beim Experimentieren*, *Auswahl von Experimenten*, *Schülerfehler und Schwierigkeiten beim Experimentieren* und *Sicherheitshinweise beim Experimentieren*. Unter der Facette Curriculum wird die Bedeutung des Curriculums für den Unterricht und die didaktische adäquate Abfolge einzelner Themen verstanden. Damit ergeben sich als Subkategorien: *Vorwissen*, *Diagnose von Kompetenzanforderungen*, *Bildungsstandards*, *Auswahl von Inhalten aus Curriculum* und andere. Assessment definiert Magnusson als Wissen über die Beurteilung und die Bewertung von Lernprozessen, sowie Methoden zur Lernprozesskontrolle und Bewertung. Weiter ausgeschärft ergeben sich die Subkategorien: *Analyse und Überprüfung von Lernprozessen*, *Bewertung von Schülerantworten*, *Methoden zur Lernprozessüberprüfung* und so weiter. Unter Schülerkognition werden Schülerkonzeptionen, sowie fachlich nicht korrekte Vorstellungen und Lernschwierigkeiten verstanden. Damit ergeben sich Unterkategorien wie beispielsweise: *Alltagswissen und -bezüge*, *Anforderungen beim Lernen*, *themenspezifische Schülervorstellungen*, *Diagnose von Schülervorstellungen* usw. Zusätzlich zu den Definitionen nach Magnusson wurde noch die Kategorie Ziele mit aufgenommen, da die Studierenden teilweise auf dieses Wissen zurückgriffen.

Zusammenfassend ergibt sich ein Kategoriensystem, dass aus 6 physikdidaktischen Oberkategorien und insgesamt 59 Subkategorien, wobei 27 Subkategorien dem Bereich Instruktionsstrategien, 8 Subkategorien jeweils den Bereich Curriculum und Assessment, 5 dem Bereich Ziele und 11 Subkategorien dem Bereich Schülerkognition angehören. In jeder dieser Subkategorien ist eine Kodiermöglichkeit enthalten, die erfasst, ob die Studierenden sich überhaupt mit Wissen aus der Kategorie beschäftigt haben (z.B. „*Kein Wissen zu Schülerkognition genutzt*“). Zusätzlich zu den fachdidaktischen Kategorien, wurde auch das Fachwissen kodiert. Es wurde weiterhin erfasst, ob die Studierenden in ihrem Logbuch gar nicht auf fachdidaktisches Wissen oder Fachwissen rekurriert haben (z.B. „*Kein Fachdidaktisches Wissen genutzt*“). Die unterschiedliche Größe der einzelnen Kategorien

erfordern eine Normierung, um die Daten vergleichen zu können. Diese wurde auf die Gesamtzahl der Kategorien und die einzelnen Kategoriengröße bezogen.

### Erste Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Logbuchanalysen der ersten drei Erhebungszeiträume vorgestellt, diese beinhalten die drei Logbücher von 51 Studierenden. In einem ersten Schritt wird analysiert wieviele Studierende der ersten drei Erhebungszeiträume in den einzelnen Logbuchfragen auf Fachwissen rekurrieren. Bei der Betrachtung von Tabelle 1 fällt auf, dass in den Logbüchern mind. 25% der gesamten Codings in diesem Bereich einzuordnen sind. Allerdings gehören davon fast 90% der Codings in die Kategorie *Kein Fachwissen verwendet*. Das deutet darauf hin, dass die Studierenden sich nicht mit dem Fachwissen zu ihrer Station beschäftigen.

Coding	Logbuch 1		Logbuch 2		Logbuch 3	
	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl
FW bzgl. Gesamtcodings	27,2	48	26,1	48	24,8	48
Kein Fachwissen	89,6	43	100	48	97,9	47

Tab. 1: Codings Fachwissen bezüglich der Gesamtzahl der Coding und die Analyse wieviel Prozent der Fachwissen Codings auf die Kategorie „Kein Fachwissen genutzt“ entfallen.

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse für das Physikdidaktische Wissen. Die Subkategorien wie beispielsweise *Keine Instruktionsstrategien verwendet* sind prozentual in Bezug auf die Gesamtzahl der Codings in der zugehörigen Oberkategorie (in diesem Beispiel Instruktionsstrategien) angegeben. Insgesamt zeigt sich beim Vergleich mit Tabelle 1, dass die Studierenden zu mehr als 70% auf physikdidaktisches Wissen rekurrieren. Nur ein kleiner Anteil an Studierenden schreibt in seinen Logbüchern, dass sie sich nicht mit Fachdidaktischem Wissen beschäftigen, sondern rein aus Erfahrung und Intuition gehandelt haben. Bei der Betrachtung der einzelnen Kategorien fällt auf, dass viele Studierende sich über alle Logbücher mit Instruktionsstrategien beschäftigen. Dies wird dadurch bestätigt, dass kaum Codings auf die Kategorie *Keine Instruktionsstrategien verwendet* fallen. Die Facette Assessment spielt über alle Logbücher eine eher untergeordnete Rolle. Mit dem Curriculum beschäftigen sich die Studierenden vor allem im ersten Logbuch, in dem es um die Planung der Experimentierstationen und der Durchführung geht. Die Kategorie Schülerkognition ist im ersten Logbuch eher untergeordnet. Nachdem die Studierenden auf die Schüler betroffen sind und vor allem im letzten Logbuch steigt die Bedeutung dieser Facette.

Codings	Logbuchfrage 1	Logbuchfrage 2	Logbuchfrage 3
	Prozent	Prozent	Prozent
Instruktionsstrategien	21,9	25,5	20,6
<i>Keine IS genutzt</i>	0	0,2	0
Assessment	10,7	15,5	14,5
<i>Kein AS genutzt</i>	42,9	7,0	9,0
Curriculum	20,9	19,6	14,0
<i>Kein CU genutzt</i>	7,3	7,0	6,2
Schülerkognition	10,7	19,7	29,8
<i>Keine SK genutzt</i>	13,8	2,2	0,9
Ziele	23,6	19,8	19,2
<i>Kein FDW</i>	12,2	0	2,0

Tab. 2: Codings Physikdidaktisch Wissen bezüglich der Gesamtzahl der Coding und davon die Codings die unter die Kategorie, kein Fachdidaktisches Wissen verwendet fallen.

**Literatur**

- Ball, D., Lubienski, S. et al. (2001). Research on teaching mathematics. In V. Richardson (Eds.), *Handbook of research on teaching. The unsolved problem of teachers' mathematics knowledge* (pp. 433-456).
- Baumert, J., Kunter, M. et al. (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV.
- Dubs, R. (2008). *Lehrerbildung zwischen Theorie und Praxis*.
- Elsholz, M., Trefzger, T. (2016). Professionalisierung durch Praxisbezug. Begleitforschung zu den Würzburger Lehr-Lern-Laboren. Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Bd. 37, (in Vorbereitung).
- Fried, S., Trefzger, T. (2015). Professionalisierung durch Praxisbezug im Lehr-Lern-Labor. Die Anwendung physikdidaktischen Wissens im Lehr-Lern-Labor. Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdiaktik, Bd. 36, 340-342.
- Klinzing, H. G. (2002). Wie effektiv ist Microteaching? Ein Überblick über fünfunddreißig Jahre Forschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 48 (2), 194-214.
- 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. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132).
- Makrinus, L. (2013). Der Wunsch nach mehr Praxis. Zur Bedeutung von Praxisphasen im Lehramtsstudium. *Studien zur Schul- und Bildungsforschung*.
- 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.
- Tschannen-Moran, M. et al. (1998). Teachers Efficacy – Its Meaning and Measure. *Review of Educational Researcher*, 68 (2), 202-248.
- [www.diagnoser.com](http://www.diagnoser.com) (Stand 13.10.2016).

## **Professionelle Unterrichtswahrnehmung der Studierenden im Lehr-Lern-Labor Seminar im Fach Physik**

### **Motivation / Theorie**

Studien zeigen, dass die Professionelle Unterrichtswahrnehmung (PU) eine Fähigkeit ist, die eher erfahrene Lehrkräfte besitzen (Berliner, Stein, Sabers, Clarridge, Cushing, & Pinnegar, 1988; Berliner, 2001). Stürmer, Seidel und Schäfer (2013) konnten jedoch in ihrer Studie zeigen, dass sich die PU von Studierenden auch schon in der ersten Phase der Lehramtsausbildung entwickeln kann. Sie stellte fest, dass eine Kombination aus Praxisphasen in Schulen und ein Seminar, in dem Unterrichtsvideos analysiert werden, die Entwicklung der PU von Lehramtsstudierenden fördert. In einer Studie im Fach Mathematik haben Star und Strickland (2008) gezeigt, dass sich die PU von Lehramtsstudierenden entwickelt, wenn sie Unterrichtsvideos fragenbegleitend analysieren.

Die PU kann als Vermittler zwischen Theorie und Handlungswissen aufgefasst werden (Schwindt, 2008) und ist ein Indikator dafür, theoretisches Wissen anzuwenden zu können (Seidel & Stürmer, 2014). Sie beschreibt die Fähigkeit einer Lehrperson, relevante Unterrichtssituationen zu erkennen und theoriebasierend zu beschreiben und lässt sich in die zwei Komponenten *Noticing* und *Knowledge-based Reasoning* unterteilen (Sherin, 2007). Unter *Noticing* versteht man die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit selektiv auf relevante Unterrichtssituationen zu lenken. Die Lehrkraft kann beim Unterrichten unterscheiden, auf welche Situationen reagiert werden muss und welche zunächst ignoriert werden können. Das *Reasoning* bezieht sich auf theoretisches Wissen zum effektiven Lehren und Lernen, um die beobachteten Unterrichtssituationen richtig beschreiben zu können. Es lässt sich nochmals in die Dimensionen *Beschreiben*, *Erklären* und *Vorhersagen* unterteilen (Seidel 2014). Unter der Dimension *Beschreiben* versteht man die Fähigkeit, die beobachtete Situation mit dem richtigen Unterrichtsmerkmal zu beschreiben, ohne zu bewerten. Die Dimension *Erklären* umfasst die Fähigkeit, theoretisches Wissen zu den Unterrichtsmerkmalen zu nutzen, um die Unterrichtssituation zu bewerten. Die Dimension *Vorhersagen* umfasst die Fähigkeit, Konsequenzen zum weiteren Lernprozess der Schülerinnen und Schüler ableiten zu können. Die in dieser Studie berücksichtigten Unterrichtsmerkmale sind Lernatmosphäre, Lernbegleitung und Zielorientierung. Die Lernatmosphäre beschreibt den Umgang der Lehrperson mit den Schülerinnen und Schülern sowie die Fehlerkultur. Die Lernbegleitung beinhaltet die Art der Fragestellung und das Feedback der Lehrkraft. Die Zielorientierung umfasst die Kommunikation des Ablaufs, der Lernziele und die Motivation.

### **Fragestellungen**

Berücksichtigt man die oben erwähnten Erkenntnisse zur Entwicklung der PU, so ergeben sich bezogen auf das Lehr-Lern-Labor Seminar folgende Fragestellungen:

- Verbessert sich die professionelle Unterrichtswahrnehmung der Studierenden durch wiederholte Praxiserfahrungen und anschließender *Reflexion* im Lehr-Lern-Labor Seminar?
- Verbessert sich die professionelle Unterrichtswahrnehmung der Studierenden durch wiederholte Praxiserfahrungen und einer *zusätzlichen Videoreflexion* im Lehr-Lern-Labor Seminar?

Weitere Informationen zum Seminar entnehmen Sie bitte dem Artikel von Markus Elsholz und Thomas Trefzger aus diesem Tagungsband.

### **Studiendesign**

Zur Beantwortung der Fragen, wird ergänzend zum Seminarablauf die Hälfte der Studierenden bei den Durchführungen videografiert. Aus diesem Videomaterial werden 3-5 minütige Videoclips herausgeschnitten, die von den videografierten Studierenden analysiert werden. Die Videoanalysen finden zwischen den Besuchen der Schulklassen insgesamt viermal statt. Die Videoclips werden von den Studierenden fragenbegleitet analysiert. Dabei beziehen sie sich je Sitzung auf eine der drei Unterrichtsmerkmale. In der vierten Sitzung werden nochmal alle Unterrichtsmerkmale angesprochen. Da pro Sitzung 3-4 Videos analysiert werden können, bewerten die Studierenden in kleinen Gruppen ihr eigenes Vorgehen und das der Kommilitonen an den Experimentierstationen. Insgesamt werden drei Gruppen miteinander verglichen: Studierende, die das Seminar besuchen (LLL-Gruppe), Studierende, die das Seminar besuchen und zusätzlich ihre Videos analysieren (Video+LLL-Gruppe) und Studierende, die das Seminar nicht besuchen (Baseline). Die Abbildung 1 zeigt das Studiendesign und den Ablauf des Seminars.

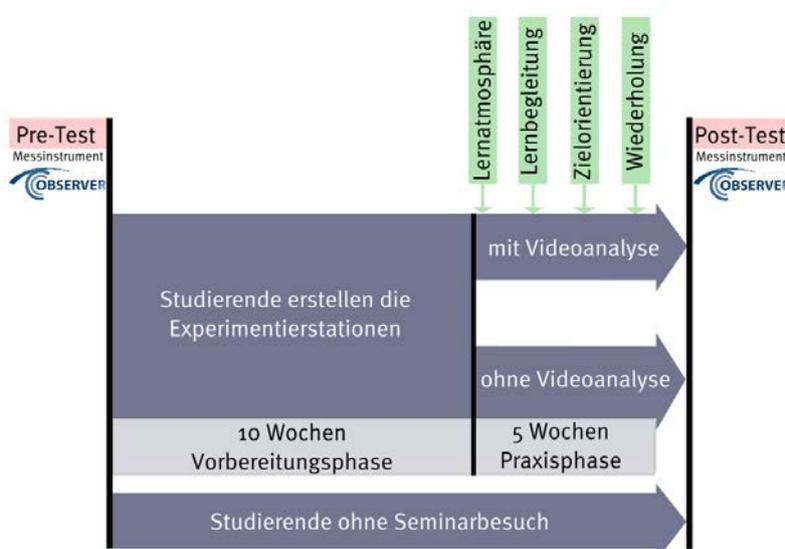


Abb. 1 Das Studiendesign sowie der Ablauf eines Semesters

### Erhebungsinstrument

Die PU wird im Pre-Post-Design mit dem Messinstrument *Observer* erfasst (Seidel, Blomberg & Stürmer, 2010). Dies ist ein valides online basiertes Messinstrument, welches sechs 2-4 minütige Videoclips zeigt, die von den Studierenden anhand einer vierstufigen Likert-Skala bewertet werden. Je Videoclip werden zwei der drei Unterrichtsmerkmale erfasst und alle Stufen des *Reasoning* berücksichtigt. Insgesamt werden 216 Items bearbeitet. Ein richtig gewertetes Item wird mit „1“ gewertet, ansonsten mit „0“.

### Stichprobe und Ergebnisse

Die Stichprobe umfasst 47 Studierende, wobei die Studierenden im Seminar zufällig der Video+LLL-Gruppe oder der LLL-Gruppe zugeordnet wurden. Die Video+LLL-Gruppe umfasst 19 Studierende, die LLL-Gruppe 18 und die Baseline 10 Studierende. Der Altersdurchschnitt beträgt 23 Jahre (SD = 2,66), insgesamt waren 61,7% männlich und 38,3% weiblich. MANOVAs zeigten, dass es zwischen den Gruppen keine Unterschiede bezüglich des Alters ( $F(7,432) = 0,516$ ,  $p = 0,60$ ,  $\eta^2 = 0,02$ ), des Geschlechts ( $F(0,358) = 0,743$ ,  $p = 0,49$ ,  $\eta^2 = 0,03$ ) oder des Vortests ( $F(0,962) = 0,199$ ,  $p = 0,99$ ,  $\eta^2 = 0,02$ ) ergab.

Tabelle 1 zeigt die prozentual richtig angekreuzten Items der einzelnen Gruppen.

	PU Total		Beschreiben		Erklären		Vorhersagen	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Video+LLL	.30	.39	.38	.45	.25	.33	.25	.37
LLL	.34	.37	.41	.46	.28	.31	.31	.31
Baseline	.31	.31	.40	.40	.25	.23	.25	.27

Tab. 1 Pre – und Post- Testergebnisse der drei Gruppen

Das Gesamttestergebnis der PU, sowie die Ergebnisse der drei Dimensionen des Reasoning wurden für die Analysen Rasch-skaliert (Koller, Alexandrowicz & Hatzinger, 2012). In der Video-LLL-Gruppe zeigte sich ein signifikanter Zuwachs im Gesamttestergebnis, sowie in den drei Dimensionen Beschreiben, Erklären und Vorhersagen (vgl. Tabelle 2). Die LLL-Gruppe zeigte keine signifikanten Änderungen (vgl. Tabelle 3).

	Pre	Post	T	df	Sig.	$\eta^2$
PU	-1,195	-0,633	-3,934	18	0,001	0,462
Beschreiben	-0,786	-0,272	-2,508	18	0,022	0,259
Erklären	-1,471	-1,019	-2,987	18	0,008	0,331
Vorhersagen	-1,497	-0,679	-3,012	18	0,007	0,335

Tab. 2 Pre-Post-Vergleich der Rasch-skalierten Testergebnisse der Video+LLL-Gruppe

	Pre	Post	T	df	Sig.	$\eta^2$
PU	-0,912	-0,752	-0,843	17	0,411	0,04
Beschreiben	-0,501	-0,257	-1,298	17	0,212	0,09
Erklären	-1,217	-1,082	-0,663	17	0,516	0,03
Vorhersagen	-1,106	-0,982	-0,420	17	0,680	0,01

Tab. 3 Pre-Post-Vergleich der Rasch-skalierten Testergebnisse der LLL-Gruppe

Zwischen der LLL-Gruppe und der Video+LLL-Gruppe wurde kein signifikant unterschiedlicher Lernzuwachs festgestellt (Interaktion Gruppe \* Zeit: PU-Total:  $F(0,924) = 2,877$ ,  $p = 0,099$ ,  $\eta^2 = 0,076$ ; Beschreiben:  $F(0,974) = 0,929$ ,  $p = 0,342$ ,  $\eta^2 = 0,026$ ; Erklären:  $F(0,957) = 1,565$ ,  $p = 0,219$ ,  $\eta^2 = 0,043$ ; Vorhersagen:  $F(0,921) = 3,001$ ,  $p = 0,092$ ,  $\eta^2 = 0,079$ ).

### Diskussion und Ausblick

Diese Studie untersucht die Entwicklung der PU von Physik-Lehramtsstudierenden, die das Lehr-Lern-Labor Seminar besuchen. Es zeigt sich, dass sich die Video+LLL-Gruppe signifikant verbessert. Auch die drei Dimensionen des Reasoning entwickeln sich signifikant, sodass sich andeutet, dass die Kombination aus Lehr-Lern-Labor Seminar mit Videoanalysen die PU von Lehramtsstudierenden fördern kann. Die höheren Unterschiede in den Testergebnissen der Dimensionen *Erklären* und *Vorhersagen* der Video+LLL-Gruppe deuten an, dass diese Dimensionen im Vergleich zur Dimension *Beschreiben* theoriebasierend sind und diese speziell in der Videoanalyse diskutiert werden können. Die Stichprobe wird mit den Testergebnissen aus dem Wintersemester 2016/2017 ergänzt, sodass die Ergebnisse statistisch aussagekräftiger werden. Als nächster Schritt werden Regressionsanalysen gerechnet, um mögliche Einflussfaktoren zu bestimmen. Ergänzend sollen die Testergebnisse mit einem Fachwissenstest, einem Didaktiktest und einem Test zu Schülervorstellungen verglichen werden, die parallel zum Observer durchgeführt wurden.

**Literatur**

- Berliner, D. C. (2001). Learning about and learning from expert teachers. *International Journal of Educational Research*, 35, 463-482
- Berliner, D. C., Stein, P., Sabers, D. S., Clarridge, P. B., Cushing, K. S., & Pinnegar, S. (1988): Implications of research on pedagogical expertise and experience in mathematics teaching. In: Grouws Hg., S. 67–95
- Biaggi, S., Krammer, K. & Hugener, I. (2013): Vorgehen zur Förderung der Analysekompetenz in der Lehrerbildung mit Hilfe von Unterrichtsvideos. Erfahrungen aus dem ersten Studienjahr. In: SEMINAR 19 (2), S. 26–34.
- Jahn, G., Prenzel, M., Stürmer, K. & Seidel, T. (2011). Varianten einer computergestützten Erhebung von Lehrerkompetenzen: Untersuchungen zu Anwendungen der Tools Observer. [Opportunities of teachers' competencies computer-based assessment: Investigation of the Tool Observer Application]. *Unterrichtswissenschaft* 2 (2011), 39 Jg., 2. Vj., 136-153.
- Koller, I, Alexandrowicz, R & Hatzinger R. (2012): Das Rasch Modell in der Praxis. In: *Facultas Verlags – und Buchhandels AG*
- Santagata, R. & Angelici, G. (2010): Studying the Impact of the Lesson Analysis Framework on Preservice Teachers' Abilities to Reflect on Videos of Classroom Teaching. In: *Journal of Teacher Education* 61 (4), S. 339–349
- Schwindt, Katharina (2008): *Lehrpersonen betrachten Unterricht. Kriterien für die kompetente Unterrichtswahrnehmung.* Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann (Empirische Erziehungswissenschaft, Bd. 10)
- Seidel, T., Blomberg G. & Stürmer K. (2010): „Observer“ – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. Projekt OBSERVE. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 56, S. 296–306.
- Seidel, T. & Stürmer, K. (2014). Modeling and Measuring the Structure of Professional Vision in Pre-Service Teachers. *American Educational Research Journal*. 51(4), 739-771
- Sherin, M. G. (2007): The Development of Teachers' Professional Vision in Video Clubs. In: *Video research in the learning sciences*, S. 383–395
- Sherin, M. G. (2014): Developing a Professional Vision of Classroom Events. In: Wood T, Nelson B.S., Warfield J.E. (Hg.): *Beyond classical pedagogy: Teaching elementary school mathematics*, S. 75–93
- Sherin, M. G., Russ, R. S., Sherin, B. L. & Colestock, A. (2008): Professional Vision in Action: An Exploratory Study 17 (2), S. 27–46
- Sherin, M. G. & van Es, E. A. (2005): Using Video to Support Teachers' Ability to Notice Classroom Interactions. In: *Jl. of Technology and Teacher Education* 13 (3), S. 475–491
- Sherin, M. G. & van Es, E. A. (2009): Effects of Video Club Participation on Teachers' Professional Vision. In: *Journal of Teacher Education* 60, S. 20–37
- Star, J. R. & Strickland, S. K. (2008): Learning to observe: using video to improve preservice mathematics teachers' ability to notice. In: *J Math Teacher Educ* 11 (2), S. 107–125
- Stürmer, K., Könings, K. D. & Seidel, T. (2014). Factors within University-based Teacher Education relating to Preservice Teachers' Professional Vision. *Vocations and Learning*
- Stürmer, K., Seidel, T. & Schäfer, S. (2013). Changes in professional vision in the context of practice. Preservice Teachers' Professional Vision Changes Following Practical Experience: A Video-Based Approach in University-Based Teacher Education. *Gruppendynamik & Organisationsberatung*.
- Stürmer, K., Könings, K. D. & 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

### Experimentieren als Freizeitbeschäftigung – Angebote im Schülerlabor

Experimentieren als Freizeitbeschäftigung – das klingt zunächst undenkbar, wo doch insbesondere die experimentell ausgelegten Schulfächer Chemie und Physik als die unbeliebtesten gelten (Merzlyn, 2008). Dass dies doch gelingen kann, zeigen Projekte wie „Landauer Experimentier(s)pass“, „Café Asyl“, „Kinder-Uni (Nawi)“ und „Experimentier-Café“. Hier öffnen die beteiligten Schülerlabore „Nawi-Werkstatt“ und „Freilandmobil“ ihre Türen, um interessierte Kinder, Jugendliche und auch Erwachsene einzuladen, naturwissenschaftliche Phänomene zu erfahren und zu verstehen. Die Angebote werden von Lehramts-Studierenden mitgestaltet und betreut. Für ausgewählte Freizeitangebote werden zentrale Inhalte und Arbeitsmaterialien so angepasst, dass sie für möglichst viele Personen, unabhängig von ihren persönlichen Lernvoraussetzungen, zugänglich sind.

#### Schülerlabore - Plattform zahlreicher Aktivitäten

Schülerlabore bieten eine zentrale Plattform für unterrichtsbezogene Entwicklungsforschung und empirische Untersuchungen jeglicher Art. Sie lassen sich im Vergleich zur komplexen schulischen Unterrichtssituation als systematisch variierbare Test- und Lernlabore nutzen. So wird beispielsweise die Entwicklung neuer Schülerexperimente durch Theorie geleitet, muss aber durch Empirie gestützt werden, die dann zur Weiterentwicklung der Theorien dient. Die neu entwickelten Konzepte werden im Schülerlabor von Schülerinnen und Schülern in einem geschützten Raum erprobt und können dabei in situ beispielsweise auf Verständlichkeit oder Interesse evaluiert werden. Auch Lernprozesse sowie diagnostische und adaptive Fähigkeiten von Lehrpersonen lassen sich im Rahmen von Schülerlabor-Settings analysieren. Schülerlabore eignen sich auch hervorragend als Lehr-Lern-Labore, insbesondere dann, wenn sie ins Zentrum der fachdidaktischen Anteile der Lehrerbildung gestellt werden. Studierende erhalten – eingebettet in eine Lehrveranstaltung – die Möglichkeit, Lernstationen für das Schülerlabor zu planen, zu erproben und zu reflektieren sowie Forschungsfragen nachzugehen.

Am Campus Landau finden mehrere Projekte der Arbeitsgruppe Chemiedidaktik rund um die beiden Schülerlabore Nawi-Werkstatt und Freilandmobil statt. In der Nawi-Werkstatt können Themen mit naturwissenschaftlichem Kontext interdisziplinär erfahren und experimentell erarbeitet werden. Das Freilandmobil ist ein mobiles Umwelt-Schülerlabor und Ausgangspunkt für naturnahe Experimentiereinheiten im Freiland. Beide Schülerlabore dienen zur Förderung von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen im naturwissenschaftlichen Bereich („Bildung“), zur Verbesserung der theoriegeleiteten, praxisnahen Ausbildung von Lehramts-Studierenden („Ausbildung“) und zur Durchführung von empirischen Forschungsprojekten („Forschung“). Die Schülerlabore erfüllen zudem eine wichtige Außenwirkung und Transferfunktion: Zahlreiche Bürgerinnen und Bürger der Region nehmen regelmäßig in ihrer Freizeit die Experimentierangebote an den beiden außerschulischen Lernorten wahr. Folgende Ziele werden durch die Freizeitangebote in den Schülerlaboren verfolgt:

- Bildung  
Menschen der Region nehmen in ihrer Freizeit naturwissenschaftliche Angebote wahr.
- Ausbildung  
Studierende sind in die Konzeption, Durchführung und Evaluierung eingebunden.
- Forschung  
Besucherinnen und Besucher sind Probanden im Rahmen von Forschungsprojekten.

### **Leitende Fragestellungen und theoretischer Hintergrund**

Die Durchführung und Evaluierung der Freizeitangebote bietet die Möglichkeit gezielt Forschungsinteressen zu verfolgen. Im Rahmen der von uns initiierten Projekte werden insbesondere zwei Fragestellungen bearbeitet:

#### Fragestellung 1 („Bildung“)

- Wie sollten Lernumgebungen für heterogene Gruppen gestaltet werden?

Fokus: Kriterien zur Erstellung von schriftlichen Arbeitsaufträgen.

Die Freizeitangebote richten sich an eine große Vielfalt an Menschen. Ein Ansatzpunkt zur Begegnung dieser Vielfalt besteht darin, für alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer adäquate Zugänge zu den Inhalten zu ermöglichen. Im Rahmen von Schülerlabortätigkeiten bieten sich hier insbesondere durch Arbeitsaufträge initiierte Experimente an (Scholz, Dönges, Risch & Roth, 2016). Hierzu ist es notwendig, zunächst die komplexen Phänomene zu elementarisieren, also den Kern der zugrundeliegenden Prozesse möglichst einfach, aber dennoch sachlich richtig herauszuarbeiten (Straßmeier, 2000) und im Anschluss die Arbeitsaufträge entsprechend nach verschiedenen Heterogenitätsdimensionen zu differenzieren. Dabei sollte vor allem zwischen textvereinfachenden, schrift- oder textunterstützenden und schrift- oder textersetzenden Möglichkeiten unterschieden werden (Scholz, Dönges, Dechant & Endres, 2016). Basis für die Differenzierungsmaßnahmen bilden neben didaktischen Grundüberlegungen, theoretische Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung (u. a. Kurzzeitgedächtnis bei Kindern mit Down Syndrom (Frenkel & Bourdin, 2009; Kay-Raining Bird & Chapman, 1994) sowie die Erleichterung des Textverständnisses durch Symbole (Jones, Long & Finlay, 2007; Poncelas & Murphy, 2007)).

#### Fragestellung 2 („Ausbildung“)

- Wie sollten Schülerlabore in universitäre Seminare eingebunden werden?

Fokus: Kriterien zur Gestaltung eines Seminars mit Schülerlabor-Einbindung.

Die Freizeitangebote werden von Studierenden betreut. Dazu durchlaufen sie im Rahmen von Lehrveranstaltungen mit Schülerlabor-Einbindung einen zyklischen Prozess, in dem die folgenden Elemente iterativ (möglichst) mehrfach absolviert werden: (a) Planung von Lernumgebungen & Konstruktion der benötigten Lernmaterialien, (b) Lernstationen durchführen und erproben, (c) Diagnose von Denk- und Lernprozessen, (d) Evaluation & Reflexion abgelaufener Prozesse und der (e) Adaption von Planung und Materialkonstruktion (Nordmeier, 2014).

### **Freizeitangebote rund um die Schülerlabore**

Aktuell werden vier Projekte mit unterschiedlicher Ausrichtung angeboten, die von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen in ihrer Freizeit wahrgenommen werden können:

#### (1) Landauer Experimentier(s)pass

Beim Landauer Experimentier(s)pass erhalten die Teilnehmenden einen Experimentierpass mit zwölf Stempelfeldern. Jedes Stempelfeld steht stellvertretend für ein Experiment, das vom Grundschul- bis zum Seniorenalter selbst durchgeführt werden kann. Das Angebot wird von Lehramts-Studierenden begleitet, findet semesterbegleitend an zwei Nachmittagen pro Woche statt und kann ohne vorherige Anmeldung wahrgenommen werden (Engl & Risch, 2015).

#### (2) Café Asyl

Das Café Asyl ist eine ehrenamtliche Einrichtung, in der sich Bürgerinnen und Bürger aus der Region sowie Studierende der Universität in Landau engagieren, um Geflüchteten das Leben zu erleichtern und sie bei der Integration in die Gesellschaft zu unterstützen. Im Café

Asyl wurde ein Experimentierangebot eingerichtet, das unabhängig von Deutsch- oder Lesekenntnissen durchführbar ist. Es werden Versuchsvorschriften in drei Differenzierungsstufen zur Lesekompetenz angeboten: In einfacher Sprache, in einfacher Sprache unterstützt mit Symbolen und Piktogrammen und eine ausschließlich auf Fotos basierende Anleitung.

### (3) Kinder-Uni (Nawi)

Bei der Kinder-Uni (Nawi) handelt es sich um ein wöchentliches freiwilliges Angebot (acht Termine) für Schülerinnen und Schüler der Orientierungsstufe, die sich jedoch vorab für die Veranstaltung anmelden müssen. Das Angebot ist integriert in die Lehrveranstaltung „Bereichsfach Naturwissenschaften“ (Master of Education Realschule plus für die Fächer Biologie, Chemie und Physik) und wird von Studierenden konzipiert, durchgeführt und ausgewertet. Die Inhalte orientieren sich am Lehrplan des Fachs Naturwissenschaften in Rheinland-Pfalz.

### (4) Experimentier-Café

Das Experimentier-Café ermöglicht Schülerinnen und Schülern des Eduard-Spranger-Gymnasiums Landau in ihren Schulpausen an Experimentierangeboten im Freiland zu partizipieren. Darüber hinaus sind die Termine am Nachmittag frei zugänglich für Jugendliche anderer Schulen. Das Angebot ist in das Seminar „Projekt Umweltchemie“ (Bachelor of Education Chemie) integriert. Lehramts-Studierende entwickeln in kleinen Teams theoriebasiert Lernumgebungen und erproben diese im Rahmen des Experimentier-Cafés.

### **Ausgewählte Ergebnisse**

Die Freizeitangebote in den Schülerlaboren werden von Personen aller Altersgruppen intensiv angenommen. Betrachtet man exemplarisch den Landauer Experimentier(s)pass, so zeigt sich, dass pro Durchlauf (ca. 25 Veranstaltungstage, parallel zum Semester) etwa 150 Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Alter von drei bis 75 Jahren – zum Teil mehrfach – das Angebot wahrnehmen. Im Durchschnitt kommen sie 1,5 Mal zum Experimentierpass und führen fünf Experimente durch. Durch die Übersetzung der Experimentieranleitungen für verschiedene Lese- und Sprachkompetenzen konnte die sprachliche Barriere so weit abgesenkt werden, dass beispielsweise Flüchtlingskinder im Café Asyl alle Experimente durchführen können.

Eine Erhebung mittels Fragebögen unter Studierenden ergab, dass sie die strukturierte Einbindung von Schülerlaboren in fachdidaktische Lehrveranstaltungen (Planung, Erprobung, Reflexion), als gelungene Brückenfunktion zwischen schulischen Praktika und fachdidaktischen Vorlesungen ansehen. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch in den von den Studierenden erstellten Reflexionsportfolios zur Lehrveranstaltung wider.

### **Zusammenfassung**

Mit den Angeboten zum Experimentieren in der Freizeit können drei Facetten miteinander vernetzt und verzahnt werden, die sonst zumeist getrennt voneinander gefördert werden: „Bildung – Ausbildung – Forschung“. Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Angebote die Universität als Bildungsinstitution in der Region wahrgenommen wird („Bildung“), sich diese in die Ausbildung von Studierenden integrieren lassen („Ausbildung“) und sie sich beispielsweise zur Pilotierung von Materialien und Versuchsvorschriften unterschiedlichster Differenzierungsstufen eignen („Forschung“).

**Literatur**

- Frenkel, S. & Bourdin, B. (2009). Verbal, visual, and spatio-sequential short-term memory: assessment of the storage capacities of children and teenagers with Down's syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, 53 (2), 152-160
- Jones, F. W., Long, K. & Finlay, W. M. L. (2007). Symbols can improve the reading comprehension of adults with learning disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 51 (7), 545-550
- Kay-Raining Bird, E. & Chapman, R. S. (1994): Sequential recall in individuals with Down syndrome. *Journal of speech and hearing research*, 37 (6), 1369-1380
- Merzyn, G. (2008). Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen. Hohengehren: Schneider
- Nordmeier, V. (2014). Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore – Forschungsorientierte Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT- Lehrerbildung. Unveröffentlichter Antrag an die Deutsche Telekom Stiftung
- Poncelas, A. & Murphy, G. (2007). Accessible Information for People with Intellectual Disabilities: Do Symbols Really Help? *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 20 (5), 466-474
- Risch, B. & Engl, L. (2015). Landauer Experimentier(s)pass – Ein Schülerlabor öffnet seine Türen. In: D. Karpa, G. Lübbecke & B. Adam (Hrsg.), *Außerschulische Lernorte. Theorie und Praxis der Schulpädagogik*. Immenhausen: Prolog-Verlag, 80-91
- Scholz, M., Dönges, C., Dechant, C., & Endres, A. (2016). Theoretische und konzeptionelle Überlegungen zur Vermeidung von Lesebarrieren bei naturwissenschaftlichen Schülerexperimenten. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 67 (10), 454-464
- Scholz, M., Dönges, C., Risch, B. & Roth, J. (2016): Anpassung von Arbeitsmaterialien für selbstständiges Arbeiten von Schülerinnen und Schülern mit kognitiven Beeinträchtigungen in Schülerlaboren. Ein Pilotversuch. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 67 (7), 318-328
- Straßmeier, W. (2000). *Didaktik für den Unterricht mit geistigbehinderten Schülern*. München: UTB Reinhardt

### **Einfluss des Brain Types auf die Aufmerksamkeit beim Explorieren**

Die Motivation sich mit Naturwissenschaften zu beschäftigen und sich für ein Studium in dieser Fachrichtung zu entscheiden, liegt laut der Empathizing-Systemizing-Theorie (Baron-Cohen, 2009) und den nachfolgenden Studien (Billington et al., 2007; Zeyer et al., 2012, 2013) an dem so genannten Brain Type „Systemizing“. Diese Theorie besagt, dass sich alle Menschen, auch schon Vorschulkinder (Auyeung et al., 2009), unterschiedlichen Brain Types zuordnen: den „Systemisiererern“, die sich an Strukturen, bzw. den „Empathisiererern“, die sich an ihren Mitmenschen orientieren. Menschen mit dem Brain Type „Systemisierer“ sind im Allgemeinen stärker motiviert dazu als „Empathisierer“ (Zeyer et al., 2013).

Im Rahmen dieser Studie soll herausgefunden werden, welche aufmerksamkeitsbezogenen Reaktionen Empathisierer- und Systemisierer-Kinder auf unterschiedliche Zugänge bei der Auseinandersetzung mit Naturphänomenen zeigen. Dies nimmt Bezug zur Aussage von Zeyer et al., die für Empathisierer andere Zugänge zu naturwissenschaftlichem Lernen vorschlagen (ebd.).

Im ersten Teil der Studie wurden dazu auf ihren Brain Type getestete Vorschulkinder in einer eher strukturierten Lernumgebung zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung gefilmt. Im zweiten Teil wurde die Lernumgebung mit einer Rahmengeschichte eingeleitet und ließ Raum zum freien Explorieren zu einer Problemstellung.

Um beurteilen zu können, ob es Unterschiede in der Motivation der Kinder gibt, sich mit den Phänomenen auseinanderzusetzen, muss festgelegt werden, welche (Re-)Aktionen wir unter dem Begriff der Motivation zusammenfassen, da diese nicht direkt beobachtbar ist (vgl. dazu Skorsetz & Welzel-Breuer, 2016). Die folgende Definition von Motivation umfasst erste Anhaltspunkte der Handlungen, die beobachtbar sind:

*Motivation – what people are motivated to do and where they put their efforts – is expressed by their behaviors: the choices they make, energy they expend, the extent to which they persist at something, and the care and thoughtfulness that they put into their work. (Patrick et al. 2015, 8)*

Mögliche Indikatoren für die Motivation, die sich aus dieser Definition ergeben, sind die Auswahl und der unterschiedliche Umgang der Kinder mit dem verwendeten Material, die Dauer der Blickrichtungen der Kinder innerhalb der Lernumgebung und die Art der (non)verbalen Äußerungen, die die Kinder in dieser Zeit machen.

Die Forschungsfragen dazu lauten:

Welche aufmerksamkeitsbezogenen Reaktionen zeigen getestete Empathisierer- und Systemisierer-Kinder in unterschiedlichen Lernumgebungen zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung?

Zeigen die Empathisierer- und Systemisierer-Kinder unterschiedliches Verhalten bezogen auf die Aufmerksamkeit in einer eher strukturierten Lernumgebung?

Zeigen die Empathisierer- und Systemisierer-Kinder unterschiedliches Verhalten bezogen auf die Aufmerksamkeit in einer eher offenen Lernumgebung?

Wir wollen dabei vergleichen, ob es zu unterschiedlichen aufmerksamkeitsbezogenen Reaktionen zwischen den Kindern verschiedener Brain Types innerhalb einer Lernumgebung gibt. Zum anderen wollen wir prüfen, ob es Unterschiede zwischen den Kindern in den zwei unterschiedlichen Lernumgebungen gibt.

### Offene Lernumgebung und Aufmerksamkeit

Im Sinne eines Design-Based-Research Ansatzes (Collective 2003) gestalteten wir zwei verschiedene Lernumgebungen. Beide entstanden auf der Grundlage der in der Empathizing-Systemizing-Theorie beschriebenen Merkmale der Brain Types, aber auch von den in der einschlägigen Literatur beschriebenen Möglichkeiten der Gestaltung von Lernumgebungen (Beschreibung der eher strukturierten ersten Lernumgebung zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung vgl. Skorsetz & Welzel-Breuer, 2016).

Die zweite Lernumgebung, die eher offen gestaltet wurde, beschäftigt sich ebenso wie die erste mit dem Thema der Saugfähigkeit. Die Materialien (Watte, Alufolie, Babywindel, Zeitungspapier, Küchenrolle, Plastiktüte und zwei verschiedene Kindersocken) liegen auf einem Teppich am Boden aus, um den die Kinder auf Kissen sitzen können. Die Lernumgebung wird von der pädagogischen Fachkraft durch eine Rahmengeschichte eingeleitet. Der Protagonist der Geschichte, eine Ameise, die auch als Handpuppe vorhanden ist, wird zur Identifikationsfigur, die die Kinder am Ende um Hilfe bittet, weil es in ihr Haus hineingeregnet hat. Die Kinder sollen das Material bestimmen, das den Höhlenboden am besten wieder trocknet. Durch diesen Aufbau werden gleich mehrere in der Literatur beschriebene Merkmale von Empathisierern eingebunden: Tiere als Thema, fiktionale Geschichte aus der Ich-Perspektive beschrieben, mitfühlend und helfend agieren können.

Die Kinder explorieren im Anschluss an die Formulierung der Problemstellung frei mit den vorhandenen Materialien. Zum Abschluss schlagen die Kinder der Ameise die Materialien vor, die sie für geeignet halten.

### Erste Ergebnisse und Ausblick

Im Rahmen der Datenerhebung ließen wir im Frühjahr 2015 und Frühjahr 2016 Fragebögen zur Identifizierung des Brain Types von den Eltern von 112 Vorschulkindern ausfüllen. Es zeigte sich, dass die in der Literatur vorliegenden Werte - außer in den Extrembereichen - auch in der Population unserer Studie abgebildet werden (vgl. Auyeung et al. 2009).

Im gleichen Zeitraum wurden die Videoaufnahmen zur Analyse der (Re)-Aktionen bei 99 dieser Kinder erhoben. An der ersten Lernumgebung im ersten Halbjahr 2015 nahmen in 15 Settings 52 Kinder teil; in der zweiten Lernumgebung im ersten Halbjahr 2016 waren es 47 weitere Kinder in 14 Settings. Die Auswertung der Blickrichtung als Indikator für Aufmerksamkeit erfolgte bisher zur eher strukturierten Lernumgebung und zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Brain-Type-Gruppen (Skorsetz & Welzel-Breuer, 2016).

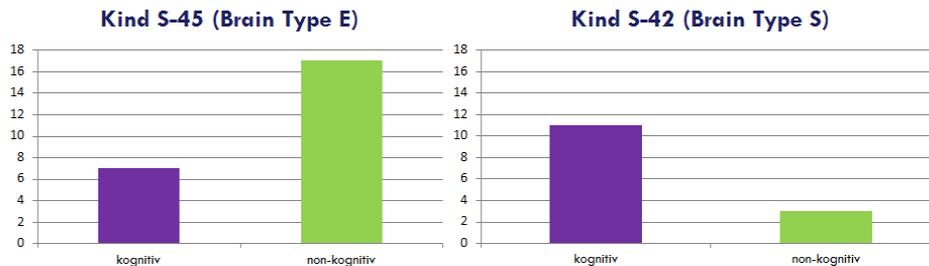
Für die tiefer gehende Auswertung der oben erwähnten Indikatoren für Aufmerksamkeit bzw. Motivation wurden so genannte Handlungsbeschreibungen, zunächst für die Abschlussphase der ersten Lernumgebung angefertigt. Induktiv entwickelten wir ein vorläufiges Kategoriensystem für die (non)verbalen Äußerungen der Kinder (s. Abb.1)

	verbal	non-verbal
kognitiv	„Weil da keine Löcher drin sind.“	Kind zeigt auf das Schälchen.
nicht-kognitiv	„Boah, ist das eklig!“	Kind lächelt.

Abb. 1: Vorläufiges Kategoriensystem zur Erfassung der (non)verbalen Äußerungen

Nach der Anwendung des Kategoriensystems auf die Handlungsbeschreibungen einiger Kinder zeigt sich (s. Abb. 2), dass je nach Brain Type unterschiedlich häufig kognitiv bzw. nicht kognitive Aussagen von den Kindern gemacht werden. Das Kind S-45 mit dem Brain Type Empathisierer trifft mehr als doppelt so viele nicht-kognitive als kognitive Aussagen.

Bei dem Systematisierer-Kind S-42 zeigt sich dieses Verhältnis umgekehrt. Wird dieses Ergebnis durch die Auswertung weiterer Kinder bestätigt, würde das unsere Hypothese untermauern, die besagt, dass sich E-Kinder im Umgang mit dem Experimentiermaterial in Lernumgebungen zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung eher emotional äußern, S-Kinder hingegen eher kognitive Aussagen machen.



**Achtung:** Angaben in absoluten Zahlen für die Phase der Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse (Dauer ca. 3 Minuten)

*Abb. 2: Beispielhafte Auswertungen der Handlungsbeschreibungen in der eher strukturierten Lernumgebung*

### Limitationen der Studie

Die Einschätzung der Brain Types der Kinder erfolgte durch Eltern, nicht durch die Kinder selbst. Weitere Merkmale der Kinder wurden dabei nicht erfasst (sozioökonomischer Hintergrund, Intelligenz, Vorwissen usw.) Das heißt, wir haben zur Auswertung nur eine begrenzte Fremdeinschätzung durch die Eltern und „Momentaufnahmen“ der Kinder durch die Videoaufnahmen, d. h. keine Längsschnittdaten.

Die Erzieherinnen vor Ort stellten Kleingruppen für die Teilnahme an den Settings aufgrund ihrer Erfahrung und Kenntnisse über die Kinder zusammen. Der Einfluss der Kleingruppenzusammensetzung kann im Rahmen dieser Studie nicht untersucht werden.

Ebenso können nur ausgewählte Aspekte von Aufmerksamkeit, die auf Motivation der Kinder schließen lassen, erhoben werden.

### Ausblick und nächste Schritte

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Hinblick auf unsere Forschungsfragen noch keine klaren Tendenzen sichtbar sind und wir zeigen können, dass Kinder mit unterschiedlichen Brain Types unterschiedliche aufmerksamkeitsbezogene (Re-) Aktionen in Lernumgebungen zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung zeigen.

Im Moment erfolgt die Analyse der Blickrichtungen der Kinder in der eher offenen Lernumgebung, so dass diese mit der bereits vorliegenden Auswertung der ersten Lernumgebung verglichen werden kann. Die Handlungsbeschreibungen für die eher offene Lernumgebung werden derzeit erstellt. Gleichzeitig erfolgt die Überarbeitung und Validierung des Kategoriensystems für die Analyse der Handlungsbeschreibungen beider Lernumgebungen.

Die Studie wird von der Klaus Tschira Stiftung ermöglicht und an der Forscherstation durchgeführt. Die Klaus Tschira Stiftung fördert Naturwissenschaften, Mathematik und Informatik und möchte zur Wertschätzung dieser Fächer beitragen.

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.

**Literatur**

- 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*, Bd. 1156, 68–80
- Billington, J., Baron-Cohen, S. & Wheelwright, S. (2007). Cognitive Style Predicts Entry into Physical Sciences and Humanities: Questionnaire and Performance Tests of Empathy and Systemizing. *Learning and individual differences*, 17 (3), 260–268
- Collective, T. D. - B. R. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5–8
- Patrick, H. & Mantzicopoulos, P. (2015). Young Children's Motivation for Learning Science. In K. Cabe Trundle & M. Saçkes (Hrsg.), *Research in Early Childhood Science Education*. Dordrecht: Springer Netherlands, 7–34
- Skorsetz, N. & Welzel-Breuer, M. (2015). Naturwissenschaftliche Lernumgebungen für Systematisierer und Empathisierer. In S. Bernholt (Hrsg.). *Heterogenität und Diversität. Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (Bd. 35), Kiel: IPN, 591–593
- 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
- Zeyer, A.; Çetin-Dindar, A., Nurulazam Md Z., Ahmad; Jurišević, M.; Devetak, I.; Odermatt, F. (2013). Systemizing: A Cross-Cultural Constant for motivation to Learn Science. In: *Journal of Research in Science Teaching* 50 (9), 1047–1067

Julia Kobbe<sup>1</sup>  
 Jenna Koenen<sup>2</sup>  
 Stefan Rumann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Humboldt-Universität zu Berlin

## **Piktoriale Literalität und ihre Bedeutung für Problemlöseprozesse**

### **Ausgangslage und theoretischer Hintergrund**

Die piktoriale Literalität (Weidenmann, 1994) von Schülerinnen und Schülern (SuS) ist ein in ihrer Bedeutung für schulische sowie alltägliche Problemstellungen bislang wenig untersuchter Gegenstand. Gerade bei der Betrachtung naturwissenschaftlicher Lehrwerke fällt auf, dass diese in großem Maße bildgestützt sind. Abbildungen sind ein wesentliches Element der didaktischen Informationsvermittlung, des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses sowie der Wissensentwicklung von SuS (vgl. Koerber, 2000; Müller, 2003; Weidenmann, 1994). Auffällig ist die hohe Vielfalt und Variabilität von Abbildungen, mit denen SuS in Schulbüchern konfrontiert werden (vgl. Boulter & Buckley, 2000; Slough, McTigue, Kim & Jennings, 2010). Die meisten schulischen Abbildungen sind dabei nicht trivial, sondern komplexe Gebilde (McTigue & Flowers, 2011).

Dieser Herausforderung steht jedoch im Schulalltag kein entsprechendes Programm entgegen, das die SuS gezielt und systematisch im Umgang mit Abbildungen fördert und ihnen einen möglichst umfassenden Einblick in die verwendeten bildlichen Symbolsysteme gibt, obwohl die Notwendigkeit einer solchen Förderung angenommen wird (z.B. Hanson, Silver & Strong, 1988, Niederhaus, 2011). Auch gibt es bisher wenig Forschung, die betrachtet, wie SuS im Umgang mit Abbildungen unterstützt werden können (Cromley et al., 2013) und welche Inhalte hierbei besonders im Fokus stehen sollten.

Bekannt ist, dass insbesondere SuS mit geringem Vorwissen Schwierigkeiten haben, relevante Informationen in Abbildungen zu identifizieren und zu verarbeiten (vgl. Brünken, Seufert & Zander, 2005; Seufert, 2003). Ohne adäquate Kenntnisse des bildlichen Symbolsystems wird durch dieses Kompetenzdefizit nur ein Bruchteil der enthaltenen Informationen extrahiert und der Abbildungsinformationsgehalt erheblich unterschätzt (McTigue & Flowers, 2011; Weidenmann, 1994). Dies hat Folgen für die Konstruktion mentaler Modelle beim Arbeiten mit Abbildungen, da hier die anforderungsabhängige Selektion von Informationen zentral ist und interne kognitive Strukturen, wie z. B. die Vorerfahrung, eine große Rolle spielen (vgl. Schnotz & Bannert, 1999; Lewalter, 1997).

Die piktoriale Literalität von SuS ist auch im Rahmen von Problemlöseprozessen von Bedeutung. Denn ein zentraler Aspekt von Problemlöseaufgaben ist die Gewinnung von Informationen die zur Lösung der Problemstellung notwendig sind (Frackmann & Tärre, 2009). Diese sind häufig in Abbildungen codiert und müssen zur Bearbeitung der Aufgabenstellung adäquat decodiert werden.

### **Zielsetzung der Studie**

Ausgehend von der dargelegten Ausgangslage und Problemstellung hat die hier vorgestellte Studie drei zentrale Ziele:

1. *Die Entwicklung und Evaluation eines Trainings zur Förderung der piktorialen Literalität von Schülerinnen und Schülern.*
2. *Die Entwicklung eines entsprechenden Tests der piktorialen Literalität zur Erfassung des Trainingserfolgs.*
3. *Die Prüfung von Transfereffekten des Trainings auf die naturwissenschaftliche und die fächerübergreifende Problemlösekompetenz.*

### Design der Studie

Es wurden zwei äquivalent aufgebaute Trainingsprogramme zur Förderung der piktorialen Literalität entwickelt, die mit fächerübergreifenden bzw. mit naturwissenschaftlichen Beispielen arbeiten. Beide richten sich an Schüler der Jgst. 9 und wurden im Prä-Post-Testdesign, mit einer zusätzlichen Kontrollgruppe, die ein zeitäquivalentes Schülerlabor absolvierte, evaluiert. (Zur ausführlichen Darstellung des Studiendesigns zum Aufbau der Trainingsprogramme siehe Kobbe, Koenen & Rumann, 2016.) Die Trainingsprogramme zur Förderung der piktorialen Literalität wurden speziell auf SuS des unteren Leistungsspektrums zugeschnitten und die Stichprobe spiegelt diese Zielgruppe wider.

Als abhängige Variablen wurden Prä und Post die piktoriale Literalität, die naturwissenschaftliche Problemlösekompetenz sowie die fächerübergreifende Problemlösekompetenz erhoben. Im Rahmen dieses Beitrags werden insbesondere Ergebnisse zu den Forschungsfragen (FF) *inwieweit sich mit Hilfe der beiden Trainingsprogramme die piktoriale Literalität von SuS der Jgst. 9 steigern lässt* (FF1) und *zum Zusammenhang der Konstrukte „piktoriale Literalität“, „naturwissenschaftliches Problemlösen“ und „fächerübergreifendes Problemlösen“* (FF2) vorgestellt.

### Ergebnisse

In Bezug auf die piktoriale Literalität (FF1) konnte eine signifikante Steigerung vom Prä-Testzeitpunkt zum Post-Testzeitpunkt im Training I (naturwissenschaftliche Beispiele;  $t(53) = 6.900$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.762$ ) und in Training II (fächerübergreifende Beispiele;  $t(40) = 4.821$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.633$ ) beobachtet werden. In der Kontrollgruppe kam es zu keiner signifikanten Steigerung ( $t(38) = 1.720$ ,  $p = .094$ ,  $d = 0.282$ ).

Um einen genaueren Einblick zu erhalten, in welchen Punkten das Training der piktorialen Literalität die SuS besonders unterstützt, wurde das Testinstrument zur Piktorialen Literalität mittels einer Faktorenanalyse genauer betrachtet und anschließend die mittleren Lernzuwächse der SuS auf den einzelnen Subskalen der Piktorialen Literalität abgebildet. Tabelle 1 zeigt diese in Abhängigkeit vom jeweiligen Treatment. Signifikante Zuwächse vom Prä- zum Post-Testzeitpunkt sind hierbei in Graustufen hinterlegt. Es ergaben sich folgende 7 Subskalen:

1. Subskala: Informationen aus Tabellen und Diagrammen entnehmen
2. Subskala: Umgang mit der Legende
3. Subskala: Diagramme beschriften (inhaltlich)
4. Subskala: Tabellenelemente beschriften
5. Subskala: Informationsentnahme und Interpretation
6. Subskala: Informationsentnahme, Beschreibung und Interpretation
7. Subskala: Achsenbeschriftung (Fachbegriffe)

		Kontrollgruppe		Training 1		Training 2	
		M	SD	M	SD	M	SD
1. Subskala	Prä	8,05	3,31	6,35	3,67	8,46	3,19
	Post	8,49	3,40	8,13	4,09	7,39	3,75
2. Subskala	Prä	5,85	2,02	6,07	1,80	6,10	2,07
	Post	5,80	2,32	6,20	1,61	5,95	1,70
3. Subskala	Prä	0,80	1,68	1,50	1,81	1,15	1,74
	Post	1,18	1,68	2,28	2,08	1,27	1,76
4. Subskala	Prä	3,18	1,17	3,20	1,23	2,93	1,54
	Post	3,21	1,45	3,61	1,14	3,95	0,22
5. Subskala	Prä	8,00	1,99	7,24	2,20	7,95	1,52
	Post	8,05	2,08	7,85	2,16	7,93	2,02
6. Subskala	Prä	3,26	1,41	3,59	1,39	3,46	1,52
	Post	3,85	2,01	4,76	1,98	4,32	1,97
7. Subskala	Prä	2,44	1,59	2,43	1,77	2,54	1,76
	Post	3,15	1,37	3,56	0,92	3,24	1,46

Tab. 1: Lernzuwächse auf den Subskalen des Tests der Piktorialen Literalität

Es zeigt sich, dass SuS insbesondere im Training I (naturwissenschaftliche Beispiele) über alle Subskalen signifikant hinzulernen (Ausnahme Subskala 2), im Training II in den Subskalen 4, 6 und 7, während in der Kontrollgruppe nur in Bezug auf die Subskala 7 eine Zunahme der Testleistung zu beobachten ist.

In der zweiten Forschungsfrage werden die Zusammenhänge der Konstrukte *piktoriale Literalität*, *naturwissenschaftliches Problemlösen* und *fächerübergreifendes Problemlösen* betrachtet. Zunächst kann festgehalten werden, dass es sowohl in Bezug auf die naturwissenschaftliche Problemlösekompetenz (*Kontrolle*:  $t(38) = 0.295$ ,  $p = .770$ ,  $d = 0.034$ ; *Training I*:  $t(52) = 2.245$ ,  $p = .029$ ,  $d = 0.294$ ; *Training II*:  $t(40) = 2.586$ ,  $p = .013$ ,  $d = 0.420$ ) als auch für die fächerübergreifende Problemlösekompetenz (*Kontrolle*:  $t(38) = 1.806$ ,  $p = .079$ ,  $d = 0.163$ ; *Training I*:  $t(53) = 3.582$ ,  $p = .001$ ,  $d = 0.486$ ; *Training II*:  $t(40) = 3.984$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.508$ ) in beiden Trainingsprogrammen zu einer signifikanten Steigerung der jeweiligen Problemlösekompetenz vom Prä- zum Post-Testzeitpunkt kam, nicht jedoch in der Kontrollgruppe.

Eine weitergehende Analyse zeigt, inwiefern die einzelnen Subskalen des Tests der piktorialen Literalität mit den beiden Tests zum fächerübergreifenden Problemlösen bzw. naturwissenschaftlichen Problemlösen korrelieren. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

	Fächerübergreifendes Problemlösen	Naturwissenschaftliches Problemlösen
PIC_SUB1	.302**	.286**
PIC_SUB2	.223**	.227**
PIC_SUB3	.254**	.202*
PIC_SUB4	.191*	.211*
PIC_SUB5	.422**	.270**
PIC_SUB6	.509**	.347**
PIC_SUB7	.147	.107
Fächerübergreifendes Problemlösen	1	.536**
Naturwissenschaftliches Problemlösen		1

Tab. 2: Korrelationen

Es zeigt sich eine positive Korrelation aller Subskalen des Tests der piktorialen Literalität sowohl mit dem fächerübergreifenden Problemlösen als auch dem naturwissenschaftlichen Problemlösen (Ausnahme: Achsenbeschriftung). Mittlere Korrelationen zeigen sich für das fächerübergreifende Problemlösen insbesondere auf den Subskalen 1, 5 und 6, eine Tendenz, die sich, trotz niedrigerer Korrelationen, ebenfalls beim naturwissenschaftlichen Problemlösen abzeichnet. Darüber hinaus korrelieren beide Problemlösearten deutlich miteinander.

### Diskussion

Im Rahmen dieser Untersuchung werden die Veränderungen der piktorialen Literalität der SuS nach Durchlaufen der jeweiligen Trainingsprogramme betrachtet. Als zentrales Ergebnis lässt sich festhalten, dass sich beide Programme zur Steigerung der piktorialen Literalität von SuS des unteren Leistungsspektrums eignen, mit großen Effekten beim Einsatz von naturwissenschaftlichen Beispielen im Training und mittleren Effekten mit fächerübergreifenden Beispielen. Verbesserungen zeigen sich beim Umgang mit Tabellen, Achsendiagrammen sowie bei der Informationsentnahme, Beschreibung und Interpretation. Gerade die Subskalen, in denen es um die Informationsentnahme aus Abbildungen und die Beschreibung und Interpretation von Daten geht, zeigen auch die höchsten Korrelationen mit Problemlöseaufgaben aus beiden Bereichen. Sie bilden gleichzeitig einen essentiellen Schritt im Rahmen von Problemlöseprozessen ab. Da das Training der piktorialen Literalität tatsächlich zu einer gesteigerten Problemlösefähigkeit der SuS führt, wird dies als Hinweis auf die Bedeutung guter Grundkenntnisse im Umgang mit Abbildungen für die Problemlösekompetenz von SuS interpretiert und die Notwendigkeit, gerade leistungsschwache SuS dahingehend zu fördern.

**Literatur**

- Brünken, R., Seufert, T. & Zander, S. (2005). Förderung der Kohärenzbildung beim Lernen mit multiplen Repräsentationen. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 19 (1), 61-75.
- Boulter, C.J. & Buckley, B.C. (2000). Constructing a Typology of Models for Science Education. In J.K. Gilbert & C.J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education*. Dordrecht:Kluwer, 41-47
- 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.
- Frackmann, M. & Tärre, M. (2009). *Lernen und Problemlösen in der beruflichen Bildung*, Medienhandbuch. Bielefeld: Bertelsmann, W.
- Hanson, J.R., Silver, H.F., & Strong, R.W. (1988). Learning styles and visual literacy: Connections and actions. In R. A. Braden, D. G. Beauchamp, & L. Miller (Eds.), *Visual Literacy in Life and Learning*. Blacksburg: Virginia Tech University
- Kobbe, J., Koenen, J. & Rumann, S. (2016). Piktoriale Literalität und Problemlösen: Evaluation eines Trainings. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. Universität Regensburg, 299-301
- Koerber, S. (2000). *Der Einfluss externer Repräsentationsformen auf proportionales Denken im Grundschulalter* Berlin. Technische Universität Berlin
- Lewalter, D. (1997). *Lernen mit Bildern und Animationen*. Münster: Waxmann
- 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.
- Müller, M.G. (2003). *Grundlagen der visuellen Kommunikation*. Konstanz:UVK Verlagsgesellschaft mbH
- Niederhaus, C. (2011). *Zur Förderung des Verstehens logischer Bilder in mehrsprachigen Lernergruppen*. Universität Duisburg-Essen
- Schnotz, W. & Bannert, M. (1999). Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Text- und Bildverstehen. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, 46 (3), 217-236.
- Seufert, T. (2003). Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit multiplen Repräsentationen. In: Sachs-Hombach, Klaus (Hrsg.), *Was ist Bildkompetenz. Studien zur Bildwissenschaft*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, 117-129.
- Slough, S. W., McTigue, E. M., Kim, S. & Jennings, S. K. (2010). Science Textbooks' Use of Graphical Representation: A Descriptive Analysis of Four Sixth Grade Science Texts. *Reading Psychology*, 31 (3), 301-325
- Weidenmann, B. (1994). *Lernen mit Bildmedien, Psychologische und didaktische Grundlagen*. (2. Aufl.) Beltz Weiterbildung: Bd.1. Weinheim, Basel: Beltz.

## Schülerlabore für die MINT-Bildung – Bestand und Perspektiven

### Einleitung

Die Beforschung des außerschulischen Lernorts Schülerlabor ist in den letzten Jahren immer mehr in den Fokus der Fachdidaktiken gerückt, wie an den vielfältigen Beiträgen in Form von Postersessions, Einzelbeiträgen und diesem Symposium auf der Jahrestagung der GDGP 2016 zu erkennen war. Die im Folgenden vorgestellten Symposiumsbeiträge geben einen Überblick über die Wirkungen unterschiedlicher MINT-Lernlabore. Nach einem Überblicksbeitrag zur Wirkforschung an Schülerlaboren, ergänzt durch die aktuell abgeschlossene *WiSS*-Schülerlaborstudie, werden in drei weiteren Einzelbeiträgen Forschungsarbeiten detailliert dargestellt und diskutiert. Abschließend wird ein Ausblick auf weitere Forschungsdesiderate gegeben.

Im **ersten Beitrag** (Nickolaus/Mokhonko) wurde überblicksartig ein kritisches Zwischenfazit zu vorhandenen Schülerlaborwirkstudien gezogen. Berücksichtigt wurden schwerpunktmäßig Studien, die längsschnittlich mit einer Kontrollgruppe und Follow-Up-Testung gearbeitet haben. Ob zeitlich längerfristig angelegte Schülerlaborbesuche wirksam sind, war hierbei eine zentrale Frage, der nachgegangen wurde. Diese erwies sich bisweilen als zweckmäßig, nachhaltige Effekte scheinen damit hingegen nur teilweise möglich. Soweit Effekte im Allgemeinen erzielt wurden, sind diese gering und meist im Bereich des aktuellen Interesses dokumentiert, Effekte im Bereich des Fachinteresses lassen sich größtenteils nicht nachweisen.

An dieser Stelle sei auf die mittlerweile vorliegenden Befunde der groß angelegten randomisierten *WiSS*-Studie (Wirksamkeit Schülerlabor-Schule; Itzek-Greulich et al. 2014), bezüglich der erfassten Variablen „Lernleistung“ und „Motivation“ der befragten Schüler, hingewiesen. Die Ergebnisse zeigen, dass der Lernort selbst keine entscheidende Auswirkung auf den Lernerfolg hatte. Die Leistungen der Experimentalgruppen [Schülerlabor, Einbindung (Schülerlabor kombiniert mit Schulunterricht); Schulunterricht] unterschieden sich nicht signifikant. Auch die Lernemotionen und das wahrgenommene Kompetenzerleben waren lernortunabhängig positiver als in der Kontrollgruppe (siehe u.a. Itzek-Greulich et al. 2016a; Itzek-Greulich et al. 2016b). Allerdings lernten alle drei Gruppen mehr als diejenigen Klassen, bei denen die Unterrichtseinheit „Starke Stärke“ (Kontrollgruppe) nicht durchgeführt wurde (siehe Itzek-Greulich et al. 2015). Unterschiede zwischen den drei Experimentalgruppen wurden jedoch im Hinblick auf die Motivation festgestellt. Praktisch orientierter Unterricht weckte sowohl im Schülerlabor als auch in der Schule die Neugier der Jugendlichen und regte sie zum selbstständigen Entdecken an. Die Ergebnisse deuten aber darauf hin, dass ein Besuch im Schülerlabor insbesondere die Motivation auch nachhaltiger fördern kann als der Schulunterricht allein (Itzek-Greulich et al. 2016b). Außerdem zeigte eine weitere Analyse, dass der Schulunterricht in Teilfacetten der Wissensvermittlung längerfristiger erfolgreicher ist als das Schülerlabor (Itzek-Greulich et al. 2016b). In Zusammenhang mit der MINT-Förderung könnten Schülerlabore demzufolge bei durchdachter und zeitlich abgestimmter Einbindung in den Schulunterricht helfen, Entscheidungen von Jugendlichen zugunsten der naturwissenschaftlichen Fächer zu beeinflussen.

Der **zweite Beitrag** des Symposiums (Bohnhardt/Pawek/Priemer) stellte eine laufende Studie, Papier-Bleistift-Test im Pre-Post-Follow-Up-Design, an den DLR\_School\_Labs des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt DLR vor. Es wird der Einfluss eines

Schülerlaborbesuchs auf die Wahl von Physik als Unterrichtsfach bei Schülerinnen sowie Schülern der Sekundarstufe I und damit die Vorstufe zur Berufs- bzw. Studienwahl untersucht.

Der **dritte Beitrag** (Huwer/Brünken/Hempelmann) thematisiert eine Studie mit einem Wartekontrollgruppendesign aus dem Bereich der MINT-Umweltbildung. Es wurde mittels Fragebögen untersucht, ob ein selbst entwickeltes, mobiles Schülerlabor-on-Tour Konzept hinsichtlich kognitiver Schülerleistungen und Motivation eine sinnvolle Ergänzung für den Naturwissenschaftsunterricht der Klassenstufen 5 und 6 darstellt. Im Ergebnis hatte die Treatmentgruppe signifikant stärkere Lerneffekte als die Kontrollgruppe, jedoch nicht im Follow-Up; auch die Motivation steigerte sich in der Treatmentgruppe signifikant.

Anknüpfend an Ergebnisse, die auf der GDCP 2014 vorgestellt wurden und Erwartungen an bzw. Bewertungen von einem Schülerlaborbesuch seitens der Schülerinnen und Schüler thematisierten (Schwarzer und Parchmann 2015), wurde **im vierten Beitrag** (Stamer/Schwarzer/Parchmann) des Symposiums eine daran anknüpfende Folgestudie sowie erste Ergebnisse der Pilotierung vorgestellt. Die Untersuchung fokussiert auf die authentische Wahrnehmung von Naturwissenschaften innerhalb des Schülerlaborangebots *klick!* der Kieler Forschungswerkstatt. Eingebettet in die Laborstationen werden eigens angefertigte Video-Podcasts mit Nature of Scientist (NoSt)- Aspekten, die nach RIASEC+N Dimensionen eingeteilt sind, eingesetzt. Mittels Fragebogen und Lernbegleitbögen wird die mögliche Förderung der Authentizität erhoben.

### **Perspektiven**

Obwohl sich Schülerlabore mittlerweile als außerschulische Lernorte bundesweit etabliert haben (Bundesweite Übersicht siehe: LernortLabor 2015) bleibt weiterhin aufgrund der heterogenen Begleitforschung, siehe detaillierter Darstellung im Einzelbeitrag innerhalb dieses Symposiums von Nickolaus & Mokhonko (eingereicht), die Frage der Wirksamkeit (kognitiv/motivational) offen. Dies bedeutet für zukünftige Forschungsvorhaben auf Schülerenebene vor allem die Betrachtung verschiedener Facetten, wie bspw. Persönlichkeitsmerkmale, wahrgenommene Labormerkmale, Interesse und Selbstkonzept (siehe Euler et al. 2015, S. 766). Demzufolge könnte das Potenzial der Schülerlaborangebote im Hinblick auf Ziele der Lehrerbildung [das Erreichen einer professionsorientierte Verbindung zwischen Theorie und Praxis (siehe: KMK 2014) weiter ausgebaut und eingehender beforscht werden. Lehramtsstudierende können auf die Praxisanforderungen der zweiten Phase und der Schule in angemessener Weise berufs- und wissenschaftsbezogen in Lehr-Lernlaboren in Mircoteaching-Situationen vorbereitet werden. Hierbei können sowohl analytisch-konzeptionelle als auch praktisch-reflexive Fähigkeiten erworben werden, um eine Auseinandersetzung mit Theorieansätzen, Praxisphänomenen und Gegebenheiten, die Entwicklung der eigenen Lehrerpersönlichkeit und eine reflektierte Hinführung in das Unterrichten in konstruktiv-kritischer Weise zu ermöglichen. Ein konkretes Beispiel dafür ist das "Hochschulprogramm für bessere MINT-Lehrerbildung" der Deutschen Telekom Stiftung. In einem Verbund von Schülerlaboren wird der Frage nachgegangen, wie Lehr-Lern-Labore weiterzuentwickeln sind und curricular optimal in das Lehramtsstudium eingebunden werden können, so dass frühzeitig Erfahrung im praktischen Unterrichten gesammelt wird (Parchmann et al., 2016; Priemer et al., 2016).

### **MINT-Schülerlabore als komplexitätsreduziertes Lehr-Lernkonzepte**

Wenn es darum geht, den Praxisbezug bereits früh und theoriebezogen herzustellen, können Schülerlabore in Form von Lehr-Lernlaboren (Schülerlaborkategorisierung siehe: Haupt et al. 2013) weiter ausgebaut werden und eine wichtige Rolle bei der Ausbildung angehender Lehrkräfte übernehmen (Fischer et al. 2014). Somit könnten Lehr-Lernlabore den Studierenden den Raum für die Entwicklung von professionellem Selbstkonzept und Handlungsprofessionalität (vgl. Kunter et al. 2011) bieten. Analog dem etablierten

Umsetzungsmodell nach Elsholz et al. (2015) können die Lehramtsstudierenden in der Seminarzeit Experimentierstationen und Begleitmaterialien erstellen und die Planung der Schulklassenbesuche im Unterrichtslabor vorbereiten. Schülerlabore als Lernort für Lehramtsstudierende bieten eine „geschützte“, gut vorzubereitende Umgebung zur Erprobung von Unterrichtssequenzen und -konzepten. Sie ermöglichen zusätzliche Freiheitsgrade bei der Unterrichtsthemen-, Materialien- und Methodenauswahl. Lehramtsstudierende können vor Ort (an ihrer Universität oder Hochschule) in der Ihnen bekannten Umgebung unterrichten und Schülerinnen und Schüler zum naturwissenschaftlichen Arbeiten anleiten. Eine ökonomische Gestaltung der individuellen und kollegialen Beratung in den Praxisphasen könnte durch die Analyse von Unterrichtsminiaturen (Korneck et al. 2015) erfolgen.

#### **Wirksamkeit von MINT-Lehr-Lernlaboren – ein Forschungsfeld mit Potenzial?**

*Für Lehramtsstudierende:* Projektbeispiele finden sich z.B. in in Entwicklungs- und Forschungsverbänden deren Ziel es ist, Praxisphasen im Lehr-Lern-Labor in der Lehramtsausbildung zu verankern (s. unter Perspektiven oben, u.a. Deutsche Telekom Stiftung 2013; Mansholt und Komorek 2015) und am „Praxisseminar Smart Grid“ (Korfsta et al. 2015). Eine geplante Studie von Simon und Pospiech (2016), wird der Frage nach dem Einfluss der Betreuer auf die Wirksamkeit (Interesse, Selbstwirksamkeitserwartungen, Psychologische Grundbedürfnisse und Berufsorientierung der beteiligten Schülerinnen und Schüler und das Image von Naturwissenschaften (Physik) von Schülerlaboren eingehender untersuchen. Zum derzeitigen Stand liegen hier Instrumente und Kodiermanuale vor. Die Studie von Treisch und Trefzger (2016) beschäftigt sich bereits mit der Frage, inwieweit sich die Professionelle Unterrichtswahrnehmung von Studierenden, bei wiederholter Betreuung von Schülerinnen und Schülern an Experimentierstationen, in einem Microteaching-Setting im Rahmen des Lehr-Lern-Labors an der Universität Würzburg weiterentwickelt. Gerade aufgrund der gut kontrollierbaren Lehr-Lern-Situationen, bei gleichzeitig hoher ökologischer Validität, sind Unterrichtslabore im MINT-Bereich ein interessantes Forschungsfeld, um die Effektivität der Lehrerbildung zu untersuchen. Von daher wäre ein weiterer Ausbau von Microteaching und deren Begleitforschung gerade in Verbindung mit der Ausbildung von angehenden Lehrpersonen in Schülerlaboren wünschenswert.

*Für Schülerinnen und Schüler:* Sinnvoll wären Forschungsprogramme welche Faktoren untersuchen, die im Regelunterricht den negativen Entwicklungen im Bereich der Interessen der Jugendlichen bezüglich der Berufsorientierung bestimmen könnten. Wichtig wäre demzufolge auch, neben den bereits in verschiedenen Studien erfassten Interessen auch unter dem Fokus der möglichen Berufswahl, die außerfachlichen bzw. fachübergreifenden Kompetenzen zu adressieren. Dabei sind die Kompetenzen gemeint, die über die fachlichen Fähigkeiten hinaus gehen und somit themenunabhängig, mit austauschbaren fachlichen Inhalten, gerade auch innerhalb von Forschungsverbänden bspw. an verschiedenen Schülerlaborstandorten, erfasst werden könnten.

**Literatur**

- Deutsche Telekom Stiftung (Hrsg.) (2013). Neue Konzepte für die MINT-Lehrerbildung. Lünen: Druckerei Schmidt.
- Elsholz, M., Fried, S., Trefzger, T., & Treisch, F. (2015). Professionalisierung durch Praxisbezug im Lehr-Lern-labor M!ND. *LeLa magazin* (13), 4–7.
- Euler, M., Schüttler, T., & Hausmann, D. (2015). Schülerlabore: Lernen durch Forschen und Entwickeln. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch: Physikdidaktik*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 759–782
- Fischer, A., Höfle, C., Jahnke-Klein, S., Kiper, H., Komorek, M., Michaelis, J., Niesel, V., & Sjuts, J. (Hrsg.) (2014). *Diagnostik für lernwirksamen Unterricht* (1. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht*, 66, 324–330.
- Itzek-Greulich, H., Blankenburg, J. S., & Schwarzer, S. (2016a). Aktuelle Untersuchungen und Wirkungen von Schülerlaboren – Vor- und Nachbereitung als Verknüpfung von Schülerlaborbesuchen und Schulunterricht. *LeLa magazin* (14), 5–7.
- 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 (Hrsg.), *10th Conference of the European Science Education Research Association, Proceedings*, 97–106.
- Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M., & Trautwein, U. (2015). Effects of a science center outreach lab on school students' achievement – Are student lab visits needed when they teach what students can learn at school? *Learning and Instruction*, 38, 43–52.
- Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M., & Trautwein, U. (2016b). Effectiveness of Lab-Work Learning Environments In and Out of School. A Cluster Randomized Study. *Contemporary Educational Psychology*.
- KMK (Hrsg.) (2014). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der KMK. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 12.06.2014. Bonn.
- Korneck, F., Oettinghaus, L., & Kunter, M. (2015). Projekt Factio Analyse von Unterrichtshandeln in komplexitätsreduziertem Physikunterricht. Vortrag GDPC Schwerpunkttagung. Halle.
- Korfta, Helen; Nordmeier, Volkhard; Buchholz, Malte; Schulte, Carsten (2015): BNE-Lehramtsausbildung im Schülerlabor: ein Projekt stellt sich vor. In: Sascha Bernholt (Hg.): *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. GDPC-Jahrestagung. Bremen, 15.-18. September 2014. Berlin: LIT, 495–497
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (Hrsg.) (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften- Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.
- LernortLabor (Hrsg.) (2015). *Schülerlabor-Atlas 2015: Schülerlabore im deutschsprachigen Raum*. Stuttgart: Klett MINT.
- Mansholt, M., & Komorek, M. (2015). Adaptive Planungs- und Diagnoseprozesse im Lehr-Lern-Labor. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Berlin: LIT, 289–291
- Nickolaus, R.; Mokhonko, S. (eingereicht). Nachhaltige Effekte in Schülerlaboren. Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. In: Maurer, C. (Hg) *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Berlin: LIT. XX-XX
- Parchmann, I.; Sorge, S.; Neumann, K.; Neumann, I.; Schwanewedel, J. (2016). Fachdidaktisches Lernen im Schülerlabor - besondere Lerngelegenheiten? Poster auf der GDPC-Jahrestagung, Zürich 06.09.2016.
- Priemer, B.; Weusmann, B.; Sorge, S. & Neumann, I. (2016). Lehre in Lehr-Lern- Laboren und Selbstwirksamkeitserwartungen. Poster auf der GDPC-Jahrestagung, Zürich 06.09.2016
- Schwarzer, S., & Parchmann, I. (2015). Erwartungen von Schülern und Wissenschaftlern an Schülerlaborbesuche. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Berlin: LIT, 232–234
- Simon, F. & Pospiech, G. (2016). Der Einfluss des Betreuers auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren. Poster auf der GDPC-Jahrestagung, Zürich 06.09.2016.
- Treisch, F. & Trefzger, T. (2016). Die Professionelle Unterrichtswahrnehmung im Lehr-Lern-Labor. Vortrag auf der GDPC-Jahrestagung, Zürich 06.09.2016

### Nachhaltige Effekte in Schülerlaboren?

**Ausgangssituation und Fragestellung:** In den bildungspolitischen Debatten wird unterstellt, in den Bereichen der Naturwissenschaften und der Technik bestehe ein Mangel an Interessenten, der angesichts steigender Bedarfe zu Engpässen im Beschäftigungssystem führe (IW 2012; Wolter u.a. 2014). Die Prognoseergebnisse sind allerdings nicht konsistent, z.T. wird unterstellt, es käme vor allem zu einem Mismatch (BA 2011) bzw. sektoral könne der Fachkräftebedarf (im mittleren Qualifikationssegment) nicht gedeckt werden (Helmerich u.a. 2012). Bezogen auf die naturwissenschaftlichen Interessenausprägungen wird im Anschluss an die PISA Studien für Deutschland ein unterdurchschnittliches Interesse an Naturwissenschaften und naturwissenschaftlichen Berufsoptionen diagnostiziert, das insbesondere bei Frauen besonders gering ausfällt (Prenzel, Schütte & Walter 2007). Hinzu kommt, dass die Geschlechterdifferenz für das naturwissenschaftsbezogene Fähigkeitsselbstkonzept größer ist als für die naturwissenschaftsbezogene Kompetenz ( $d=0.38$  vs.  $d=0.07$ ) (ebd.). Vor diesem Hintergrund entstanden seit den 90er Jahren vielfältige außerschulische Förderangebote. Die Angebote unterscheiden sich zum Teil relativ stark in den konzeptionellen Zuschnitten und den Zielgruppen, gemeinsam ist Ihnen das Bemühen, die naturwissenschaftlichen und technischen Interessen, Selbstkonzepte und Berufswahlentscheidungen positiv zu stimulieren. Obgleich inzwischen kritisch ausfallende Evaluationsergebnisse einschlägiger Maßnahmen vorliegen, scheint die Bereitschaft der Förderer solche außerschulischen Maßnahmen zu finanzieren noch nicht substantiell abzusinken, das Bedürfnis einer systematischen Qualitätssicherung ist jedoch bei den Geldgebern und im politischen Raum gestiegen. Hilfreich scheint für die weiteren Entwicklungen eine Vergewisserung, was beim gegenwärtigen Forschungsstand zur nachhaltigen Wirksamkeit der Schülerlabore ausgesagt werden kann.

**Methode:** Berücksichtigt werden bei der Sichtung von Aussagemöglichkeiten längsschnittliche Studien. Eine Metastudie (acatech 2011) bleibt unberücksichtigt, da es im Rahmen der Studie aufgrund unbefriedigender Dokumentationsqualitäten der Basisstudien nicht möglich war, systematisch übergreifende Analysen durchzuführen. Einbezogen werden zwei Studien, die schulische Ergänzungsangebote bzw. besondere schulische Lernsettings über einen längeren Zeitraum einer Analyse unterzogen, da im Diskurs zu den Effekten der außerschulischen Laborangebote immer wieder positive Effekte einer engeren Verknüpfung außerschulische Angebote mit dem Unterricht erwartet werden.

#### Ergebnisse im Überblick:

**Engeln 2004:** *Anlage:* Einbezug von fünf Laboren in Chemie/Physik, einmaliger Besuch, Variablen: AV: aktuelles Interesse, Fach-/Sachinteresse, Selbstkonzept, UV u.a. Geschlecht, Q-Merkmale; N=265, K-Stufe 9/10, zwei Messzeitpunkte (am Laborende, ein Follow-Up, keine KG. *Ergebnisse:* Zwischen den Messungen zeigen sich signifikante Änderungen in einzelnen Interessenkomponenten. Da auf eine Eingangsmessung zu Beginn des Labors verzichtet wurde fällt es schwer, die Änderungen im Interventionskontext zu interpretieren.

**Brandt 2005:** *Anlage:* Einbezug eines Chemielabors, einmaliger Besuch, Variablen: AV: Selbstkonzept, Geschlechtsstereotype, Sach-, Freizeit- und Berufsinteresse, Bedeutsamkeit; Freude am Schulfach, UV: u.a. Alter, Geschlecht, Schulerfahrung., Schultyp, Migrationshintergrund., Gruppenkomposition. N=494 (272, 222), K-Stufe 7/8, drei

Messzeitpunkte (Beginn, Ende des Labors und Follow-Up), Einbezug einer KG. *Ergebnisse*: Positive Effekte der Maßnahmen für Selbstkonzept, intrinsische Motivation, Berufsinteresse; keine Effekte bei Sachinteresse, gegenüber KG aber Verlangsamung der Regression. Effekte nicht nachhaltig mit Ausnahme Berufsinteresse. Wie in anderen Studien erfolgt eine positive Beurteilung der Maßnahmen. Effektstärken werden nicht berichtet; Ergebnisse eigener Berechnungen zum Berufsinteresse:  $d_{t1,2}=0.32$ ;  $d_{t1,3}=0.20$ , d.h., die Effektstärke fällt über die Zeit ab, so dass Zweifel bestehen, ob die Effekte längerfristig signifikant bleiben.

**Glowinski 2007:** *Anlage*: Einbezug von zwei Biologielaboren, einmaliger Besuch, Variablen: AV: Aktualisiertes Interesse, Selbstkonzepte, UV: Labormerkmale, Q-Merkmale, Einbindung in den Unterricht, N=378, Oberstufe Gym., zwei Messzeitpunkte (Ende der Maßnahmen und Follow-Up), keine KG, N=378. *Ergebnisse*: Einbindung in den Unterricht korreliert positiv mit aktualisiertem Interesse. In der Follow-Up Befragung sinken individuelles und aktualisiertes Interesse, das aktuelle Interesse an authentischer Lernumgebung bleibt stabil. Der Verzicht auf eine Eingangsmessung lässt streng genommen keine Effektaussagen zu. Im Diskurs gaben diese Ergebnisse Anlass, die Annahme positiver Effekte einer schulischen Einbindung der Laborangebote zu stützen.

**Guderian 2007:** *Anlage*: Einbezug eines Physiklabors, dreimaliger Besuch, Variablen: AV: aktuelles Interesse, Sachinteresse; UV: Einbindung in den Unterricht (U); Anzahl der Laborversuche, K-Stufe (5, 8), N=46/37; bis zu sechs Messzeitpunkte. *Ergebnisse*: K-Stufe 5: Es gelingt das aktuelle Interesse zu stimulieren, der Effekt ist nicht stabil; K-Stufe 8: Es gelingt das aktuelle Interesse zu stabilisieren, sofern die Labore in den U. eingebunden sind. Es ergeben sich keine Änderungen des Sachinteresses in beiden Klassenstufen.

**Pawek 2009:** *Anlage*: Einbezug von vier Physiklaboren, einmaliger Durchlauf, Variablen: AV: aktuelles Interesse, Sachinteresse, Selbstkonzepte; UV: Labormerkmale, Einbindung in den U., Fach-, Sachinteresse und Selbstkonzepte. Klassenstufen 9-13, überwiegend Gym., N= 734, drei Messzeitpunkte (Beginn, Ende der Maßnahme sowie Follow-Up); keine KG. *Ergebnisse*: Geringer, aber stabiler Effekt auf das Fähigkeitsselbstkonzept, mit deutlicher Regressionstendenz. Kein Effekt bezogen auf das Sachinteresse. Positiver Effekt auf das aktuelle Interesse mit deutlicher Regression in der Follow-Up Befragung. Die Laborbedingungen haben hohe Erklärungskraft für das aktuelle Interesse.

**Weßnigk 2013:** *Anlage*: Einbezug von Laboren zu Physik/Chemie; einmaliger Durchlauf, Variablen: AV: Selbstkonzept, berufl. Orientierung, Image Physik/Chemie; UV: Fach-/Sachinteresse, U-Merkmale, Laborerleben; versch. Teams; N=734; Klassenstufe 10/11; drei Messzeitpunkte. *Ergebnisse*: Positive Effekte bezogen auf das Image von Physik und Chemie als Unterrichtsfach und als Wissenschaft sowie das Selbstkonzept und die Berufsorientierung. Stabile (schwache) Effekte für Berufsorientierung ( $d=0.2$ ) und das Selbstkonzept (Physik) bei Mädchen ( $d=0.1$ ) sowie für das Image von Physik. Es zeigen sich z.T. Unterschiede in Abhängigkeit von Teamzugehörigkeiten, die aber z.T. mit Geschlechtszugehörigkeit konfundiert sind. Es zeigen sich Regressionen zwischen  $t_2$  und  $t_3$ .

**Nickolaus, Mokhonko, Windaus 2012:** *Anlage*: Einbezug von fünf Laboren aus Physik, Chemie und Technik sowie Camps, 1-4 Durchläufe, Variablen: AV: Fachinteresse, berufl. Interessen, Selbstkonzepte, Berufsvorhaben; UV: Labormerkmale, Q-Merkmale, Geschlecht, Dauer, Standort, Alter; drei Messzeitpunkte, N ca. 2000; Klassenstufen 7-10; KG N ca. 300. *Ergebnisse*: Schwache, jedoch keine stabilen Effekte im Bereich der Interessen und Selbstkonzepte. Auch mehrmalige Durchläufe haben keine nachhaltigen Effekten. Die Effekte in den besonders erlebnisintensiven Camps sind etwas größer und treten bei mehr

Konstrukten auf. Es zeigen sich eher Effekte im Realschulbereich als bei Gymnasien. Bei älteren Probanden zeigen sich kaum Effekte.

**Streller 2015:** *Anlage:* Einbezug eines Physiklabors, einmaliger Durchlauf, Variablen: AV: situationales Interesse, Naturw. Interesse, Selbstkonzept, UV: Labormerkmale, Geschlecht, Alter, Vor- und Nachbereitung der Labore. *Ergebnisse:* Die Vor- und Nachbereitung hat positive Effekte für das situationale Interesse. Zwischen Posttest und Follow-Up sind in der Experimentalgruppe Regressionen beobachtbar (kein nachhaltiger Effekt). Das Selbstkonzept ist weitgehend stabil. In der EG zeigt sich eine signifikante Regression zwischen Posttest und Follow-Up. Keine nachhaltigen Effekte für das individuelle naturwissenschaftliche Interesse und das Berufsinteresse.

**Sumfleth, Henke 2011:** *Anlage:* U. in Naturwissenschaft/Chemie wird 2,5 Jahre an einem Forschungsinstitut erteilt. EG und parallelisierte KG, N je 19. Variablen: AV: Experimentelle Fähigkeiten, chem. Fachwissen, Interesse; UV: Unterricht in F-Institut vs. Schule. *Ergebnisse:* Besonders interessierte SchülerInnen, die über 2,5 Jahre U. an einem Wissenschaftlichen Institut erhielten, zeigten eine signifikant bessere Leistungsentwicklung, jedoch keine signifikanten Unterschiede bezogen auf das Fachinteresse, Selbstkonzept, Motivation und berufliche Interessen.

**Schütte, Köller 2015:** *Anlage:* Vergleich einer Gruppe, die an schulischen Wahlangeboten im Bereich der NW und Technik partizipierten mit einer Gruppe, die am regulären Unterricht teilnahm. Teilnahmedauer zwischen 1 und 2 Jahren. Variablen: AV: NW Interesse, berufliche Orientierung; Selbstkonzept; UV: Teilhabe an Wahlangeboten; K-Stufe 8 und 11 am Gym., zwei Messzeitpunkte. N= 320 (92, 228). *Ergebnisse:* Man erreicht mit dem Zusatzangebot vor allem die stärker Interessierten. Kein Effekt für berufliche Interessen.

**Fazit:** Soweit Effekte erzielt werden, sind diese gering und meist im Bereich des aktuellen Interesses dokumentiert, Effekte im Bereich des Fachinteresses lassen sich i.d.R. nicht nachweisen. Im Bereich der Selbstkonzepte erzielte Effekte sind nicht nachhaltig. Die Einbindung der außerschulischen Maßnahmen in den Unterricht erweist sich verschiedentlich als vorteilhaft, nachhaltige Effekte scheinen damit jedoch auch nicht oder nur eingeschränkt erreichbar. Gleiches gilt für berufliche Interessen. Gemeinsam ist allen Evaluationsstudien eine positive Beurteilung der Laborangebote durch die Jugendlichen. Die im schulischen Bereich über längere Zeiträume durchgeführten Studien, die durch besonders anregende Lernumgebungen gekennzeichnet waren, dokumentieren zwar positive Effekte im Bereich der Kompetenzentwicklung, nicht jedoch im Bereich der Interessen und der Berufsorientierungen. Vor diesem Hintergrund ist es zweifelhaft, dass außerschulische Laborangebote in Verbindung mit dem Unterricht in einer längerfristigen Perspektive tatsächlich im Bereich der Interessen und Berufsorientierungen nachhaltige Effekte erzielen. Zweifelhaft sind ebenso nachhaltige Effekte modifizierter Settings. Deutlich leichter dürften nach den vorliegenden Ergebnissen Effekte im Bereich der Kompetenzentwicklung zu erzielen sein. Generell stellt sich angesichts der Befundlage die Frage, ob die umfangreichen Mittel, die in dieses Segment investiert werden, an anderer Stelle nicht effektiver eingebracht werden könnten. Denkbar wäre z.B. ein Forschungsprogramm, in dem ausgelotet wird, ob und unter welchen Bedingungen im Regelunterricht negative Entwicklungen begrenzt bzw. positive Entwicklungen stimuliert werden können. Dabei wären neben Interessen und Berufsorientierungen auch Kompetenzentwicklungen in den Blick zu nehmen, denn eine naturwissenschaftlich-technisch gebildete Bevölkerung dürfte für ein Land wie Deutschland generell von Vorteil sein.

**Literatur**

- Acatech (2011). Monitoring von Motivationskonzepten für den Technischnachwuchs (MoMoTech). acatech berichtet und empfiehlt – Nr. 5. Berlin/Heidelberg: Springer
- BA Bundesagentur für Arbeit (2011). Perspektive 2025: Fachkräfte für Deutschland. Nürnberg
- Brandt, A. (2005). Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors. Göttingen: Cuvillier Verlag
- Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos
- Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen, Universität Kiel. Zugriff am 25.11.2014. Verfügbar unter [http://eldiss.uni-kiel.de/macau/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation\\_derivate\\_00002259/diss\\_gesamt10\\_15bibexp.pdf?host=&o](http://eldiss.uni-kiel.de/macau/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00002259/diss_gesamt10_15bibexp.pdf?host=&o)
- Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte – Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik, Humboldt-Universität zu Berlin. Zugriff am 25.11.2014. Verfügbar unter <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/guderian-pascal-2007-02-12/PDF/guderian.pdf>
- Helmerich, R., Zika, G.; Kalinowski, M. & Wolter, A (2012). Geändertes Bildungs- und Erwerbsverhalten mildert Fachkräftemangel. BIBB Report 18/12, Bonn 2012
- IW (2012). Institut der Deutschen Wirtschaft: MINT-Herbstreport 2012. Berufliche Qualifikationen stärken. Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall. Köln 2012
- Nickolaus, R., Mokhonko, S. & Windaus, A. (2012). Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung des Förderprogramms „Schülerinnen forschen – Einblicke in Naturwissenschaft und Technik“. Abschlussbericht. (Unveröffentlichtes Manuskript), Universität Stuttgart
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Kiel. Verfügbar unter [http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation\\_diss\\_00003669](http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_00003669)
- Prenzel, M., Schütte, K. & Walter, O. (2007). Interesse an den Naturwissenschaften. In M. Prenzel (Hrsg.), PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie 107–124. Münster: Waxmann
- Schütte, K., Frenzel, A. C., Asseburg, R. & Pekrun, R. (2007). Schülermerkmale, naturwissenschaftliche Kompetenz und Berufserwartung. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie. Zusammenfassung 125–180. Münster/New York/München/Berlin: Waxmann
- Schütte, K. & Köller, O. (2015). Discover, Understand, Implement and Transfer. In: International journal of science education. 37 (14), 2306-2325
- Sumfleth, E. & Henke, C. (2011). Förderung leistungsstarker Oberstudenschülerinnen und -schüler im HIGHSEA-Projekt am Alfred-Wegener Institut, Bremerhaven. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 17, 89–113
- Streller, M. (2015). The educational effects of pre and post-work in out of school laboratories. Dissertation, Technische Universität Dresden
- Weßnigk, S. (2013). Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten, Universität Kiel. Zugriff am 25.11.2014. Verfügbar unter [http://eldiss.uni-kiel.de/macau/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation\\_derivate\\_00004630/dissertation\\_susanne\\_wessnigk.pdf;jsessionid=C75EA083D93CC4E82239C2D49CD04AD8?host=&o&o](http://eldiss.uni-kiel.de/macau/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00004630/dissertation_susanne_wessnigk.pdf;jsessionid=C75EA083D93CC4E82239C2D49CD04AD8?host=&o&o)
- Wolter, A., Kamm, C., Lenz, K., Renger, P., Spexard, A. (Hrsg.) (2014). Potenziale des dualen Studiums in den MINT Fächern. acatech Studie, München u.a. 2014

Tobias Bohnhardt<sup>1,2</sup>  
 Christoph Pawek<sup>1</sup>  
 Burkhard Priemer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Deutsches Zentrum für Luft- und  
 Raumfahrt (DLR)  
<sup>2</sup>Humboldt-Universität zu Berlin

## **Der Einfluss von Schülerlaboren auf die Wahl von Unterrichtsfächern**

### **Hintergrund**

Schülerlabore sind aus unserer Bildungslandschaft nicht mehr wegzudenken. Sie unterstützen Schulen insbesondere bei der Wissensvermittlung und Nachwuchsförderung im MINT-Bereich. In bisherigen Wirkungsstudien über außerschulische Lernorte standen die Konstrukte Interesse, Motivation, Fähigkeits Selbstkonzept und Wissenserwerb im Vordergrund (u.a. Scharfenberg, 2005; Glowinski, 2007; Pawek, 2009; Damerau, 2012). Wenige Studien befassten sich mit dem Einfluss von Schülerlaboren auf die Berufsorientierung (Riemenschneider, 2012; Weßnigk, 2013). Mit der hier vorgestellten, noch nicht abgeschlossenen Studie wird am Beispiel der DLR\_School\_Labs des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) erstmals der Einfluss eines Schülerlaborbesuchs auf die Wahlabsichten bzgl. Physik als Unterrichtsfach gegen Ende der Sekundarstufe I als Vorstufe zur Berufs- bzw. Studienwahl untersucht.

Eventuell dienen Schülerlabore Schülerinnen und Schülern als Entscheidungshilfe bei der Fächerwahl und unterstützen damit die Schulen bei der Vorbereitung der Jugendlichen auf den weiteren Bildungsweg und der Berufsorientierung (Schnabel & Gruehn, 2000). Studien zur Fächerwahl zeigen, dass sie interessen-, begabungs- und erfolgsgeleitet, sowie image- und berufsorientiert ist (u.a. Köller et al, 2000; Abel, 2001, Hülsmann & Walpuski, 2013). Da Schülerlabore genau an diesen Punkten ansetzen (u.a. Pawek, 2009; Weßnigk, 2013) und deren Wirkungen zu einem Großteil über mehr als ein Jahr anhalten (Pawek, 2012), lässt sich ein Einfluss auf die Fächerwahl vermuten.

### **Die DLR\_School\_Labs**

Das DLR ist mit circa 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. An 16 Standorten werden umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in den Bereichen Luft- und Raumfahrt, aber auch Energie, Verkehr und Sicherheit durchgeführt.

Von vergleichsweise großer Bedeutung ist im DLR auch die Nachwuchsförderung, die bereits bei Schülerinnen und Schülern ansetzt. An acht DLR-Standorten und vier befreundeten Technischen Hochschulen existieren DLR\_School\_Labs, die derzeit von über 37.000 Kindern und Jugendlichen jährlich besucht werden.

Primäres Ziel der DLR\_School\_Labs ist es, Schülerinnen und Schüler für MINT-Themen zu interessieren und deren Neugier und Faszination an der Forschung zu wecken. In vorrangig eintägigen Veranstaltungen erhalten sie die Möglichkeit, durch eigenständiges Experimentieren in Kleingruppen einen authentischen Einblick in die aktuelle Forschung am DLR zu bekommen. Zahlreiche weitere Angebote, z.B. Arbeitsgemeinschaften, Sonderveranstaltungen zu besonderen Anlässen, deutschlandweite Schülerwettbewerbe und das umfangreiche Jugendportal DLR\_next runden das Angebot der DLR\_School\_Labs ab.

### **Design der Studie**

Die Studie wurde als Papier-Bleistift-Test im Pre-Post-Follow-Up-Design konzipiert, um kurz- und längerfristige Effekte zu messen. Der Hauptteil der Untersuchung fand direkt in den Schülerlaboren, d.h. unmittelbar am Anfang (T1) und am Ende (T2) des Besuchs statt.

Die Follow-Up-Befragung (T3) erfolgte acht bis zehn Wochen später in der Schule. Zielgruppe sind Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Klassen aus ganz Deutschland. Um auch einen eventuellen Einfluss auf die tatsächliche Fächerwahl am Ende der Klassenstufe 10 für die Sekundarstufe II zu messen, wurden die Daten im Zeitraum Januar bis Juli 2016 erhoben. Insgesamt beteiligten sich an der Hauptstudie genau 2400 junge Menschen aus elf Bundesländern, die an einer von insgesamt 102 Veranstaltungen in einem von elf DLR\_School\_Labs teilgenommen haben.

### Erste vorläufige Ergebnisse und Diskussion

In ganz Deutschland haben Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, Physik entweder zu wählen oder abzuwählen. Da die Rahmenbedingungen der Wahl zwischen den Bundesländern variieren, wird die Fächerwahl als hypothetisches Konstrukt untersucht. D.h., die Jugendlichen sollen sich die Möglichkeit vorstellen, Physik zu wählen oder abzuwählen. Das Ergebnis dieser hypothetischen Wahl wurde zu allen drei Messzeitpunkten u.a. mit folgendem Einzelitem erhoben:

„Stelle dir vor, du musst aus allen Fächern 2 Spezialfächer und 5 Basisfächer wählen. Unter den 7 Fächern muss sich mindestens eine Naturwissenschaft befinden. Entscheide dich für eine der drei Antworten:

- Ich würde Physik gar nicht wählen und dafür eine andere Naturwissenschaft (Chemie, Biologie oder Informatik) mit mindestens 3 Unterrichtsstunden pro Woche.
- Ich würde Physik als Basisfach wählen, also mit 3 Unterrichtsstunden pro Woche, einer geringeren Anforderung im Vergleich zu den Spezialfächern und der Möglichkeit, am Ende der Schulzeit eine Prüfung abzulegen.
- Ich würde Physik als Spezialfach wählen, also mit 5 Unterrichtsstunden pro Woche, einer höheren Anforderung im Vergleich zu den Basisfächern und einer Prüfung am Ende der Schulzeit.“

Dieses und alle weiteren Items bzw. Skalen und Konstrukte wurden im Vorfeld pilotiert und wiesen eine hinreichende Güte auf. Im Folgenden werden die ersten, noch vorläufigen Ergebnisse der Hauptstudie vorgestellt. Einbezogen wurden  $N = 2290$  Fälle (♂ 53,7% / ♀ 46,3%; Gymnasium 74,6%; Stufe 9: 64,0% / Stufe 10: 36,0%), für die Fragebögen aus T1 und T2 vorliegen. Die Tabelle 1 zeigt, wie sich das hypothetische Fächerwahlverhalten der Jugendlichen von T1 zu T2 ändert.

		Häufigkeit	
		Absolut	Prozent
1	„Spezialfach“ zu „gar nicht“	6	0,3%
2	„Spezialfach“ zu „Basisfach“	30	1,3%
3	„Basisfach“ zu „gar nicht“	49	2,1%
4	Fächerwahl unverändert	2055	89,7%
5	„Gar nicht“ zu „Basisfach“	117	5,1%
6	„Basisfach“ zu „Spezialfach“	27	1,2%
7	„Gar nicht“ zu „Spezialfach“	6	0,3%

Tab. 1: Änderung des Fächerwahlverhaltens von T1 zu T2

Bei knapp 90% der Fälle bleibt die Fächerwahl unverändert. In 6,6% der Fälle (Zeilen 5-7) wird die Fächerwahl positiv beeinflusst und bei 3,7% (Zeilen 1-3) verändert sich die Fächerwahl so, dass man von einem negativen Einfluss sprechen könnte. Dennoch ist es möglich, dass der Besuch im Schülerlabor der Entscheidungsfindung diene. Weitere Analysen, wie das Auswerten der Fächerwahlmotive und des Items „Wie sicher warst du dir bei dieser Wahl?“, sind im Rahmen eines Dissertationsvorhabens vorgesehen.

In der folgenden Analyse wurde die Gesamtstichprobe in drei Gruppen (vgl. Tabelle 1) geteilt:

- Gruppe 1 = negative Entwicklung der Fächerwahl (Zeilen 1-3),
- Gruppe 2 = unverändertes Fächerwahlverhalten (Zeile 4),
- Gruppe 3 = positive Entwicklung der Fächerwahl (Zeilen 5-7).

Tabelle 2 zeigt die Veränderung des Fähigkeitsselbstkonzepts Physik (Skala modifiziert nach Pawek, 2009). Für die Gesamtstichprobe ergibt sich in einem  $t$ -Test für abhängige Stichproben ein signifikanter Anstieg bezüglich des Fähigkeitsselbstkonzepts,  $t(430) = 9.37$ ,  $p < .001$ .

	T1		T2		Cohen's d
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	
Gesamtstichprobe	2,26	1,09	2,39	1,10	0,11***
Gruppe 1 (neg. FW)	2,47	0,99	2,47	1,00	0,01 <sup>ns</sup>
Gruppe 2 (unv. FW)	2,27	1,10	2,38	1,11	0,10***
Gruppe 3 (pos. FW)	2,09	1,03	2,41	0,93	0,33***

Tab. 2: Änderung des Fähigkeitsselbstkonzepts

Für die Gruppe 1 ergibt sich kein signifikanter Unterschied bezüglich des Fähigkeitsselbstkonzepts,  $t(490) = -0.26$ , n.s. Bei den Gruppen 2 und 3 ergeben sich signifikante Unterschiede ( $t(12047) = 21.65$ ,  $p < .001$  und  $t(867) = 13.66$ ,  $p < .001$ ), wobei die Effektstärke bei Gruppe 3 am größten ist.

Neben dem Fähigkeitsselbstkonzept wurde auch das Image von Physik als Unterrichtsfach (Skala modifiziert nach Weßnigk, 2013) erhoben (Tabelle 3).

	T1		T2		Cohen's d
	$\bar{x}$	$\sigma$	$\bar{x}$	$\sigma$	
Gesamtstichprobe	3,71	1,12	4,03	1,13	0,28***
Gruppe 1 (neg. FW)	3,99	1,03	4,23	1,13	0,25***
Gruppe 2 (unv. FW)	3,71	1,12	4,01	1,13	0,27***
Gruppe 3 (pos. FW)	3,63	1,19	4,20	1,04	0,51***

Tab. 3: Änderung des Images von Physik als Unterrichtsfach

Ähnlich wie bei bisherigen Ergebnissen (Weßnigk, 2013) konnten hier für die Gesamtgruppe, wie auch für die drei Teilgruppen jeweils signifikante Anstiege mit kleinen (Gesamtstichprobe sowie Gruppe 1 und 2) bis mittleren Effektstärken (Gruppe 3) für das Image von Physik gemessen werden.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die hier vorgestellte Studie befasst sich erstmals mit der Frage, ob Schülerlabore einen Einfluss auf die Fächerwahl in der Schule haben und über welche damit verbundenen Konstrukte, wie Interesse, Fähigkeitsselbstkonzept, etc. der Einfluss hervorgerufen wird. Erste Auswertungen zeigen, dass Schülerlaborbesuche eine hypothetische Fächerwahl beeinflussen können. Bei der Teilgruppe der Schüler, bei der die Fächerwahl positiv beeinflusst wurde, lassen sich weiterhin die stärksten Veränderungen beim Fähigkeitsselbstkonzept und auch dem Image von Physik als Unterrichtsfach feststellen.

Die Auswertungen weiterer Konstrukte (Interesse, Bild von Wissenschaftlern usw.) werden einen detaillierteren Einblick in den Zusammenhang zwischen dem Schülerlaborbesuch und der Fächerwahl liefern. Dabei soll das Ergebnis der hypothetischen Fächerwahl mit der ebenfalls erhobenen tatsächlichen Fächerwahl verglichen werden. Weiterhin gilt es anhand der Daten herauszufinden, welche Aspekte und Eigenschaften der DLR\_School\_Labs diese Wirkungen hervorrufen.

**Literatur**

- Abel, Jürgen (2001). Motive für Kurswahlen in der gymnasialen Oberstufe und Studienfachwahlen. Münster: Institut für sozialwissenschaftliche Forschung (Sozialwissenschaftliche Forschungsdokumentationen, 13).
- Damerau, Karsten (2012). Molekulare und Zell-Biologie im Schülerlabor. Fachliche Optimierung und Evaluation der Wirksamkeit im Bell Bio (Bergisches Lehr-Lern-Labor Biologie). Dissertation. Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal.
- Glowinski, Ingrid (2007). Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.
- Hülsmann, Carolin; Walpuski, Maik (2013). Kurswahlmotive von Oberstufenschülerinnen und -schülern im Fach Chemie. Universität Duisburg-Essen.
- Köller, Olaf; Daniels, Zoe; Schnabel, Kai U.; Baumert, Jürgen (2000). Kurswahlen von Mädchen und Jungen im Fach Mathematik: Zur Rolle von fachspezifischem Selbstkonzept und Interesse. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 14 (1), 26–37.
- Pawek, Christoph (2009). Schülerlabore als interessenfördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.
- Pawek, Christoph (2012). Schülerlabore als interessenfördernde außerschulische Lernumgebungen. In: Brovelli, D., Fuchs, K., Niederhäusern, R. von & Rempfler, A. (Hrsg.). Kompetenzentwicklung an Außerschulischen Lernorten. Tagungsband zur 2. Tagung Außerschulische Lernorte der PHZ Luzern vom 24. September 2011. In Außerschulische Lernorte - Beiträge zur Didaktik, Bd. 2. Münster/Wien/Zürich: LIT. Online  
[http://www.igu-cge.org/newsletters/annex/TagungsbandAL2\\_PHZLuzern\\_4\\_klein.pdf#page=65](http://www.igu-cge.org/newsletters/annex/TagungsbandAL2_PHZLuzern_4_klein.pdf#page=65)
- Riemenschneider, Kristina (2012): Das Maritime Schülerlabor Ostsee (MariSchool) am Leibnitz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde. Konzeption und erste Evaluationsergebnisse. Dissertation. Universität Rostock, Rostock.
- Scharfenberg, Franz-Josef (2005). Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse (am Beispiel des Demonstrationslabors Bio-/Gentechnik der Universität Bayreuth mit Schülern aus dem Biologie-Leistungskurs des Gymnasiums). Dissertation. Universität Bayreuth, Bayreuth.
- Schnabel, Kai U.; Gruehn, Sabine (2000). Studienfachwünsche und Berufsorientierung in der gymnasialen Oberstufe. In: Jürgen Baumert, Wilfried Bos und Rainer Lehmann (Hg.): TIMSS/III Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie - Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Band 1: Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Pflichtschulzeit. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 405–443.
- Weßnigg, Susanne (2013): Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.

Johannes Huwer<sup>1</sup>  
 Roland Brünken<sup>2</sup>  
 Rolf Hempelmann<sup>1</sup>

Universität des Saarlandes  
<sup>1</sup>Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie  
<sup>2</sup>Empirische Bildungswissenschaften

### **Forschendes Experimentieren im Kontext einer MINT-Umweltbildung**

#### **MINT-Umweltbildung und die Rolle der Schülerlabore**

**2015** widmete DIE ZEIT unter dem Titel „Die Grenzen der menschlichen Natur“ eine Ausgabe dem G-7 Gipfel und den damit verbundenen Problemen der Nachhaltigkeit: *„Morgen Vielleicht – Ein Problem, das jeder kennt, Forscher warnen, Politiker konferieren, Zeitschriften berichten. Jahrzehnte wollen alle die Umwelt retten, aber keiner schafft es. Liegt das am Klimawandel oder an der Natur des Menschen?“* (Henk, 2015). In der Überschrift wird bereits deutlich, dass es zur Lösung gewisser Probleme einer entsprechenden Bildung bedarf, um eben jene Grenzen der menschlichen Natur zu überwinden.

In den letzten Jahren kam man überein, dass es nicht ausreicht, wenn sich die Fachwissenschaften mit der Thematik der Nachhaltigkeit auseinandersetzt. Wir müssen von der Vokabel des *Umdenkens* Abstand nehmen und durch *Denken* ersetzen. Dies gelingt nur, wenn bereits im Kindes- und Jugendalter ein entsprechendes Bildungsangebot entsprechende Lernanreize bietet, sich mit der Thematik auseinanderzusetzen. Dies zeigt sich unter anderem in dem Ausruf der UN zur offiziellen Weltdekade „Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“ (BNE) von 2005-2014 (UN-Weltdekade). Im Zuge von fachdidaktischen Forschungen wurde das Konstrukt der MINT-Umweltbildung (MINT.ub) entwickelt, um einen Rahmen für die Entwicklung entsprechender Bildungsangebote zu bieten.

Die MINT-Umweltbildung entwickelte sich aus dem Konzept der naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung durch die Ergänzung der mathematischen und ingenieurwissenschaftlichen Grundbildung (Huwer & Hempelmann, 2016). Weiterhin vereint die MINT-Umweltbildung die naturwissenschaftliche, technische und umweltbetreffende Grundbildung sowie BNE unter einem Dach (LernortLabor, 2016). Die Basis von MINT.ub stellt eine sinnvolle Kombination von Schule und Schülerlaboren dar.

An dieser Stelle wird die Bedeutung der Schülerlabore als elementar wichtig angesehen. So stellten Hopkins und McKeown (2002) fest, dass *formales Lernen* (also klassisches schulisches Lernen) nicht in der Lage ist, den Anforderungen von BNE gerecht zu werden. Holbrook (2009) stellt darüber hinaus fest, dass der Schlüssel zur sinnvoll umgesetzten BNE eine Anreicherung von *formales Lernen* durch *non-formales-Lernen* ist. Schülerlabore nach der Definition von Haupt et al (2013) besitzen eben jenen non-formalen Bildungscharakter, der notwendig ist, die schulische Bildung zu ergänzen. Insofern kann die Kombination von Schule und Schülerlabor als Schlüssel zu einer MINT.ub gesehen werden (Garner, Hayes & Eilks, 2014).

In ihrem Kontext wurden verschiedene Bildungsangebote (sogenannte Themenmodule) für ein Forschendes Experimentieren im Schülerlabor entwickelt und evaluiert (Garner et al., 2015 a&b). Dabei wurde darauf geachtet, dass die Bildungsangebote einen modularen Charakter besitzen. Alle Themenmodule besitzen dabei drei Pflichtbausteine: Angefangen bei einer Anknüpfung an geeigneten Stellen des schulischen Curriculums, wird eine schulische Vorbereitung gewährleistet. Das Kernstück stellt der Besuch eines Schülerlabors dar, indem non-formales Lernen mit der Methode des Forschenden Experimentierens stattfindet. Abgerundet wird ein Modul durch eine schulseitige Einbettung des Themas samt Reflexion des gesamten Themenkomplexes. Weiterhin runden, je nach Thema und Wunsch der Lehrkräfte/Schüler eine Exkursion in einen industriellen Betrieb und/oder in ein

universitäres Forschungslabor als optionale Wahlbausteine das Bildungsangebot ab. Insgesamt wurden 13 Themenmodule entwickelt, welche von der Klassenstufe 4 bis hin zur Oberstufe eine Einbettung der MINT.ub über die gesamte schulische Laufbahn ermöglichen. Jedes der Themenmodule befasst sich dabei mit einem anderen Aspekt der MINT-Umweltbildung. So werden alternative Brennstoffe, Ressourcenschonung, nachwachsende Rohstoffe, nachhaltige chemische Synthesen, Langlebigkeit von Produkten oder auch der Klimawandel thematisiert (Huwer, 2014).

### Schülerlabor-on-Tour

Da sich Schülerlabore gemäß ihrer Anbindung an fachwissenschaftliche Forschungen an Universitäten bzw. Hochschulen ansiedeln, gibt es diese oftmals nur in Ballungsgebieten. Das hat den Nachteil, dass gerade bei niedrigen Klassenstufe (5 und 6) eine Reise in ein etwas entfernteres Schülerlabor sehr aufwändig ist und daher oft nicht realisiert werden kann. Somit verbleibt zumindest in diesen Klassenstufen ein Schülerlabor als ein Privileg von Schülerinnen und Schülern, deren Schule geographisch näher an den Schülerlaborzentren liegt (vgl. Karte von Saarlab, Abb. 1).



Abb. 1: Geographische Verortung der Schülerlabore im Saarland ([www.saarlab.de](http://www.saarlab.de))

Darüber hinaus steht man in der fachdidaktischen, empirischen Bildungsforschung oft vor dem Problem, eine möglichst große und repräsentative Stichprobe zu generieren. Unter einer repräsentativen Stichprobe sollte in diesem Zusammenhang auch eine gestreute Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf das Bundesland (in diesem Falle das Saarland) verstanden werden. So sollten nicht nur aus Bequemlichkeit lokale Schulen am Bildungszentrum erfasst werden, sondern durchaus auch weiter entfernte Schülerinnen und Schüler.

Um sowohl auf Schülerseite als auch auf der Seite der fachdidaktischen Forschung Verbesserungen zu erzielen, wurde ein neues Modell, das Schülerlabor-on-Tour entwickelt. Hierbei bedient man sich eines Kunstgriffs, welcher eher in der Informatik verortet ist. Man emuliert in einer fremden Umgebung ein Programm unter der Vorgabe, sich nativ auf/in einem anderen System zu befinden.

Dieses Prinzip kann man auch (teilweise) auf das Schülerlabor anwenden. Sämtlich Hard- und Software sowie Betreuer werden an die Schule gebracht und emulieren vor Ort einen Schülerlaborbesuch. Dabei ist es wichtig, dass das Schülerlabor als ein *Add-on* zu einem bereits bestehenden Schülerlabor aufgefasst wird und keine neue Kategorie bzw. keinen neuen Betriebsmodus darstellt (Haupt et al, 2013). Das jeweilige Schülerlabor wird also in seiner Gänze mit sämtlichen Kriterien und im selben Betriebsmodus emuliert. Im Falle des Schülerlabor NanoBioLab in Saarbrücken wurde also ein klassisches und Lehr-Lern-Labor emuliert.

### Wirksamkeit des Schülerlabor-on-Tour

Das NanoBioLab-on-Tour wurde für die Klassenstufe 5 und 6 hinsichtlich der *aktuellen Motivation* und der *Kompetenz Fachwissen* getestet und evaluiert. An der Studie nahmen vier saarländische Gymnasien mit allen Klassen der Klassenstufe 5 teil. Insgesamt wurden mehr als 400 Schülerinnen und Schüler im Alter von neun bis zwölf Jahren 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; bei 42 war eine Zuordnung nicht möglich.

Zur Erfassung der kognitiven Leistungen wurden in Zusammenarbeit mit Fachlehrern kriteriumsorientierte Vor- und Nachtests entwickelt (Klauer, 1987). Als abhängige Variable wurde dabei jeweils der prozentuale Anteil der richtig gelösten Aufgaben erfasst. Zur Erfassung der aktuellen Motivation wurde eine auf die konkrete Situation angepasste Variante des „Fragebogens mit 18 Items zur Erfassung der aktuellen Motivation in Lern- und Leistungssituationen (= „FAM“) eingesetzt (Rheinberg, 2001).

Die Untersuchung der Variable Fachwissen erfolgte mithilfe eines nicht-randomisierten Zwei-Gruppen-Plans mit Vortest, Behandlung und Nachtest. Zur Untersuchung der aktuellen Motivation wurde ein nicht-randomisierter Ein-Gruppen-Plan mit Vortest, Behandlung und Nachtest verwendet. Die Untersuchung beider Variablen wurde in einem Warte-Kontroll-Gruppen Design durchgeführt. Dieses gilt im schulischen Kontext als effizient, da alle Schülerinnen und Schüler am Ende auf demselben Wissensstand sind und es damit zu keiner Benachteiligung einzelner Gruppen kommt.

Für den Vergleich der beiden Gruppen zu einem Zeitpunkt wurde eine ANOVA und für den Unterschied von Testzeitpunkt der jeweiligen Testperson ein t-Test für verbundene Stichproben gerechnet.

Als Beispiel soll hier das Themenmodul der Klassenstufe 5 „Fette und Öle“ dienen:

Für das erworbene Wissen können folgende Aussagen getroffen werden (alle Tests auf einem Signifikanzniveau von  $\alpha = .05$ ):

1. Beim Themenmodul „Öle und Fette“ ist ein **signifikanter Lerneffekt** zu beobachten.

Zum Zeitpunkt  $T_2$  ist die Versuchsgruppe (VSG) signifikant besser als die Vergleichsgruppe (VGG) ohne Treatment ( $F_1 = 223.407$ ;  $p < .001^*$ ;  $\eta^2 = .476$ ). Zum Zeitpunkt  $T_4$  haben beide Gruppen das Treatment erhalten und sind erwartungsgemäß auch gleich gut ( $F_1 = 2.266$ ;  $p = .136$  n.s.;  $\eta^2 = .010$ ). Ferner ist der Anteil an richtig gelösten Aufgaben nach dem Treatment signifikant höher als vor der Intervention ( $t_{153} = -30,480$ ;  $p < .001^*$ ;  $d = .31$ ).

2. Das erworbene Wissen des Themenmoduls „Öle und Fette“ ist für den Zeitraum von mindestens sechs Wochen **langzeitstabil**. Das heißt nach sechs Wochen ( $T_4$ ) unterscheiden sich die Ergebnisse nicht signifikant von  $T_2$  ( $t_{153} = -.218$ ;  $p = .828^*$ ;  $d = .01$ ).

Für die aktuelle Motivation können folgende Aussagen getroffen werden:

Obwohl die Schülerinnen und Schüler bereits mit einer hohen aktuellen Motivation gestartet sind, konnte eine signifikante Steigerung derselben nach dem Treatment nachgewiesen werden ( $t_{213} = -3.078$ ;  $p = .002^*$ ;  $d = .20$ ).

### Zusammenfassung

Insgesamt konnte an diesem Beispiel gezeigt werden, dass das von uns entwickelte Schülerlabor-on-Tour Konzept eine sinnvolle Ergänzung für den Naturwissenschaftsunterricht der Orientierungsstufe ist, da nicht nur die aktuelle Motivation gesteigert werden kann, sondern die Schülerinnen und Schüler auch naturwissenschaftliches Wissen erwerben konnten. Insoweit stellt das Konzept eine erfolgreiche Maßnahme dar. Für höhere Klassenstufen ist dieselbe positive Wirkung des Schülerlabor-on-Tour nicht zu erwarten und wird somit als nicht sinnvoll erachtet, da diese Schülerinnen und Schüler andere Ansprüche haben.

**Literatur**

- Garner, N., Huwer, J., Siol, A., Hempelmann, R., & Eilks, I. (2015a). 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* (pp. 76-92). Cambridge: RSC.
- Garner, N., Siol, A., Huwer, J., Hempelmann, R. & Eilks, I. (2015b). Implementing innovations in Chemistry and sustainability Education in a Non-Formal Student Laboratory Context. *LUMAT*, 3(4), 449-461.
- Garner, N., Hayes, S. & Eilks, I. (2014). Linking formal and non-formal learning in science education – a reflection from two cases in Ireland and Germany. *Journal of Education*, 2(2), 10-31.
- 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.
- Henk, M. (03.06.2015) morgen vielleicht. *DIE ZEIT*.
- Holbrook, J. (2009). Meeting challenges to sustainable development through science and technology education. *Science Education International*, 20, 44-59.
- Hopkins, C. & McKeown, R. (2002). Education for sustainable development: An international perspective. In D. Tilbury, R. B. Stevenson, J. Fein, & D. Schreuder (Eds.), *Environmental education for sustainability: Responding to the global challenge*. Gland: IUCN Commission on Education and Communication.
- Huwer, J. (2015). *Nachhaltigkeit und Chemie im Schülerlabor - Forschendes Experimentieren im Kontext einer naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung*. Saarbrücken - Dissertation.
- Huwer, J., Garner, N., Fey, S., Munnia, A., Siol, A., Hempelmann, R., & Eilks, I. (2015). Nachhaltigkeit und Chemie im Schülerlabor. In Bundesverband der Schülerlabore – LernortLabor (Ed.), *10 Jahre LeLa Jahrestagung*, 88.
- Huwer, J. (2013). [www.nachhaltigkeit-schuelerlabor.de](http://www.nachhaltigkeit-schuelerlabor.de) (zuletzt 13.09.2016)
- Klauer, K. J. (1987). *Kriteriumsorientierte Tests : Lehrbuch d. Theorie u. Praxis lehrzielorientierten Messens*. Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- LernortLabor (2016) <http://www.mint-umweltbildung.de> (zuletzt 13.09.2016)
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, 2, 57-66.

Insa Stamer<sup>1</sup>  
 Stefan Schwarzer<sup>1</sup>  
 Ilka Parchmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel

## Authentisches Lernen im Schülerlabor

Das Schülerlabor *klick!* der Kieler Forschungswerkstatt (Schwarzer et al., 2013) bietet seit 2012 ein vielfältiges Angebot an Experimenten für Schülerinnen und Schüler (SuS) der Sekundarstufe II. Die den SuS bereitgestellten Inhalte wurden hierbei in thematischer Anlehnung und Kooperation mit dem Sonderforschungsbereich 677 „Funktion durch Schalten“ an der CAU Kiel ausgewählt und entwickelt. Diesbezüglich stellt das *klick!:labor* nach der LeLa-Kategorisierung (Haupt et al., 2013) u.a. ein Schülerlabor zur Wissenschaftskommunikation dar. Die hier vorgestellte Arbeit beschäftigt sich damit, die Kommunikation der Naturwissenschaften im *klick!* möglichst authentisch zu gestalten.

### Theoretischer Hintergrund

Die authentische Vermittlung von Naturwissenschaften nimmt im Bereich der fachdidaktischen Forschung schon seit längerem einen wichtigen Stellenwert ein. Das Interesse an Naturwissenschaften, eine positive Einstellung gegenüber Naturwissenschaften und das Engagement bezüglich naturwissenschaftlicher Tätigkeiten wird durch eine authentische Vermittlung gefördert (Woods-McConney et al., 2013).

Daraus ergab sich die Fragestellung: „Wie ist es möglich Naturwissenschaften authentisch für SuS darzustellen?“

Vorliegende bereits abgeschlossene Studien schlagen unterschiedliche Ansätze vor, wie den Kontakt von SuS zu Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern (NuN) (Lee & Songer, 2003; Pea, 1994). Da es jedoch für die NuN vor allem aus zeitlichen Gründen schwierig ist, persönlich im Schülerlabor anwesend zu sein, sollen im Rahmen dieser Arbeit Videos aus der Wissenschaft entwickelt und in die Experimentierstationen im *klick!* eingebettet werden. Um die Videos möglichst authentisch zu gestalten, sollen *Nature of Scientist* (NoSt)-Aspekte, welche die Tätigkeitsbereiche von NuN darstellen, explizit in die Videos integriert werden. Die NoSt-Aspekte werden hierbei in die RIASEC+N Dimensionen eingeteilt, welche in Tab. 1 dargestellt sind. Die ersten sechs der sieben Dimensionen wurden ursprünglich von Holland (1963) zur allgemeinen Berufswahl entwickelt, wobei die NuN in die Dimension Investigativ – das intellektuelle Arbeiten – eingeteilt wurden.

Da naturwissenschaftliche Berufe jedoch wesentlich vielfältiger sind, wurden die Dimensionen dahingehend adaptiert, dass die Tätigkeitsbereiche der NuN in die RIASEC-Dimensionen eingeteilt werden können (Wentorf, 2015). Bei dieser so wie bei weiteren Studien ergab sich eine siebte Dimension, - *Networking* -, welche zu den bestehenden Dimensionen ergänzt wurde (Diercks, Höffler & Parchmann, 2014).

Dimension	Beschreibung	Beispiel
Realistic (R)	Handwerklich	Aufbau von Apparaturen
Investigative (I)	Intellektuell	Verstehen experimenteller Daten
Artistic (A)	Kreativ	Designen neuer Forschungsansätze
Social (S)	Sozial	Betreuung von Studierenden
Enterprising (E)	Unternehmerisch	Projektfinanzierung sicherstellen
Conventional (C)	Verwaltend, akribisch	Aufschreiben von Messdaten
Networking (N)	Zusammenarbeiten	Kollegen anderer Fachbereiche treffen

Tab. 1: RIASEC+N Dimensionen mit Erklärung und Beispiel einer Tätigkeit.

### **Lernumgebung im *klick!*:labor**

Das Angebot im Schülerlaborprogramm *klick!* umfasst zwölf unterschiedliche Experimentierstationen der drei Themenbereiche: Nanotechnologie, Methoden und Verfahren sowie chemische Schalter. Zu Beginn eines Laborbesuches werden die SuS nach einem einleitenden Vortrag und einer kurzen Sicherheitsbelehrung in Zweiergruppen eingeteilt. Anschließend kann ausgewählt werden, welche der zwölf Stationen durchgeführt werden. Die Bearbeitung einer Station dauert circa 15-20 Minuten, wobei die Stationen von Lehramtsstudierenden betreut werden, die SuS aber dennoch möglichst selbstständig experimentieren.

### **Forschungsfragen und Pilotierung**

Die Effekte der NoSt-Videos mit speziell berücksichtigten RIASEC+N-Aspekten sollen im Rahmen dieser Studie mittels eines Fragebogeninstrumentes gemessen werden.

Für die Pilotierung des Fragebogens wurden zu Beginn der vorgestellten Studie vorläufige Videos aus der Wissenschaft in sechs der zwölf Experimentierstationen integriert.

Der Fragebogen ist, zur Ermittlung des NoSt-Verständnisses und der Wahrnehmung der Authentizität, in zwei Abschnitte unterteilt, wobei jeweils ein Abschnitt zur Beantwortung einer der beiden folgenden Forschungsfragen dient:

- Kann die **Wahrnehmung von Authentizität** durch NoSt-Aspekte im Sinne von Einblicken in die heutige Wissenschaft im Schülerlaborprogramm *klick!* gefördert werden?
- Wie ändern sich die **NoSt-Vorstellungen** von SuS durch in Videos integrierte NoSt-Aspekte?

### **Erste Ergebnisse**

Bevor die NoSt-Videos entwickelt werden konnten, musste das aktuelle NoSt-Verständnis der SuS ermittelt werden. Hierfür wurden die RIASEC+N-Dimensionen mittels des oben beschriebenen Fragebogeninstrumentes eingesetzt.

Es ist für die Entwicklung authentischer Videos außerdem notwendig, ein realistisches Bild der Tätigkeitsbereiche von NuN zu kennen. Aus diesem Grund wurden neben den 176 befragten SuS zusätzlich 51 Doktorierende unterschiedlicher Fachbereiche bezüglich deren Vorstellungen zu ihren eigenen regelmäßigen Tätigkeiten befragt. Erste Ergebnisse zeigen, dass alle Dimensionen, außer Enterprising und Networking, von den NuN höher eingeschätzt wurden, als die Antworten der SuS.

Mit Hilfe des Vergleiches der Ergebnisse und zusätzlichen Interviewstudien konnte mit der genauen Planung der NoSt-Videos begonnen werden.

Geplant sind sechs Videos mit einer Dauer von bis zu fünf Minuten, wobei bei den Videos speziell darauf geachtet wird, dass diese inhaltlich und ergänzend zu den vorhandenen Experimentierstationen passen. Des Weiteren sollen pro Video jeweils zwei der RIASEC+N-Dimensionen explizit berücksichtigt werden, so dass alle Tätigkeitsbereiche abgedeckt werden.

Das erste fertiggestellte Video repräsentiert die Tätigkeitsbereiche der Dimensionen *Realistic* und *Conventional*. Einzelne Beispiele der Dimensionen aus dem Video werden in folgender Abb. 1 dargestellt.

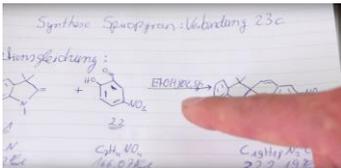
Dimension	Aufbau der Apparatur	Durchführung von Messungen
Realistic		
Conventional		

Abb. 1: Beispiele aus erstem NoSt-Video zu den Dimensionen Realistic und Conventional.

Bei Betrachtung der wahrgenommenen Authentizität der SuS zeigen erste Ergebnisse, dass eine Förderung dieser durch eine angepasste authentische Lernumgebung möglich ist.

#### Ausblick und Design der Hauptstudie

Zukünftig sollen weitere NoSt-Videos, der noch nicht abgedeckten RIASEC+N-Dimensionen, entwickelt und in die Experimentierstationen integriert werden. Die Wirkung der Videos soll vor Beginn der Hauptstudie zusätzlich mittels einer Think-Aloud-Studie getestet und optimiert werden.

Anschließend soll im Rahmen der Hauptstudie der Effekt der Videos gemessen werden. Hierbei soll eine Gruppe zusätzlich zu den Experimenten die NoSt-Videos mit zugehörigen Reflexionsaufgaben erhalten. Das NoSt-Verständnis und die wahrgenommene Authentizität dieser Gruppe soll anschließend mit den Ergebnissen einer weiteren Gruppe, welche statt der NoSt-Videos vergleichbare NoSt-Aufgaben erhält, verglichen werden.

Die Autoren danken der DFG für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Teilprojekts Öffentlichkeitsarbeit im SFB 677 an der CAU Kiel.

**Literatur**

- 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.
- Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht, 66, 324–330.
- Holland, J. L. (1963). Explorations of a theory of vocational choice and achievement: II. A four-year prediction study. *Psychological Reports*, 12, 547–594.
- Lee, H.S. & Songer, N. B. (2003). Making authentic science accessible to Students. *International Journal of Science Education*, 25(8), 923-948.
- Pea, R. D. (1994) Seeing what we build together: distributed multimedia learning environments for transformative communications. *Journal of the Learning Sciences*, 3(3), 285–299.
- Schwarzer, S., Rudnik, J. & Parchmann, I. (2013). Chemische Schalter als potenzielle Lernschalter - Fachdidaktische Begleitung eines Sonderforschungsbereichs. *CHEMKON*, 20(4), 175-181.
- Wentorf, W., Höffler, T. & Parchmann, I. (2015). Schülerkonzepte über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern-Vorstellungen, Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.
- Woods-McConney, A., Oliver, M. C., McConney, A., Schibeci, R., & Maor, D. (2013). Science Engagement and Literacy: A retrospective analysis for students in Canada and Australia. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1588-1608.

## Fachwissenserwerb in der Studieneingangsphase Physik – Ein Längsschnitt –

### Motivation und Zielsetzung

Der Erwerb fachlichen Wissens stellt ein zentrales Ziel (KFP, 2005), aber auch eine zentrale Herausforderung der Eingangsphase von Physik Fach- und Lehramtsstudiengängen dar. So wird fachliche Überforderung als einer der Hauptgründe für Studienabbruch bzw. -wechsel genannt (Albrecht, 2011). Auch im weiteren Studienverlauf, ist eine immer größere Leistungsdisparität zwischen Studierenden feststellbar, bei denen der Fachwissenserwerb augenscheinlich gelingt und solchen, bei denen er nicht gelingt (z. B. Riese, 2009; Woitkowski, 2015). Bisher fehlen in diesem Problemfeld jedoch differenzierte Erkenntnisse über die von Studierenden im Optimalfall erreichbaren Fachwissenszuwächse, ihre Lernpotentiale und erreichbaren Lerngeschwindigkeiten. Diese Informationen, die im Zuge des hier diskutierten Projektes in einem Entwicklungsmodell formuliert werden sollen, könnten dann eine belastbare, theoretisch unterfütterte und empirisch geprüfte Grundlage für Verbesserungs- oder Fördermaßnahmen bilden.

### Theoretische Grundlagen

Wissen wird in der Psychologie üblicherweise als ein propositionales Netzwerk, also eine verknüpfte Struktur einzelner Wissensentitäten aufgefasst (z. B. Schnotz, 1994). Die Qualität solcher Wissensbeständen, d.h. die Anwendbarkeit dieses Wissens zur erfolgreichen Bearbeitung einer großen Menge unterschiedlich strukturierter, anspruchsvoller Problemstellungen, kann dann über den Vernetzungsgrad der Bestandteile beschrieben werden: Je stärker einzelne Wissensentitäten miteinander verknüpft werden können und je weiter verzweigte und komplexere Zusammenhänge mit dieser Verknüpfung abgebildet werden können, desto komplexere Probleme können damit gelöst werden (z. B. Peuckert & Fischler, 2000). Der Prozess, eine solche Struktur herzustellen, wird als *Chunking* bezeichnet, bei dem mehrere Wissensentitäten zu einem Komplex zusammengefasst werden, der dann wiederum einfacher und effizienter verwendet werden kann (Steiner, 2006).

Ein handhabbares und (z. B. in Testinstrumenten) operationalisierbares Maß für die Verknüpfungsstruktur stellt die (*hierarchische*) *Komplexität* dar, deren Definition direkt auf dem Begriff des *Chunking* aufbaut: Eine neue Komplexitätsstufe entsteht durch das Zusammenfassen und die Transformation von Elementen niedrigerer Stufe zu einem neuen Element, mit dem neue Probleme lösbar werden (Commons et al., 1998). Die *Komplexität* wird in einer Reihe nationaler und internationaler fachdidaktischer Studien verwendet (z.B. Bernholt, 2010; Kauertz, 2008; Dawson-Tunik, 2006; Commons & Richards, 2002).

Die *Komplexitäts*-Sprechweise kann auch verwendet werden, um Entwicklungsverläufe abzubilden. Aufgrund der Definition erscheint zunächst plausibel, dass die Stufen der Reihe nach ohne Sprünge durchlaufen werden (Fischer & Bullock, 1981; wobei dies nur selten an echten Längsschnitten überprüft wurde, vgl. Neumann et al., 2007). Die Entwicklung entlang der Stufen verläuft dabei relativ langsam, vor allem der Aufstieg zu einer völlig neuen Stufe benötigt sehr viel Zeit (vgl. Armon & Dawson, 1997). Ist allerdings in einem Wissensbereich, bereits eine hohe Stufe erreicht, so gelingt es sehr viel schneller, in einem verwandten Wissensbereich auf diese Stufe aufzuschließen (Dawson-Tunik, 2006).

### Zugrunde gelegtes Niveaumodell des fachlichen Wissens

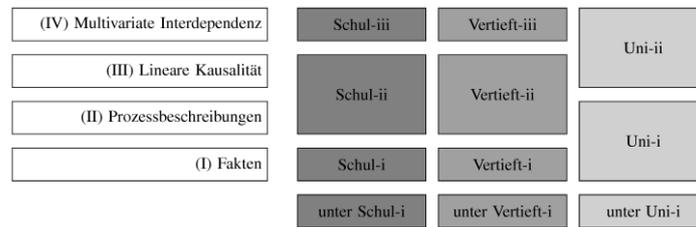


Abbildung 1: Zuordnung der Niveaus zu Komplexitätsstufen

Im Rahmen der vorliegenden Studie wird physikalisches Fachwissen in den drei Fach-Stufen des schulischen, vertieften und universitären Wissens als Teil übergeordneter Kompetenzkonstrukte für angehende Physiker und Physik-Lehrkräfte verstanden (Woitkowski, 2015). Der Verknüpfungsgrad wird mit einer adaptierten Komplexitäts-Skala nach Bernholt (2010) abgebildet, auf deren Basis ein Niveaumodell für jede der drei Fach-Stufen erstellt wurde (zur Konstruktion vgl. Woitkowski, 2015). Probanden werden hier einem Niveau zugeordnet, wenn sie die Anforderungen mit der diesem Niveau zugeordneten Komplexität hinreichend sicher lösen können (Zuordnung vgl. Abb. 1).

### Hypothesen für ein Entwicklungsmodell für die Studieneingangsphase Physik

Aufbauend auf den obigen (zunächst fachunspezifischen) theoretischen Grundlagen sollen folgende drei Hypothesen für das erste Semester von Fach- und Lehramtsstudierenden an zwei Testzeitpunkten im ersten Fachsemester (TZP 1 erste Semesterwoche, TZP 2 letzte Semesterwoche) geprüft werden:

- H1 Zu TZP 1 wird die höchste von den Probanden erreichte Komplexität  $K_{\max}^1$  im *Schulwissen* erreicht, da sich der bisherige Unterricht auf diese Stufe bezogen hat. Im *vertieften* und *universitären Wissen* werden maximal gleich hohe Komplexitäten erreicht.
- H2 Von TZP 1 bis TZP 2 steigt die höchste erreichte Stufe bei jedem Probanden maximal um eins an:  $K_{\max}^2 \leq K_{\max}^1 + 1$ .
- H3 Die im *universitären Wissen* erreichte Stufe steigt bis zu TZP 2 maximal auf  $K_{\max}^1$  an. Nur in Ausnahmefällen erfolgt eine Steigerung der maximalen Komplexität ( $K_{\max}^2 > K_{\max}^1$ ) und ein aufschließen des *universitären Wissens* auf  $K_{\max}^2$ .

Diese Hypothesen definieren somit eine obere Grenze für den *universitären* Wissenszuwachs, die nur von der zu Studienbeginn erreichten Komplexität  $K_{\max}^1$  abhängt. H3 definiert außerdem einen *optimalen Entwicklungsverlauf*, dessen Prädiktoren weiter untersucht werden können.

### Testinstrument und Stichprobe der Pilotstudie

Es wurde ein für eine Bearbeitungszeit von 60 Minuten ausgelegtes Paper-Pencil-Instrument in den Lehrveranstaltungen *Experimentalphysik A* und *I* im WiSe 2015/16 an der Universität Paderborn eingesetzt. Es umfasste die Fachwissens-Skalen von Woitkowski (2015), 15 Items aus dem Mathematik-Studieneingangstest von Krause & Reiners-Logothetidou (1981) sowie Demographie und weitere Begleitskalen zu Beliefs, Motivation (aus Woitkowski, 2015),

Studiengang	N	Abiturnote	Alter	Anteil Weiblich	$N_{TZP 1}$	$N_{TZP 2}$
HR-Lehramt	8	3.0±0,4	20,8±1,3	50,0%	12	8
Gym-Lehramt	5	2.7±0,5	20,3±2,7	20,0%	26	5
Fachphysik	21	2.1±0,5	19,6±2,2	9,5%	35	21
Gesamt	34	2.4±0,6	20,0±2,1	20,6%	73	34

Tabelle 1: Stichprobenüberblick der Pilotstudie

Importance und Effort (Sundre, 2007, übersetzt und adaptiert mit Bezug auf Klausuren und Übungszettel) sowie zu Studienbedingungen (Ablrecht, 2011, Thiel et al., 2007).

Die Stichprobe (Tab. 1) umfasst im Längsschnitt über die beiden Testzeitpunkte noch 34 Probanden. Unter Zuhilfenahme der Rasch-Itemparameter und Niveaugrenzen aus Woitkowski (2015) wurden die Probanden zu jedem Testzeitpunkt den dort definierten Niveaus zugeordnet. Die anderen Skalen wurden klassisch ausgewertet.

### Ergebnisse

Das *Schulische Wissen* zu TZP 1 (Abb. 2) ist erstaunlich heterogen verteilt. 3 Personen erreichen nicht einmal das Niveau *Schul-i*, 2 Personen sogar *Schul-iii*. Lediglich für die drei schwächsten Probanden muss H1 zurückgewiesen werden; sie erreichen in einer anderen *Fach-Stufe* das unterste (Fakten-)Niveau. Im universitären Wissen erreichen zu TZP 1 10 Probanden *Uni-i*, die anderen bleiben darunter.

Wie Abb. 3 zeigt, ist der Wissenszuwachs tatsächlich durch die maximal erreichte Komplexität begrenzt. Lediglich 4 Probanden erreichen sowohl eine Steigerung von  $K_{\max}$  als auch ein Aufschließen im *universitären Wissen*; dies sind zugleich die einzigen Probanden, die überhaupt Niveau *Uni-ii* (auf dem die typischen universitären Lehrveranstaltungen operieren) erreichen.

Vergleicht man die Probanden mit *optimalem* Wissenszuwachs (hell in Abb. 3) und die mit *nicht-optimalem* Zuwachs (dunkel), so zeigt sich ein signifikanter Unterschied in der Abiturnote (2,1 ggü. 2,8) und im mathematischen Vorwissen zu TZP 1 (70,5% ggü. 51,6%), jedoch auf keiner *Fach-Stufe* des physikalischen Vorwissens. 11% der Frauen (also 1 Probandin) zeigen einen optimalen Verlauf, 80% der Fach-Studierenden, 13% der HR- und 20% der Gym-Lehrämter (aufgrund des unterschiedlichen Frauenanteils können diese beiden Effekte sich gegenseitig bedingt haben).

### Ausblick

Da die getesteten Begleitvariablen wenig aufschlussreiche Erkenntnisse über Prädiktoren eines optimalen Wissenszuwachses liefern konnten, ist geplant, die Erhebung im folgenden Wintersemester zu wiederholen und um eine Interviewstudie zu ergänzen. Darin sollen vor allem das Studier- und Lernverhalten (Haak & Reinhold, 2016), das Erleben und der Umgang mit dem Vorstellungs-Realitäts-Bruch (Holmegaard et al., 2014) und der Erwerb fortgeschrittener Arbeitstechniken im Umgang mit universitären Anforderungen (Übungszeteln) im Vordergrund stehen.

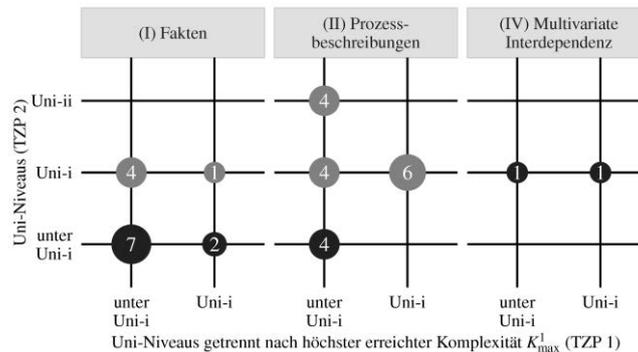


Abbildung 3: Entwicklung des universitären Wissens, aufgeschlüsselt nach  $K_{\max}^1$ . Probanden mit optimalem Wissenszuwachs i.S.v. H3 erscheinen heller.

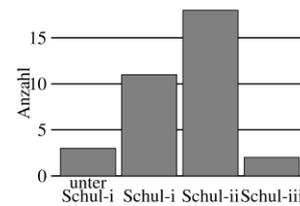


Abb. 2: Schulisches Vorwissen (TZP 1)

### Literatur

- Albrecht, A. (2011). *Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik*. Berlin: FU Berlin.
- Armon, C. & Dawson, T. L. (1997). Developmental Trajectories in moral reasoning across the life span. *Journal of Moral Education*, 26(4), 433–453.
- Bernholt, S. (2010). *Kompetenzmodellierung in der Chemie – Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität*. Berlin: Logos.
- Commons, M. L. & Richards, F. A. (2002). Organizing Components into Combinations: How Stage Transition Works. *Journal of Adult Development*, 9(3), 159–177.
- Commons, M. L., Trudeau, E. J., Stein, S. A., Richards, F. A. & Krause, S. R. (1998). Hierarchical Complexity of Tasks Shows the Existence of Developmental Stages. *Developmental Review*, 18, 237–278.
- Dawson-Tunik, T. L. (2006). Stage-Like Patterns in the Development of Conceptions of Energy. In X. Liu & W. J. Boone (Hrsg.), *Applications of Rasch Measurement in Science Education* (S. 111–136). Maple Grove: JAM Press.
- Fischer, K. W. & Bullock, D. H. (1981). Patterns of data: Sequence, synchrony, and constraint in cognitive development. In K. W. Fischer (Hrsg.), *Cognitive Development* (S. 1–22). San Francisco: Jossey-Bass.
- Haak, I. & Reinhold, P. (2016). Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik* (S. 89–91). Kiel: IPN.
- Holmegaard, H. T., Madsen, L. M. & Ulriksen, L. (2014). A journey of negotiation and belonging: Understanding students' transitions to science and engineering in higher education. *Cultural Studies of Science Education*, 9(3), 755–786.
- Kauertz, A. (2008). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben*. Berlin: Logos.
- KFP, Konferenz der Fachbereiche Physik (2005). *Empfehlungen der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) zu Bachelor- und Master-Studiengängen in Physik*. Bad Honnef: KFP.
- Krause, F. & Reiners-Logothetidou, A. (1981). *Kenntnisse und Fähigkeiten naturwissenschaftlich orientierter Studiengänger in Physik und Mathematik: Die Ergebnisse des bundesweiten Studieneingangstests Physik 1978*. Bonn: Universität Bonn.
- 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, 101–121.
- Peuckert, J. & Fischler, H. (2000). Concept Maps als Diagnose- und Auswertungsinstrument in einer Studie zur Stabilität und Ausprägung von Schülervorstellungen. In H. Fischler & J. Peuckert (Hrsg.), *Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie* (S. 91–116). Berlin: Logos.
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.
- Schnotz, W. (1994). *Aufbau von Wissensstrukturen: Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten*. Weinheim: Beltz.
- Steiner, G. (2006). Lernen und Wissenserwerb. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 137–202). Weinheim: Beltz.
- Sundre, D. L. (2007). *The Student Opinion Scale (SOS), A measure of examinee motivation: Test Manual*. Harrisonburg: Center for Assessment and Research Studies, James Madison University.
- Thiel, F., Veit, S., Blüthmann, I. & Lepa, S. (2007). *Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der Freien Universität Berlin*. Berlin: FU Berlin.
- Woitkowski, D. (2015). *Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung: Konzeptionalisierung, Messung, Niveaubildung*. Berlin: Logos.

Manuela Welzel-Breuer<sup>1</sup>  
 Nicole Marmé<sup>1</sup>  
 Sönke Graf<sup>1</sup>  
 Jonathan Glaser<sup>1</sup>  
 Ann-Katrin Krebs<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg

### **Chain Reaction: ein FP 7-Projekt und seine Ergebnisse** **Die Herausforderung: forschendes Lernen in den Unterricht integrieren**

Im Rahmen des von der EU im 7. Forschungsrahmenprogramm geförderten Projekts „Chain Reaction“ (Projekt Nr. 321278, siehe <http://www.chreact.de>) sollte in zwölf verschiedenen Ländern forschend-entdeckendes Lernen im Naturwissenschaftsunterricht etabliert bzw. gestärkt werden (siehe Marmé et al., 2015). Während einer Laufzeit von drei Jahren wurden dazu jährlich zehn Lehrkräfte an fünf Schulen pro Teilnehmerland fortgebildet und in ihrer Schulpraxis begleitet. In jedem Projektjahr fanden zudem eine nationale Express Yourself Conference (EYC) in jedem Land und anschließend eine internationale EYC (in Sheffield, Heidelberg und Plovdiv) statt, bei der Schülerteams der Partnerschulen ihre Forschungsergebnisse öffentlich präsentierten. Das Projekt wurde evaluiert und 2016 abgeschlossen. In diesem Beitrag berichten wir über wesentliche Ergebnisse und Herausforderungen.

#### **Theoretischer Hintergrund**

Im Rahmen dieses Projektes sollte forschend-entdeckendes Lernen – verstanden als Inquiry Based Science Education (IBSE) – von den teilnehmenden Lehrkräften als Prinzip in ihren alltäglichen naturwissenschaftlichen Unterricht eingebunden und als ein wichtiger und notwendiger elementarer Bestandteil ihres Unterrichts gesehen werden. IBSE gilt als ein wichtiger Ansatz für den naturwissenschaftlichen Unterricht, in dem SchülerInnen anhand selbst gewählter Fragestellungen forschen und Datenmaterial zum Beantworten dieser Fragen heranziehen (Crawford, 2000). Die SchülerInnen übernehmen hier in Gruppen aktiv die Rolle von Forschern und sollen dabei bereits selbst in Ansätzen verstehen, wie Forscher arbeiten. Sie entwickeln die Fähigkeit, Forschungsprojekte eigenständig durchzuführen und lernen im Tun grundlegende wissenschaftliche Methoden kennen. Sie lernen zudem, ihre Forschungsergebnisse mündlich und schriftlich zu kommunizieren. Das Projekt stellte den Lehrkräften als Einstieg und Grundlage 11 Schüler-Forschungsthemen (Earth and Universe Pupil Research Briefs - EUPRBs) im Themenbereich „Erde und Universum“ zur Verfügung, über die Marmé et al. im vorliegenden Tagungsband berichten.

#### **Zahlen, Fakten und Ergebnisse**

Das Projekt hatte eine Laufzeit von drei Jahren (Mai 2013 bis Juni 2016). Insgesamt beteiligten sich 565 Lehrkräfte aus 12 Ländern an den Projektaktivitäten. Sie nahmen an insgesamt 36 Lehrerfortbildungen (sog. teacher briefings) teil, über die im Beitrag von Krebs et al. (in diesem Tagungsband) berichtet wird. Es wurden 36 nationale Schülerkonferenzen mit 4775 teilnehmenden SchülerInnen sowie drei internationale Schülerkonferenzen mit insgesamt 1190 Teilnehmern realisiert. Die Schülerforschungsthemen wurden während der Projektlaufzeit um drei weitere ergänzt. Das Konsortium traf sich fünfmal während der Projektlaufzeit.

Am Ende des Projekts zeigten sich alle Partner und die meisten Lehrkräfte zufrieden mit der Qualität und Anwendbarkeit der Schülerforschungsprojekte sowie der Umsetzung der vorgegebenen Ideen. Insbesondere die Schülerkonferenzen wurden als sehr motivierend und qualitätsfördernd bewertet, auch wenn sie zusätzlichen Arbeitsaufwand bedeuteten (siehe

Projektwebsite). Bei einer weiteren finanziellen Förderung wäre mindestens die Hälfte der Projektpartner dazu bereit, die Aktivitäten in ihren Bereichen fortzusetzen. Vier Projektpartner (Georgien, Tschechien, Frankreich, Jordanien) äußerten, die Praxis mit eigenen Mitteln weiter umsetzen zu wollen und zudem zu versuchen, neue Projektmittel einzuwerben. Ob dies tatsächlich gelingt, bleibt abzuwarten.

Damit wurden die Projektziele formal vollständig und zufriedenstellend erfüllt. Die nun zur Verfügung stehenden Bild- und Text-Dokumente, die Ergebnisse der internen Evaluation und die Projekt-Website(s) belegen das Engagement, den gelungenen Transfer in die Praxis und die Begeisterung der TeilnehmerInnen über diesen Zugang. Dies soll aber nicht heißen, dass eine ganze Reihe an Herausforderungen zu meistern war, die wir hier – auch für die Beachtung in zukünftigen internationalen Transfer-Projekten – zusammenfassend und aus der Sicht eines Projektpartners darstellen und teilen wollen.

### Die Herausforderungen

Da das Projekt einen Transfer von in der Wissenschaft entwickelten und empirisch getesteten Ideen im Hinblick auf die Realisierung von forschend-entdeckendem Lernen in die Schulpraxis zu meistern anstrebte, waren wir mit Herausforderungen auf zwei Ebenen konfrontiert: den Bedingungen in den beteiligten Schulen und den Bedingungen auf der Ebene der Wissenschaft. Sie betrafen die folgenden Bereiche:

Herausforderungen Ebene Schule	Herausforderungen Ebene Wissenschaft
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lehrpläne und Schulpolitik in den Partnerländern</li> <li>- Werbung von Lehrkräften für das Projekt</li> <li>- Unterrichtskultur, Rahmenbedingungen in den Partnerländern</li> <li>- Kompetenzen der Lehrkräfte und Partner, ihre individuellen Erfahrungen und Gewohnheiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Umsetzungsideen (EUPRBs) aus einem Partnerland (UK) mit Blick auf IBSE-Prinzipien</li> <li>- Interpretation und Adaption in 12 Ländern</li> <li>- Kurz-Fortbildungen und Unterrichtsbegleitung</li> </ul>

Im Hinblick auf die *Lehrpläne und die Schulpolitik* der Partnerländer konnten wir feststellen, dass die bildungspolitischen Vorgaben bei allen inhaltlich gut passen – forschend-entdeckendes Lernen soll tatsächlich überall Unterrichtsprinzip in den Naturwissenschaften sein. In den meisten Fällen - so berichteten die Partner - fehlen jedoch die notwendigen Umsetzungsbedingungen. Im Bereich der Schulorganisation reicht der zeitliche Rahmen für Forschungsprojekte oft nicht aus. Der Unterricht ist zu stark und kurz getaktet und erlaubt so länger andauernde Forschungsprojekte nur sehr eingeschränkt. In den verschiedenen Partnerländern ließen die curricularen inhaltlichen und methodischen Vorgaben teilweise nur zu, die Themen im Rahmen außerunterrichtlicher Angebote forschend-entdeckend umzusetzen. Dies gelang dann unter großem individuellem Einsatz sehr gut. Die von uns gebotenen Themen und Inhalte passen nur bedingt zu den Curricula. Forschend-entdeckendes Lehren und Lernen als Unterrichtsmethode passt in der Regel nicht zu den noch vorwiegend existierenden gesellschaftlichen Erwartungen der Darbietung von fachlichen Inhalten. Bei den Lehrkräften bestehen zudem deutliche Unsicherheiten bezüglich der bestehenden „Freiheitsgrade“. Die Lehrkräfte sind im Schulalltag so sehr belastet, dass sie keine oder nur wenige Kapazitäten frei haben für die notwendigen Fortbildungen, die konzeptionelle Arbeit und die Begleitung der Schülerinnen und Schüler.

Die *Werbung von Lehrkräften* für dieses Projekt war teilweise schwierig. In den meisten Fällen gelang dies über offizielle Strukturen (z.B. mit Unterstützung der Schulaufsicht, die

an der Umsetzung interessiert ist) oder aber auch über persönliche Beziehungen der Projektmitglieder. Besonders schwierig erwies sich die Suche nach kooperierenden Schulen in Deutschland, Großbritannien, Irland und Italien. Das mag daran liegen, dass in diesen Ländern inzwischen fast ein Überangebot an Initiativen und Projekten für Schulen existiert und die Kapazitäten der Lehrkräfte und SchülerInnen dadurch erschöpft sind.

Die *Unterrichtskultur* in den Schulen der Partnerländer entspricht in der Regel den jeweiligen bildungspolitischen Vorgaben und den allgemeinen Vorstellungen vom Lehren und Lernen im Partnerland. Man befindet sich mehr oder weniger im Übergang vom Frontalunterricht zu Projektunterricht. Alle Partnereinrichtungen verfügten über geeignete Unterrichtsräume mit Laboreinrichtungen. Die zeitlichen Rahmenbedingungen für forschend-entdeckendes Lernen sind jedoch hinsichtlich der Unterrichtstaktung und der Lagermöglichkeiten für Experimentieraufbauten nicht immer optimal. Hier wurden die bestehenden Möglichkeiten teilweise recht flexibel genutzt. Hinsichtlich der finanziellen Bedingungen muss darauf hingewiesen werden, dass während der Laufzeit von „Chain Reaction“ Projektmittel in einem beachtlichen Umfang vorhanden waren, die es normalerweise in den Schulen nicht gibt.

Eine weitere Herausforderung waren und sind die unterschiedlichen *Kompetenzen der Lehrkräfte und der Partner*, ihre individuellen Erfahrungen und Gewohnheiten im Hinblick auf das Verständnis und die konkrete Umsetzung von IBSE. Die Ausbildung der Lehrkräfte ist in den Partnerländern bezüglich des Verhältnisses von Fach, Fachdidaktik, Unterrichtspraxis und Kompetenzorientierung unterschiedlich. Somit beobachteten wir auch ein recht unterschiedliches Verständnis von IBSE und dessen Umsetzung in die Praxis, die sich in langen Diskussionen bis zum Projektende widerspiegeln. Es gab außerdem Schwierigkeiten, im Projektzeitraum aus den gewohnten Arbeitsabläufen auszubrechen und bestehenden Ängste, etwas „falsch“ zu machen bzw. das Curriculum nicht zu erfüllen, zu überwinden.

Die *Themen der Schülerforschungsprojekte* wurden von einem der Projektpartner (dem Koordinator) in das Projekt eingebracht und waren mit dem Blick auf IBSE-Prinzipien gestaltet. Sie fußen also auf den Erfahrungen eines Partners und wurden als Beispiele vorgegeben. Aus unserer Sicht sind die vorgeschlagenen Themen mit ihren didaktisch-methodischen Hinweisen eher „hands-on“-Rezepte, als maximal auf den bekannten Prinzipien beruhendes forschend-entdeckendes Lehren und Lernen. Daraus folgte die Notwendigkeit der (aufwändigen) Adaption durch die Partner bzw. Lehrkräfte in den beteiligten Ländern, denn die Auffassungen über den Freiheitsgrad beim forschend-entdeckenden Lernen gingen recht weit auseinander. Zudem fordert die EU eher „Rezepte“, die auf der Projektwebsite als best-practice-Beispiele erscheinen sollen und leicht übernommen und genutzt werden können.

Wir beobachteten, dass die Themen und Fragestellungen der EUPRBs nur bedingt zu den Forschungsinteressen und Lehrplanthemen in den Partnerländern passen. Die Themen waren somit als Anregung zu verstehen und wurden entsprechend verändert, neue Themen wurden eingebracht. Leider reichte die Zeit nicht, diese „Neuentwicklungen“ im Konsortium fachlich und fachdidaktisch zu diskutieren. Insgesamt war in kurzer Zeit viel Prinzipielles zu diskutieren, zu verstehen und zu vermitteln, was die Unterrichtspraxis in 12 Partnerländern verändern sollte, aber Veränderung braucht Zeit!

**Literatur**

- Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: new roles for science teachers. *Journal of research in Science education*, 37 (9), 916 – 937
- Marmé, N., Glaser, J., Graf, S. & Welzel-Breuer, M. (2015). Chain Reaction – a sustainable approach to Inquiry Based Science Education. In: S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 384-386). Kiel: IPN.

Nicole Marmé<sup>1</sup>  
 Jonathan Glaser<sup>1</sup>  
 Sönke Graf<sup>1</sup>  
 Manuela Welzel-Breuer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg

### **Schüler-Forschungsthemen im EU-Projekt „Chain Reaction“**

Das Projekt Chain Reaction hatte zum Ziel, forschend-entdeckendes Lernen in den Schulunterricht der Sekundarstufe 1 zu implementieren. Im Rahmen des von der Europäischen Union im 7. Rahmenprogramm geförderten Projektes wurden in zwölf Ländern in drei Projektjahren Lehrkräfte geschult, die dann auf Grundlage von sog. Schüler-Forschungsthemen Forschungsprojekte mit Schulklassen oder in AG's durchführten. Jedes Forschungsprojekt hatte einen Forschungsanlass bzw. einen Forschungskontext. Im weiteren Verlauf des Projektes sollten die Schülerinnen und Schüler ihre Forschungsfragen, Hypothesen oder Vorhersagen aufstellen und eigenständig geplante Untersuchungen durchführen, um diese gegebenenfalls zu bestätigen. Den Abschluss der Schülerprojekte bildete die Präsentation der Forschungsergebnisse auf einer eigens für dieses Projekt in jedem Land durchgeführten wissenschaftlichen Tagung (National Express Yourself Conference). Dort wählte eine Jury einen Vortrag für eine internationale Tagung (International Express Yourself Conference) aus, bei der die Siegergruppen der verschiedenen Länder ihre Forschungsergebnisse vorstellen durften.

#### **Schüler-Forschungsthemen**

Für das Chain Reaction-Projekt wurden elf praxiserprobte Schüler-Forschungsthemen mit dem Schwerpunkt „The Earth and the Universe“ ausgewählt, in den einzelnen Ländern z.T. in die jeweilige Landessprache übersetzt und auf deren Rahmenbedingungen angepasst. Diese Themen bildeten die Grundlage für die Forschungsprojekte der Schülerinnen und Schüler und wurden ihnen zu Beginn der Unterrichtseinheit als Unterrichtsmaterialien zur Verfügung gestellt. Die Themen ermöglichen ein selbstkontrolliertes, zielorientiertes Experimentieren und Lernen in einem authentischen Szenario. Jedes Forschungsthema hat den gleichen 4-stufigen Aufbau (1. Forschungskontext, 2. Hintergrundwissen, 3. Untersuchung, 4. Kommunikation).

#### **Forschungskontext**

Am Anfang eines jeden Projektes steht eine wissenschaftliche Problem- und Fragestellung, der Forschungskontext. Beispielsweise übernehmen die Schülerinnen und Schüler bei dem Projekt „Aufgeheizt – Solarkollektoren“ die Rolle von Forscherinnen und Forschern in der Entwicklungsabteilung eines Solar-Unternehmens. Sie erhalten von der Geschäftsleitung den Auftrag, Grundlagenforschung zu Solarkollektoren zu betreiben, um im Anschluss eigene Kollektoren zu vertreiben. Hierbei führen sie Experimente zur Absorption von Wärmestrahlung an verschiedenen Materialien durch. Außerdem können sie ein eigenes Kollektormodell bauen. Bei „Aus den Augen – aus dem Sinn?“ übernehmen sie die Rolle von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern am Institut für Umweltchemie und bearbeiten den Auftrag, ein Abfallentsorgungsunternehmen bezüglich der umweltgerechten Lagerung von Abfällen zu beraten. Hierbei setzen sich die Jugendlichen thematisch mit Mülldeponien und deren Folgen für die Umwelt auseinander. Sie führen Experimente zur Reinigung von Sickerwasser durch und planen Untersuchungen zur Ermittlung einer sicheren Einfassung von Müllablagerstätten. Bei „Auf Kollisionskurs“ übernehmen sie die Rolle von Forscherinnen und Forschern eines Observatoriums zur Beobachtung von Himmelskörpern. Ihr Forschungsauftrag ist es, eine Gefahrenabschätzung zur Kollision von Kometen mit der Erde

zu erstellen. Dabei werden Experimente zur Untersuchung von Einschlagskratern durchgeführt. „Mission: Mars – Leben im Weltall“ ist ein Projekt, bei dem die Schülerinnen und Schüler die Rolle von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in der Fakultät für Bioastronomie einer Universität einnehmen. Die Kinder sollen für den Wettbewerb: „Gestaltung lebenserhaltender Anlagen für Marsmissionen“ vorbereitende Arbeiten durchführen. Sie entwickeln und bearbeiten eigene Forschungsfragen rund um die Sauerstoffversorgung, die Ernährung durch eine eigene Pflanzenzucht und die Aufbereitung von Abfallprodukten. Bei „Mobile Wasserkraftwerke“ sollen die Kinder als Mitarbeiter in der Fakultät für Ingenieurwesen einer Universität die Gestaltung eines transportablen Wasserkraftwerkes (PHEPP) erforschen. Dabei lernen sie den Aufbau eines solchen Kraftwerkes kennen und führen Experimente zur Maximierung der erzeugten Generatorspannung und zur Optimierung des Aufbaus der Turbinen durch.

Alle hier vorgestellten Schüler-Forschungsthemen sind in deutscher Sprache auf der nationalen Projekt-Webseite ([www.chreact.de](http://www.chreact.de)) und in englischer Sprache auf der internationalen Webseite ([www.chreact.eu](http://www.chreact.eu)) zu finden.

### **Hintergrundwissen erarbeiten**

Die Literaturrecherche (auch international) ist ein wesentlicher Bestandteil naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen und auch des hier vorgestellten Projektes. Um die Problem- und Fragestellungen zu bearbeiten, müssen die Schülerinnen und Schüler sich zunächst Hintergrundinformationen zum jeweiligen Thema beschaffen. Diese finden sie z.T. in den zur Verfügung gestellten Unterrichtsmaterialien, in Form von Berichten, Sitzungsprotokollen, Auszügen aus Büchern und Notizen von Wissenschaftlern. Natürlich steht es ihnen frei, auch auf andere Quellen (bspw. Fachzeitschriften, Bücher, Internet, Expertenbefragung) zurückzugreifen. Beim Lesen relevanter Forschungspapiere und über den Austausch mit Experten lernen die Kinder mehr und mehr über ihr zu bearbeitendes Gebiet. Außerdem beinhaltet die grundlegende Literatur ein breites Feld von Untersuchungsmethoden, die in den jeweiligen Forschungsprojekten Verwendung finden könnten.

### **Untersuchungen durchführen**

Im Zentrum des Unterrichtsprojektes steht die Durchführung der selbst geplanten und entwickelten Experimente und Untersuchungen. Jedes Schüler-Forschungsthema ist so aufgebaut, dass es die Schülerinnen und Schüler dazu veranlasst, eine oder mehrere Untersuchungen durchzuführen. Sie beginnen damit, die Frage, Hypothese oder Vorhersage aufzustellen oder eine ihnen vorgestellte Idee zu übernehmen und ein Vorgehen für die Untersuchung zu planen. Nachdem sie eigene Untersuchungen durchgeführt haben, analysieren sie ihre Ergebnisse und ziehen Schlüsse. Beim selbstgesteuerten praktischen Arbeiten können Schlüsselkompetenzen gefördert werden, wie bspw. Problemlösekompetenz, Planungskompetenz, Interpretation von Ergebnissen, Umgang mit Rückschlägen.

### **Kommunikation der Ergebnisse**

Den Abschluss des Chain Reaction-Projektes bildet die Kommunikation der Forschungsergebnisse auf einer wissenschaftlichen Tagung. Hierzu mussten die Schülerinnen und Schüler zunächst eine Zusammenfassung ihrer Forschungsarbeiten einreichen, die in einem Tagungsband veröffentlicht wurden. Außerdem ist in den Themen vorgesehen, dass die Schülerinnen und Schüler ihre Erkenntnisse über vielerlei andere Wege kommunizieren, die die Vielfalt von Medien und Methoden, welche auch in der Berufswelt von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern vorkommen, widerspiegelt.

**Möglicher Einsatz in der Schule und Adaption an die Rahmenbedingungen**

Die Themen eignen sowohl für den Unterricht in der Sekundarstufe I (Zielgruppe 14-16-Jährige) aller Schulformen in den Fächern Biologie, Chemie, Physik, Technik und Naturwissenschaft- und Technik als auch für den Einsatz in naturwissenschaftlichen AGs. Aufgrund ihrer Interdisziplinarität eignen sich die Themen auch für den fächerübergreifenden Unterricht.

Nach Bonnstetter (1998) lassen sich beim forschend-entdeckenden Lernen (Inquiry Based Science Education) verschiedene Stufen einteilen - je nach Art der Schülerbestimmung beim Forschen. Diese reichen von einem „Traditional-hands-on“, bei dem die Lehrkraft das Thema, die Forschungsfrage, die Materialien und das Untersuchungsdesign vorgibt und auch die Ergebnisse und Schlussfolgerungen gemeinsam mit der Lehrperson entwickelt werden, bis hin zu einer sehr offenen Form („Student' Research), bei der die Schülerinnen und Schüler diese Aufgaben selbständig übernehmen und die Lehrkraft nur unterstützend wirkt. Bei den vorgestellten Schüler-Forschungsthemen hatten die Kinder z.T. die Möglichkeit das Untersuchungsdesign selbst zu gestalten, sowie die Forschungsergebnisse selbst zu interpretieren und die Schlussfolgerungen daraus zu ziehen. Dieses Vorgehen entspricht den Stufen „structured“ bzw. „guided“ nach Bonnstetter.

Für Lehrkräfte, die bereits ähnliche Projekte mit ihren Kindern durchgeführt haben und schon erfahren im Umgang mit selbstgesteuertem Planen und Durchführen von Forschungsprojekten sind, haben wir die ursprünglich im Rahmen des Projektes zur Verfügung gestellten Schüler-Forschungsthemen um zwei weitere offenere Projekte ergänzt. Beim Projekt „Im Aufwind – regenerative Energieversorgung“ übernehmen die Kinder Rolle von Ingenieurinnen und Ingenieuren in einer Firma zum Bau von Aufwindkraftwerken (Jannack, Knemeyer, & Marmé, 2016). Sie erhalten den Forschungsauftrag, ein funktionstüchtiges Modell zu entwerfen und dieses hinsichtlich der Effektivität zu untersuchen. Dabei steht es ihnen frei, welches Material sie verwenden. Auch das Thema „Kosmetik“ ist eine sehr offene Form des forschend-entdeckenden Lernens (Marmé & Knemeyer, 2015). Hierbei erhalten die Schülerinnen und Schüler den Auftrag, eine eigene Creme zu entwickeln und diese zu beforschen. Dabei ist es den Kindern frei gestellt, welche Forschungsfrage (z.B. Untersuchung der Viskosität, Experimente zur Konservierung) sie bearbeiten.

**Literatur**

- Bonnstetter, R. J. (1998). Inquiry: Learning from the past with an eye on the future. *Electronic Journal of Science Education*, 3(1).
- Jannack, V., Knemeyer, J.-P., & Marmé, N. (2016). Kompetenzförderung im Naturwissenschaft- und Technik-Unterricht durch den Bau von Aufwindkraftwerksmodellen. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 4(1).
- Marmé, N. & Knemeyer, J.-P. (2015). Das Kosmetikprojekt Marmetics. Verbindung von außerschulischem Lernen und regulärem Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 26(147), 42–43.

Ann-Katrin Krebs<sup>1</sup>  
 Manuela Welzel-Breuer<sup>1</sup>  
 Nicole Marmé<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg

## **Zur Wirkung von Lehrerfortbildungen im EU-Projekt Chain Reaction**

Das EU-Projekt „Chain Reaction“ hatte zum Ziel, in zwölf Ländern forschend-entdeckendes Lernen nachhaltig in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren. In dieser Teilstudie interessiert insbesondere, inwieweit die zu diesem Zweck in den Partnerländern umgesetzten Lehrerfortbildungen als förderlich von den Lehrkräften eingeschätzt wurden. Dazu wurde eine Fragebogenstudie durchgeführt, die die Wirkung der Lehrerfortbildungen in Hinblick auf die Methode des forschend-entdeckenden Lernens evaluierte.

### **Hintergrund**

Über den Ansatz des forschend-entdeckendes Lernens oder auch „inquiry based science education“ (IBSE), wurde im Rahmen des Projektes „Chain Reaction“ versucht, durch Lehrerfortbildungen und speziell entwickelte Schülerforschungsthemen naturwissenschaftliches Entdecken und Forschen in den alltäglichen Unterricht (stärker) zu implementieren. „In Anlehnung an das entdeckende Lernen erfolgt die „Entdeckung“ im naturwissenschaftlichen Unterricht meist mittels wissenschaftlicher Untersuchungen (Experimente). Im Konzept des Forschenden Lernens innerhalb des naturwissenschaftlichen Unterrichts wird der Lernprozess konsequent am Prozess des wissenschaftlichen Vorgehens ausgerichtet, d.h. an den einzelnen Phasen von der Fragestellung über Hypothesen bis zur Erklärung der Befunde.“ (Hof und Mayer 2008, S. 72).

Im Rahmen des Arbeitspaketes 5 (DOW (2012): WP 5 – Teacher IBSE/EUPRB Briefings) wurden spezielle Lehrerfortbildungen entwickelt, welche den Lehrkräften die Möglichkeit geben, selbst forschend zu entdecken und die angebotenen Schülerforschungsthemen auf das Inquiry-Level (vgl. Bonnstetter 1998) mittels verschiedener Inquiry Techniken (vgl. Crawford 2014, S. 517) anzupassen.

### **Ziele der Lehrerfortbildung**

Es sollten qualitativ hochwertige Lehrerfortbildungen im Bereich des forschend-entdeckenden Lernens entwickelt und umgesetzt werden, welche Informationen zu den Schülerforschungsthemen und zur Präsentation von Forschungsergebnissen auf einer Konferenz an die Lehrkräfte geben. Dadurch sollte es zu einer Erhöhung des Vertrauens der Lehrkräfte in das forschend-entdeckende Unterrichten und Lernen kommen. Zudem wurde die Wissensweitergabe innerhalb der Schulen von den Projektpartnern anvisiert.

### **Umsetzung**

Pro Jahr und Partnerland nahmen zehn Lehrkräfte aus fünf Schulen am Projekt teil. Die Lehrerfortbildungen wurden von den Partnern entwickelt und durchgeführt. Die Lehrkräfte erhielten alle Informationen zum forschend-entdeckenden Lernen und den Schülerforschungsthemen. Für Fragen standen die Partner den Lehrkräften auch nach der Fortbildung zur Verfügung.

Ziel der Studie war es zunächst zu erfahren, in wie weit die Partner die in der Description of Work geforderten Inhalte umgesetzt haben und welche Ziele sich die Partner durch die Wahl der Unterrichtsmethoden und der Inhalte vorgenommen hatten. Im Anschluss wurden die

Lehrkräfte zu ihren Einschätzungen hinsichtlich Inhalt, Methodik, Support und Struktur befragt.

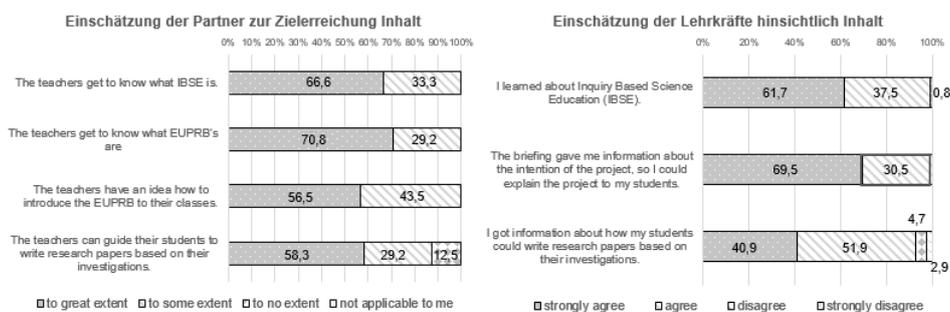
### Ausgewählte Forschungsfragen

- F1: Wie wurde das Teacher-Briefing in den Partnerländern bezüglich der in der Description of Work festgelegten Inhalte umgesetzt?  
 F2: Wie schätzen die Lehrkräfte das Teacher Briefing hinsichtlich der Inhalte ein?  
 F3: In wie weit kannten die Lehrkräfte bereits vor der Fortbildung den IBSE-Ansatz?  
 F4: In wie weit wurden die Lehrkräfte dazu motiviert bzw. befähigt, IBSE-Projekte in ihren Schulalltag zu übernehmen?  
 F5: In wie weit treten länderspezifische Besonderheiten in 1., 2., 3. auf?

### Methode und Vorgehen

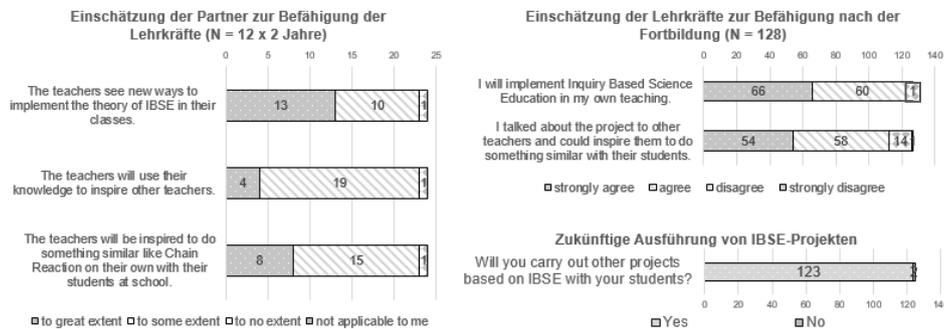
Es wurde eine schriftliche Befragung von Partnern und Lehrkräften in 12 Ländern durchgeführt (Großbritannien, Irland, Italien, Griechenland, Bulgarien, Georgien, Frankreich, Jordanien, Deutschland, Slowenien, Slowakei, Türkei). Die beiden Fragebögen für Partner und Lehrkräfte wurden mit geschlossenen Fragen in englischer Sprache verfasst, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Es erfolgte eine kommunikative Validierung beider Fragebögen durch die Projektpartner. Auf dieser Grundlage wurde der Fragebogen für Lehrkräfte in einigen Partnerländern in die Landessprache übersetzt (Arabisch, Bulgarisch, Georgisch, Italienisch, Slowakisch, Slowenisch, Französisch), um sicherzustellen, dass alle Lehrkräfte die Fragen verstehen und beantworten können. Der Fragebogen der Partner enthielt 18 Fragen mit 119 Antwort-Items, der Fragebogen der Lehrkräfte 12 Fragen mit 43 Antwort-Items. Die Befragung der Lehrkräfte erfolgte von November 2015 bis Mai 2016. An der Erhebung nahmen alle zwölf beteiligten Länder teil. Die erhobenen Daten wurden in ein Excel-Sheet übertragen und über eine deskriptive Statistik analysiert. Der Datensatz der Partner entspricht bei  $N_{\text{Partner}}=12$  einem Rücklauf von 100%. Von Seiten der Lehrkräfte aus den Projektjahren 2013/2015 und 2014/2015 wurden  $N_{\text{Lehrkräfte}}_{J1+J2} = 128$ , was einem Rücklauf von 50,83% entspricht.

### Ausgewählte Ergebnisse



Die Einschätzung der Partner und die Einschätzung der Lehrkräfte in Bezug auf die inhaltliche Zielerreichung der in der Description of Work befindlichen Vorgaben, decken sich. Die Angaben der Partner und die der Lehrkräfte befinden sich, bis auf kleinere Ausnahmen, alle im positiven Bereich der Skala.

Die Einschätzung der Partner hinsichtlich der Befähigung der Lehrkräfte, IBSE in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu implementieren, ist positiv ausgefallen.



Die Partner sind größtenteils der Meinung, dass die Lehrkräfte neue Wege erkannt haben, IBSE in ihrem Unterricht zu nutzen sowie dass die Erfahrungen die Lehrkräfte inspiriert haben, IBSE-basierende Projekte in ihrem Unterricht fortzuführen. Die Lehrkräfte sind sogar noch positiver in ihrer Einschätzung. Beinahe alle befragten Lehrkräfte möchten auch zukünftig IBSE-Projekte durchführen.

### Zusammenfassung

Die in der Description of Work geforderten und vorgegebene Inhalte wurden von den Partnern umgesetzt, Schwerpunkte lagen bei der Vorstellung der EUPRBs, Vorstellung von IBSE und die Umsetzung durch praktische Beispiele in der Fortbildung. Zusätzlich wurde die aktuelle Praxis reflektiert. Die Lehrkräfte bestätigen die wesentlichen Punkte; sie sind mit der Umsetzung und den Inhalten zufrieden. 34,9 % der befragten Lehrkräfte kannten vor der Fortbildung den IBSE-Ansatz nicht. 99,2 % der Lehrkräfte gaben aber an, etwas über IBSE in der Fortbildung gelernt zu haben. Befragte Projektlehrkräfte aus der Türkei waren zum Großteil nicht mit IBSE vertraut (71,43 %), bei den griechischen Lehrkräften betraf dies 55,6 % und bei den bulgarischen Lehrkräften 52,9%. Bedarf an Fortbildung war also vorhanden! Viele gaben an, obwohl sie schon vor dem Projekt „Chain Reaction“ etwas über IBSE wussten, durch die Lehrerfortbildung noch dazugelernt zu haben. 99,1 % der Lehrkräfte gaben an, dass sie zukünftig IBSE in ihren Unterricht implementieren wollen. 98,4% der Lehrkräfte haben vor, IBSE-basierte Projekte auch in Zukunft durchzuführen. Es treten sonst keine weiteren Länderbesonderheiten auf.

### Diskussion

Generell fiel die Befragung sehr positiv aus. Es gab wenig Daten, die im neutralen oder negativen Bereich der Skala angesiedelt waren. Es liegt nahe, dass hier sowohl bei den Partnern als auch bei den Lehrkräften unbewusst soziale Erwünschtheit eine Rolle spielte.

Problematisch zu betrachten sind die im Fragebogen verwendeten geschlossenen Fragen in englischer Sprache. Die Befragten sind naturgemäß durch die Geschlossenheit der Fragen und durch die vorgegebenen Antwortmöglichkeiten eingeschränkt und antworten eventuell nicht so, wie es ihnen bei einer offen(er) gestellten Frage möglich gewesen wäre.

Da es sich um ein internationales Projekt handelt und der Fragebogen in der Wissenschaftssprache Englisch formuliert und teilweise noch in eine weitere Sprache übersetzt wurde, ist es durchaus möglich, dass Nicht-Muttersprachler in der englischsprachigen Version Schwierigkeiten bei der Beantwortung hatten und gegebenenfalls die Fragen nicht so verstanden haben, wie sie intendiert waren. Bei einer weiteren Übersetzung der Items könnten sich zusätzliche Fehler eingeschlichen haben.

Es war leider nicht möglich während der Befragung persönlich vor Ort zu sein. Dadurch konnten auch keine qualitativen Interviews, die in einem Gespräch eventuell weitere Aspekte der Lehrerfortbildung zu Tage gebracht hätten, durchgeführt werden.

**Literatur**

- Bonnstetter, R. J. (1998). Inquiry: Learning from the Past with an Eye on the Future. *Electronic Journal of Science Education*, 3(1).
- Crawford, Barbara (2014): From Inquiry to Scientific Practices in the Science Classroom. In Lederman, N. G. & Abell, S. K. (Hrsg.) (2014): *Handbook of Research on Science Education*, Volume II: 2, Routledge.
- Hof, S.; Mayer, J. (2008): Förderung von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen durch Forschendes Lernen. Ein Vergleich zwischen direkter Instruktion und Guided-Scientific-Inquiry. In: *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* (7), S. 69–84. Online verfügbar unter [http://www.bcp.fu-berlin.de/biologie/arbeitsgruppen/didaktik/Erkenntnisweg/2008/2008\\_05\\_Hof.pdf](http://www.bcp.fu-berlin.de/biologie/arbeitsgruppen/didaktik/Erkenntnisweg/2008/2008_05_Hof.pdf), zuletzt geprüft am 22.08.2016.
- DOW (2012): Supporting actions on Innovation in the classroom: teacher training on inquiry based teaching methods on a large scale in Europe. Annex I - "Description of Work". Grant agreement no: 321278.

Birgit Weusmann<sup>1</sup>  
 Stefan Sorge<sup>2</sup>  
 Burkhard Priemer<sup>3</sup>  
 Irene Neumann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Oldenburg  
<sup>2</sup>IPN Kiel  
<sup>3</sup>Humboldt-Universität zu Berlin

## **Lehr-Lern-Labore in der MINT-Lehrerbildung – Veränderungen im Kompetenzerleben?**

### **Einleitung und theoretischer Hintergrund**

Praxiselemente werden – insbesondere von Studierenden – als bereichernde, wenn nicht gar als unverzichtbare Ausbildungsbestandteile angesehen. Sind diese nicht ausreichend vorhanden, so kann es zu einem „Praxisschock“ beim späteren Eintritt ins Referendariat kommen (Hoppe-Graff, Schroeter & Flaggmeyer, 2008), der mit einer „Deprofessionalisierung“ verbunden ist, da sich das Lehrerhandeln von einer theoretischen Fundierung löst (Hascher, 2014). Neben Schulpraktika und fachwissenschaftlichen Praktika werden daher zunehmend sogenannte Lehr-Lern-Labore in die Lehramtsausbildung eingebunden: Dabei handelt es sich um Schülerlabore mit unterschiedlichen thematischen Ausrichtungen und Zielsetzungen, die an die universitäre Lehramtsausbildung gekoppelt sind. Ihre Chancen werden darin gesehen, dass die Studierenden in komplexitätsreduzierten Lernumgebungen gezielte (erste) Erfahrungen im Planen, Durchführen und Reflektieren von originalen Unterrichtssituationen machen können (Haupt, Domjahn, Martin et al., 2013). Die theoretische Einordnung dieser Erfahrungen im Rahmen der Lehrveranstaltung bewirkt eine Theorie-Praxis-Verzahnung.

Die vorliegende Untersuchung hat zum Ziel, im Rahmen eines Verbundprojekts von sechs Universitäten (FU und HU Berlin, IPN Kiel, Koblenz-Landau, Münster, Oldenburg) einen Hinweis auf die Wirksamkeit von Lehr-Lern-Laboren zu erbringen. Zum einen werden verschiedene affektive Faktoren wie die Haltung gegenüber dem Studium, das Studieninteresse, die Klarheit gegenüber dem angestrebten Berufsziel sowie das Praxiserleben im Studium in den Blick genommen, um Erkenntnisse zur subjektiven Bedeutsamkeit von Lehr-Lern-Laboren für die Studierenden zu generieren. Zum anderen wird die Selbstwirksamkeitserwartung – das Vertrauen in das eigene Wissen und Können hinsichtlich unterrichtsbezogener Tätigkeiten – untersucht, da es als bedeutende Größe für ein erfolgreiches späteres Lehrerhandeln angesehen wird (Woolfolk-Hoy, Davis & Pape, 2006; Reusser, Pauli & Elmer, 2011). Es wird ferner erwartet, dass Lehr-Lern-Labore positive Impulse setzen können, um den „Praxisschock“ abzumildern. Bei den angeführten personalen Faktoren kann angenommen werden, dass deren Förderung in allen Lehr-Lern-Laboren ein übergreifendes Ziel darstellt, unabhängig von der Spezifität des jeweiligen Schülerlabors bzw. der jeweiligen Lehrveranstaltung.

### **Fragestellungen**

Die Studie verfolgt folgende Forschungsfragen:

1. Wie entwickeln sich verschiedene personale Faktoren (wie Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht, Studieninteresse etc.) bei Lehramtsstudierenden der MINT-Fächer im Studienverlauf?
2. Welche Einflüsse können dabei dem jeweiligen Veranstaltungsformat („normales“ Seminar, Lehr-Lern-Labor, Praktikum) zugeschrieben werden?
3. Welche kompetenzerweiternden Qualitäten schreiben die Studierenden selbst den verschiedenen Veranstaltungsformaten zu?
4. Welche Erwartungen stellen Studierende an Lehr-Lern-Labor-Veranstaltungen?
  - a. Inwieweit decken sich diese mit den Intentionen der/des Lehrenden?

- b. Inwieweit werden die Erwartungen erfüllt?  
 5. Wie entwickeln sich die personalen Faktoren aus Frage 1 im Verlauf einer einzelnen Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung?

<b>Forschungsfragen</b>	<b>Instrumente und Einsatz</b>
zu Frage 1 und 2 Quasi-Längsschnitterhebung, Gewinn von Erkenntnissen zur Veränderung verschiedener Studierendenmerkmale im Laufe des Studiums; Rückschlüsse auf die Wirkung von Praxiselementen können gezogen werden	„Fragebogen 1: Selbstwirksamkeitserwartung“ -Angaben zur Person (Alter, Stand des Studiums, absolvierte Praktika und Lehr-Lern-Labore) -Haltung zum Studium (Hapkemeyer, 2012; 3 Items) -Studieninteresse (Schiefele et al., 1993; 3 Items) -Zielklarheit (Braun, 2000; verkürzt nach Hapkemeyer, 2012; 3 Items) -Erlebter Praxisbezug (Hapkemeyer, 2012; 3 Items) -Selbstwirksamkeit zu Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht (eigene Items sowie Items aus Schmitz & Schwarzer, 1999; 25 Items) <i>Einsatz:</i> am Beginn des Sommersemesters 2016 in allen fachdidaktischen Lehrveranstaltungen
zu Frage 3 Bewertung von Lehre (Vorlesung, Seminar, Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung, Schulpraktikum) aus Studierendensicht: erlebter Kompetenzgewinn in verschiedenen Bereichen des Lehrberufswissens	„Fragebogen 2: Bewertung von Lehre“ Wahrgenommene Lernunterstützung in herkömmlichen didaktischen Lehrveranstaltungen, Veranstaltungen im Lehr-Lern-Labor sowie in Schulpraktika bezüglich der Aneignung von Fachinhalten sowie fachdidaktischer Kompetenzen (selbst entwickelt in Kiel; 24 Likert-Items und eine offene Frage) <i>Einsatz:</i> am Ende des Sommersemesters 2016 in allen fachdidaktischen Lehrveranstaltungen
zu Frage 4 Erwartungen der Studierenden an bestimmte Lehr-Lern-Labor-Veranstaltungen	„Fragebogen 3: Erwartungen an Lehre“ Pendant zu „Fragebogen 2: Bewertung von Lehre“; abgefragt werden jedoch Erwartungen; die Items werden hier nur für bestimmte Veranstaltungen im Lehr-Lern-Labor bearbeitet <i>Einsatz:</i> am Beginn des Sommersemesters 2016 in Lehr-Lern-Labor-Veranstaltungen
zu Frage 5 Entwicklung von Studierendenmerkmalen im Verlauf eines Semesters; Evaluation bestimmter Lehrveranstaltungen	„Fragebogen 1: Selbstwirksamkeitserwartung“ (siehe oben) <i>Einsatz:</i> am Ende des Sommersemesters 2016 in bestimmten fachdidaktischen Lehrveranstaltungen

Tab. 1. Forschungsfragen und verwendete Erhebungsinstrumente.

### Methoden

Die Stichprobe besteht aus Lehramtsstudierenden der MINT-Fächer in allen Fachsemestern (2., 4. und 6. Bachelor- und Mastersemester) der am Projekt beteiligten sechs Universitäten (N = ca. 1.300). Erhebungszeitpunkte waren der Beginn sowie das Ende des Sommersemesters 2016. Die Erhebung basiert auf dem Einsatz verschiedener Likert-skalierten Fragebögen. Der Tabelle 1 können die Instrumente für die verschiedenen Forschungsfragen entnommen werden.

**Stand der Arbeiten und Ausblick**

Die Erhebungen wurden mit Ende des Sommersemesters 2016 abgeschlossen, sodass mit Ergebnissen zu Beginn des Jahres 2017 zu rechnen ist.

Insgesamt möchten wir mit der Studie aufdecken, inwiefern Veranstaltungen in Lehr-Lern-Laboren einen positiven Einfluss auf bestimmte Persönlichkeitsmerkmale von Studierenden haben (basierend auf Selbstauskünften). Weiterhin erhalten wir Befunde, inwieweit sich die o. a. Persönlichkeitsmerkmale im Laufe des Studiums entwickeln (Quasi-Längsschnitt). Ein quantifizierender Vergleich zwischen den Standorten ist jedoch nicht vorgesehen (z. B. im Sinne eines Rankings), da die Strukturierung des Studiums sowie die Schwerpunkte der Veranstaltungen zur Lehrerbildung sehr unterschiedlich sind. Das lässt einen bewertenden Vergleich wenig sinnvoll erscheinen. Beachtet man jedoch die verschiedenen Bedingungen separat für jeden Studienort, so lassen sich für die beteiligten Standorte wichtige Rückschlüsse bzgl. der Wirksamkeit des Studiums hinsichtlich der genannten personalen Merkmale ziehen. Aufgrund der teilweise zu erwartenden geringen Stichprobengröße werden zuverlässige Aussagen bzgl. der Effekte einzelner *Veranstaltungsmerkmale* nur tendenziell und beschreibend möglich sein. Aufschlussreich ist aber der Vergleich zwischen den Erwartungen und den Bewertungen der Studierenden einzelner Lehrveranstaltungen. Diese können als Basis für die Verbesserung der Lehre genutzt werden. Durch die vorliegende Untersuchung wird es möglich, Aussagen zur Effektivität von Lehr-Lern-Laboren zu treffen und damit empirisch gesicherte Empfehlungen für ein modernes Veranstaltungsformat abzuleiten, das dabei helfen soll, die Lücke zwischen Theorie und Praxis zu schließen.

**Anmerkungen**

Die Arbeiten sind in dem durch die Deutsche Telekom Stiftung geförderten Entwicklungsverbund „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore“ der Freien Universität Berlin, der Humboldt-Universität zu Berlin, des IPN Kiel, der Universität Koblenz-Landau, der Universität Münster und der Universität Oldenburg entstanden.

**Literatur**

- Braun, O. L. (2000). Ein Modell aktiver Anpassung. Landau: Verlag Empirische Pädagogik.
- Hascher, T. (2014). Forschung zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. In E. Terhardt, H. Bennewitz, & M. Rothland (Hrsg.): Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf, 2. Aufl. Münster: Waxmann.
- Haupt, O. P., Domjahn, J., Martin, U., Skibbe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W. & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. MNU 66(6), 324-330.
- Hapkemeyer, J. (2012). Die Bedeutung beruflicher Zielklarheit im Studium: Eine empirische Annäherung. Dissertation, Stiftung Universität Hildesheim.
- Hoppe-Graff, S., Schroeter, R. & Flammeyer, D. (2008). Universitäre Lehrerbildung auf dem Prüfstand: Wie beurteilen Referendare das Theorie-Praxis-Problem? Empirische Pädagogik 22(3), 353-381.
- Reusser, K., Pauli, C., Elmer, A. (2011). Berufsbezogene Überzeugungen von Lehrerinnen und Lehrern. In: E. Terhardt, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.): Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. 2. Aufl. Münster: Waxmann.
- Schiefele, U., Krapp, A., Wild, K.-P. & Winteler, A. (1993). Der "Fragebogen zum Studieninteresse" (FSI). Diagnostica, 39(4), 335-351.
- Schmitz, G. S. & Schwarzer, R. (1999). Proaktive Einstellung von Lehrern: Konstruktbeschreibung und psychometrische Analysen. Zeitschrift für Empirische Pädagogik, 13 (1), 3-27.
- Woolfolk Hoy, A., Davis, H. & Pape, S. J. (2006): Teacher knowledge and beliefs. In: P. A. Alexander & P. H. Winne (Hrsg.). Handbook of educational psychology. 2nd Ed., Lawrence Erlbaum Ass.

Janine Freckmann<sup>1</sup>  
 Christin Sajons<sup>1</sup>  
 Kai Bliesmer<sup>1</sup>  
 Annika Roskam<sup>1</sup>  
 Michael Komorek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Oldenburg

### **Nachhaltigkeitsbildung im Lehr-Lern-Labor physiXS**

Schülerlabore können ein wirkungsvolles Instrument sein, um Studierende der MINT-Fächer mit dem Experimentieren, Denken und Lernen von Schüler/innen in Kontakt zu bringen und um Theorie und Praxis zu verbinden (Nordmeier et al., 2013; Komorek, 2015). Studierende treten hier als Lehrende auf, sind aber gleichzeitig Lernende bzgl. der Handlungen und Kognitionen ihrer Schüler/innen. Da das Klassenraummanagement der Schulpraktika wegfällt, ist intensive Diagnostik, Reflexion und Adaption von Angeboten möglich. Das Lehr-Lern-Labor physiXS der Physikdidaktik Oldenburg stellt eine offene Plattform dar, auf der Studierende forschend lernen können; im Sinne von design based research (Hußmann, 2013) oder mittels datenbasierter Diagnostik (Interview, Video, Beobachtung).

#### **Nachhaltigkeitsbildung in der Lehrerbildung**

Bildung für eine nachhaltige Entwicklung BNE findet sich als Wunschdimension in den Schulcurricula (Bormann & de Haan, 2008; Grunenberg & Kuckartz, 2007). Die Umsetzung in der Schulrealität lässt hier aber noch zu wünschen übrig, u.a. weil sich die quer zu den Fächern angesiedelten Nachhaltigkeitsthemen auf die übliche Fächerstruktur nicht gut abbilden lassen und weil fächerübergreifende oder epochale Unterrichtsformate kaum in der Unterrichtsrealität anzutreffen sind. Und dies obwohl aus den Schulfächern selbst heraus wesentliche Beiträge zu einer BNE geleistet werden können, vor allem durch geeignete Kontextualisierungen der fachlichen Inhalte. Im Physikunterricht bieten sich immer auch regionale Bezüge für solche Kontextualisierungen an, z.B. aktuelle Forschungen zu Themen wie Wind, Küste, Ozean, Klima, Mobilität. Ein weiterer Grund liegt darin, dass BNE kaum als explizite Anteile in der Lehrerbildung verankert ist. Und auch hier besteht das Problem darin, dass Nachhaltigkeitsthemen nicht gut auf die Studienfächer abbildbar sind.

Hier können Lehr-Lern-Labore, die in Studienmodule eingebettet sind, ein geeignetes Format darstellen, Nachhaltigkeitsthemen in ihrer fächerübergreifenden Besonderheit anzugehen. Aus Sicht der Schüler/innen tut sich über Umweltbildung und Nachhaltigkeitsbildung ein großer Bereich fächerübergreifender Lernmöglichkeiten auf. Die Aktivitäten des Projekts MINT-Umweltbildung (<http://www.mint-umweltbildung.de>) sind hierfür gute Beispiele. Für die Lehrerbildung bieten sich ausgezeichnete Möglichkeiten, Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung mit dem Forschenden Lernen von Studierenden zu verbinden. Folgende Beispiele stammen aus dem Oldenburger Lehr-Lern-Labor physiXS.

#### **Kontextualisierte Experimentierangebote über drei Tage**

In einer Serie von Experimentierangeboten sollte von Seiten der Studierenden besonderer Wert auf die Diagnose von Schülerhandeln und -kognitionen als Basis für eine geeignete Adaption ihrer Experimentierangebote gelegt werden. Dazu wurden von kleinen Schülergruppen an drei aufeinander folgenden Tagen in den Schulferien gestufte Experimentieraufgaben bearbeitet. Die Studierenden hatten so die Möglichkeit, die Schüler/innen kennenzulernen und sich in deren Gedankenwelt einzufinden. Erste Planungen der Experimentieraufgaben sollten auf diese Weise an die erkannten Lernmöglichkeiten oder -schwierigkeiten angepasst werden. Als Diagnosetools haben die Studierenden Beobachtungsraster, auszufüllende Lernhefte und weitere Tools wie Concept Cartoons nutzen können.

Drei Themen mit Nachhaltigkeitsbezug kamen zur Umsetzung. *Auf Schatzsuche mit dem eigenen Tauchboot*: Hierbei ging es um die Entwicklung von Tauchbooten, das mittels Schwimmkörpern in Form veränderbarer Lufteinschlüsse zum Auftreiben und Absinken gebracht werden konnten. Die Aufgabe bestand darin, wie Ozeanforschende in einem großen Wasserbassin Untersuchungen vorzunehmen. Fachliches Wissen sollte also auf experimentellem Wege aufgebaut werden, um es auf eine Problemsituation anzuwenden. Die Aufgabe war eingebettet in eine Geschichte, durch die sich die Schüler/innen mit den Aufgaben von Meeresforscher/innen identifizieren könnten. Weitere Themen waren die *Gewinnung nachhaltiger Energie* und bei *Mit dem Golfstrom auf Achterbahnfahrt* die Untersuchung von Dichte, Auftrieb und Strömungen im Meer anhand von Modellsystemen im Schülerlabor. Auch diese beiden Aufgaben waren in Geschichten mit hohem Aufforderungscharakter eingebunden. Die Schüler/innen waren im Alter von 10-14 Jahre.

Die Ergebnisse liegen zum einen auf der Ebene der Entwicklung: Den Studierenden gelang es, eine Lernumgebung zu schaffen, die eine hohen Aufforderungscharakter hatte und die Schüler/innen kognitiv anregt und zu umfangreichen Experimentierhandlungen anleitend. Es entstanden Lernmaterialien, die einen hohen Grad an Interdisziplinarität aufwiesen und dabei von einem relevanten Nachhaltigkeitsproblem ausgingen. Auf der Ebene des Forschenden Lernens wird deutlich, dass man die Erwartungen nicht zu hoch schrauben darf. Zwar wurden Diagnosetools eingesetzt und es wurde versucht, die Denkwelt der Schüler/innen zu erkunden. Allerdings bestanden größte Schwierigkeiten, von den ursprünglichen Planungen begründet und unter Nutzung der Diagnosedaten abzuweichen und tatsächlich an die Schüler/innen zu adaptieren. Hieran zu lernen ist also, dass die fachdidaktische Entwicklung und das Forschende Lernen zusammengenommen, durchaus Überforderungen bei Studierenden hervorrufen kann.

#### **Kontextualisierter, fächerübergreifender Epochenunterricht**

Eine Kooperation mit der Hermann Lietz Schule und dem dortigen Nationalparkhaus „Wittbülten“ auf Spiekeroog bildete den Rahmen für eine Unterrichtsexpedition Oldenburger Studierender. Geplant wurden Epochenunterrichte über mehrere Tage zu zwei Themen. Studierende planten zusammen mit Lehrkräften der Hermann Lietz-Schule Unterrichtseinheiten mit großen Anteilen im Lehr-Lern-Labor, worin Experimentier-Problemlöseaufgaben mit Bezug zu Nachhaltigkeitsthemen eingebettet waren. Fächeranteile aus Physik, Mathematik, Geographie, Ethik, Politik und Geschichte wurden aufeinander bezogen. Ein Teil der Studierenden führte den Unterricht und die Laborsituationen zusammen mit den regulären Lehrkräften durch, ein anderer Teil der Studierenden kümmerte sich um die Begleitforschung. Deren Ergebnisse wurde noch während der Unterrichtsexpedition zum Anpassen der Angebote genutzt. Zum Einsatz kamen Beobachtungsbögen und Interviews mit Lehrenden und Schüler/innen.

Thema *Energiegewinnung im und am Meer*. Dieses Thema wurde für 10-12jährige (Klassenstufen 5-7) konzipiert und setzte sich unter verschiedenen Perspektiven mit dem Thema der Energiegewinnung an der Küste auseinander. Ökonomische, ethische und ökologische Aspekte wurden in Modulen bearbeitet. Die naturwissenschaftlichen Anteile fanden im Schülerlabor statt. Hier bestand die Experimentieraufgabe darin, mit so genannten Halbzeugen eigene Wasserkraftwerke an der Küste oder im Meer zu bauen, über die man zuvor Theoretisches erfahren hatte, d.h. Gezeitenkraftwerke, Wellenkraftwerke, Strömungskraftwerke. Dilemma-Situationen wie der Bau solcher Anlagen im Wattenmeer, wo ein besonderer Umweltschutz besteht, wurden systematisch in den Epochenunterricht integriert. Thema *Küstenveränderungen*. Dieses Thema ist für 15-16jährige konzipiert worden. Im Kern ging es darum, dass aufgrund der hohen Besiedelung der Küsten unserer Erde ihre stetige natürliche und menschengemachte Veränderung großen Einfluss auf die Lebensgrundlagen sehr vieler Menschen hat. Insbesondere Starkwetterereignisse, Ebbe und Flut

und der Meeresspiegelanstieg wurden thematisiert. Auch hier kamen wieder verschiedene Perspektiven zusammen wie die geografische, die naturwissenschaftliche, die ethische, die mathematische etc.. Lernaufgaben im Labor bestanden z.B. darin, den Golfstrom in einem Modellgefäß nachzubilden, d.h. eine thermohaline Zirkulation zum Laufen zu bringen, um daran die Wirkung einzelnen Einflussfaktoren durch die Schüler/innen untersuchen zu lassen. Auch hier kamen Dilemma-Situationen als Unterrichtsmittel zu Einsatz.

Es zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den oben beschriebenen Experimentieraufgaben: Es wurden interessante und anregende Unterrichtsmodule inkl. der zugehörigen Unterrichtsmaterialien entwickelt (diese werden demnächst als Materialienband veröffentlicht). Es wurden auch zahlreiche empirische Daten zur Diagnose der Schüler-Lernprozesse und zur Analyse der Unterrichtsprozesse erhoben. Diese sollten bei der Auswertung der Entwicklungsprozesse dazu dienen, den Gesamtprozess als Prozess der Entwicklungsforschung darzustellen (vgl. Abb. 1). Hier zeigten sich allerdings erheblich Schwierigkeiten, denn die Studierenden waren nur begrenzt in der Lage, vom „Entwicklungs- und Lehrmodus“ in den „Forschungsmodus“ umzuschalten. Dies zeigt sich insbesondere in deren Abschlussberichten, die als Forschungsberichte gemäß Entwicklungsforschung (vgl. Husmann et al., 2013) konzipiert sein sollten. Als besonderes Problem stellte sich heraus, dass die Studierenden ihre Unterrichtsplanung nicht als Hypothese dafür ansehen konnten, dass diese Planung bestimmte Ziele gut erreichen kann. Sich von der eigenen Planung zu distanzieren und sie kritische und datenbasiert zu testen, stellt offenbar eine große Hürde dar. Ebenso fiel es schwer, „lokale“ Erklärungen für bestimmte spezifisch ablaufende Lernprozesse zu finden, Erklärungen, die datenbasiert sind und die helfen, die Angebote entsprechend zu verbessern.

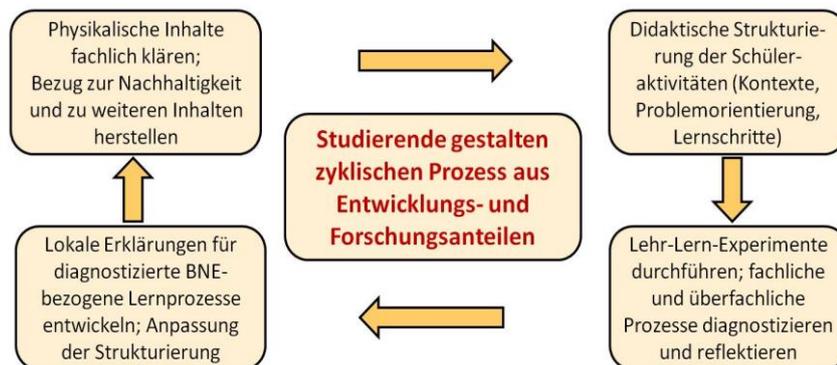


Abb. 1 Zyklisches Forschendes Lernen von Studierenden mit Bezug zu Nachhaltigkeitsthemen (angelehnt an Hußmann et al., 2013)

### Fazit

Für Nachhaltigkeitsbildung besteht ein hoher Bedarf angesichts komplexer gesellschaftlicher Probleme. Lehr-Lern-Labore in der Lehrerbildung stellen ein gutes Mittel dar, um Nachhaltigkeitsthemen, die quer zu den Fächerinhalten stehen, umzusetzen. Denn auf diese Weise kommen Studierende nicht nur in den forschenden Modus, der über die reine Entwicklung von Angeboten hinausgeht, sie lernen selbst Möglichkeiten kennen, aus ihren Fächern heraus Nachhaltigkeitsthemen exemplarisch aufzuarbeiten. Allerdings ist Vorsicht geboten, dass in Lehr-Lern-Labore nicht zu hohe Anforderungen an Studierende gestellt werden, wenn sie Entwicklung und Forschung und unbekannte komplexe Inhalte gleichzeitig erarbeiten sollen. Ziel muss ein Curriculum sein, das zu verschiedenen Zeiten im Studium auf bestimmte der genannten Schwerpunkte fokussiert.

**Literatur**

- Bormann, I. & de Haan, G. (2008). Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde. Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Grunenberg, H., Kuckartz, U. (2007). Umweltbewusstsein. Empirische Erkenntnisse und Konsequenzen für die Nachhaltigkeitskommunikation. In: Michelsen, G., Godemann, J. (Hrsg. 2007). Handbuch Nachhaltigkeitskommunikation, OEKOM Verlag, München.
- Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. & Ralle, B. (2013) Gegenstandsorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen – Fach-didaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.). Der lange Weg zu UnterrichtsDesign – Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. Münster: Waxmann.
- Komorek, M. (2015). Schülerlabore als dynamischer Lernort eines praxisnahen Lehrerbildung. In: O. Haupt (Hrsg.). Festschrift 10 Jahr Lela. Dänischenhagen: Lernort Labor e.V.
- Nordmeier, V. et al. (2014). Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore – Forschungsorientierte Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung. Antrag an die Deutsche Telekom Stiftung.  
[www.mint-umweltbildung.de](http://www.mint-umweltbildung.de)

Daniel Rehfeldt<sup>1</sup>  
 Christiane Klempin<sup>1</sup>  
 David Seibert<sup>1</sup>  
 Tobias Mehrrens<sup>1</sup>  
 Volkhard Nordmeier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Freie Universität Berlin

## **Fächerübergreifende Wirkungen von Lehr-Lern-Labor-Seminaren: Adaption für die Fächergruppen Englisch, Geschichte und Sachunterricht**

### **Einleitung**

Referendar\*innen haben häufig Schwierigkeiten, ihr fachdidaktisches Wissen für die Gestaltung von Unterricht zu nutzen (Vogelsang & Reinhold, 2013). Dies resultiert oft in einem Praxischock bei Schulpraktika oder Praxissemestern (Tschannen-Moran, Hoy & Hoy, 1998) und lässt sich auf mangelnde Anwendungssituationen im Studium zurückführen (Bransford, Brown & Cocking, 2000).

In Folge dessen wird dem komplexitätsreduzierten Üben von »echtem« Unterricht eine wichtige Bedeutung für das handlungsfähige Erlernen didaktischen Wissens und damit auch für den Abbau des Praxischocks zugeschrieben (Fischler, 2008; Tschannen-Moran et al., 1998).

Diesem Umstand wird im Bereich der MINT-Lehrer\*innenbildung bereits langjährig mit Lehr-Lern-Labor-Seminaren (LLS) Rechnung getragen (z. B. FU.MINT, Krofta et al., 2012, 2013, 2014; Dohrmann & Nordmeier, 2015), in denen Schüler\*innen im Rahmen von Schülerlaborbesuchen von den angehenden Lehrer\*innen in Kleingruppen unterrichtet werden. Die in den MINT-Fächern bestehenden Lehr-Lern-Labor-Seminare werden nun an der Freien Universität Berlin im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung im Projekt K2teach für die Fächer Englisch und Geschichte sowie Sachunterricht als Lehrformat adaptiert und die gemeinsamen Wirkungen des Lehrformats untersucht.

Gemeinsame Gestaltungsgrundlagen der LLS sind der Fokus auf einem didaktischen Prinzip pro Lehrveranstaltung, zum Beispiel »Schülervorstellungen« in der Physik oder »Sprechanregung« in Englisch. Das LLS gliedert sich in eine drei bis fünf Seminarsitzungen umfassende Phase der Einarbeitung in den fachdidaktischen Schwerpunkt und die Planung von Unterricht. Daraufhin erfolgt die Planung einer Lernumgebung und Unterrichtseinheit für eine Kleingruppe von 3–6 Schüler\*innen. Es folgt das erste LLL, also der erste Schüler\*innenbesuch, in dem die Studierenden wechselseitig die Rolle des/der Lehrenden und des/der Beobachtenden einnehmen, unter Nutzung von Beobachtungstools, die eine »fachdidaktische Brille« auf das Geschehen ermöglichen. Darauf schließen sich Seminarsitzungen zur Reflexion und Überarbeitung der Lernumgebungen an, gefolgt von einem zweiten LLL mit in der Regel anderen Schüler\*innen und danach einer weiteren Reflexion. Diese Gestaltungsgrundlagen lassen sich auch direkt aus der theoretischen Rahmung des Projekts (2.2) ableiten.

### **Theoretische Rahmung**

#### *Wirkungen von Lehr-Lern-Labor-Seminaren*

Seit nunmehr 35 Jahren existieren an den deutschen Hochschulen Lernwerkstätten als »Vorgänger« der Lehr-Lern-Labore (Coelen & Müller-Naendrup, 2013). Die Stärken dieser Lernwerkstätten bestehen darin, die drei Bereiche Forschung, Studium und Lehre sowie Schulpraxis zu vereinbaren. Auch die Lehr-Lern-Labore (LLL) können zu diesem Kanon gezählt werden. Wedekind (2013), Kottmann (2013) und Heppekausen (2013) argumentieren etwa, dass Hochschulwerkstätten ideale Orte forschenden Lernens darstellen, in denen Theoriebildung und Praxisorientierung zugleich stattfinden.

Empirische Evidenzen zu den tatsächlichen Wirkungen dieses Lehr- und Lernformates sind aktuell noch eine Rarität. Lehr-Lern-Labor-Seminare besitzen eine gute Akzeptanz (Franz, 2012) und fördern die professionelle Unterrichtswahrnehmung (Treisch & Trefzger, eingereicht). Krofta & Nordmeier (2014) stellten ein Konstantbleiben der Lehrer\*innen-Selbstwirksamkeitserwartung in einer PRE-POST-Messung um das LLLS fest. Göhring (2014) dagegen erreichte sogar eine positive Entwicklung bezüglich desselben Konstrukts. Die weiteren Studien waren meist kleinere qualitative Studien, die in ihren Aussagen noch lokal beschränkt sind (z. B. Krofta, Fandrich & Nordmeier, 2012; Steffensky & Parchmann, 2007), es herrscht also Forschungsbedarf.

#### Professionelle Wahrnehmung und Handlung im zyklischen Prozess

Den theoretischen Hintergrund für den Erwerb handlungsfähigen Wissens bildet das Modell der professionellen Wahrnehmung und Handlung nach (Barth, im Druck), angewandt auf das Modell des zyklischen Lernens im Lehr-Lern-Labor nach Nordmeier et al. (2014) (Abb. 1). Im Rahmen des Barth'schen Modells wird dem Erwerb handlungsfähigen Wissens das Durchlaufen von sechs Phasen zugeschrieben, wobei diese weder gemäß Reihenfolge, noch vollständig durchlaufen werden müssen. Sind die Phasen I (»Lehrbuchwissen«) und II (»Call-Out«; Sherin & van Es, 2009) noch rein theoretisch bzw. rein praktischer Natur, so wird bei III das Erkannte in die Theorie eingeordnet, bei IV Handlungsalternativen für die erkannte Situation erdacht und sich in V begründet für die passendste Handlung entschieden, bevor sie in VI implementiert und reflektiert wird.<sup>1</sup>

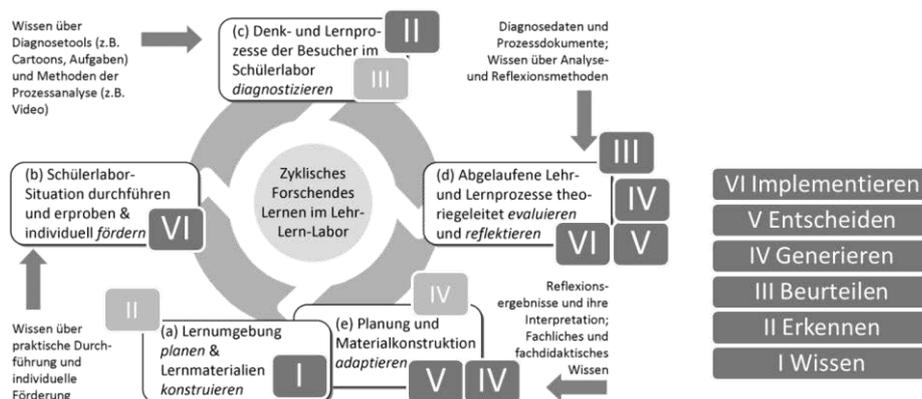


Abb. 1: Fusionsmodell: Lehr-Lern-Labor-Seminar als Lernort professioneller Wahrnehmung und Handlung im zyklischen Prozess (nach Nordmeier et al., 2014; Barth, im Druck). Die stärkere graue Färbung zeigt die Schwerpunkte in der jeweiligen Phase an.

Es handelt sich um ein normatives Modell, das die kategoriale Wahrnehmung (Bromme, 1994), die situation awareness (Endsley, 1995), die professional vision (Sherin & van Es, 2009), sowie die Modellierung einer ability to analyze lessons (Santagata, Zannoni & Stigler, 2007) beinhaltet und zu einem Gesamtmodell zusammenfasst. Dies wurde nun auf den Lernraum LLLS angewandt und auch die Gestaltung derselben (s.o.) daran orientiert.

Die LLLS sind wie oben beschrieben zyklisch angelegt und in fünf Schritte zu unterscheiden (Abb. 1). Jeder Schritt tangiert die Phasen des Modells nach Barth (im Druck). Dabei kommt dem Reflexionsschritt (d) eine besondere Bedeutung zu, da dort vier von sechs Phasen stark angesprochen werden. Es werden beobachtete, mit didaktischer Brille protokollierte

<sup>1</sup> Eine genauere Beschreibung der Phasen findet sich bei Barth (im Druck).

Situationen post hoc beurteilt, eine Auswahl möglicher Lehrer\*innen-Handlungsalternativen generiert, eine Entscheidung getroffen und dies in die Planung des folgenden LLL implementiert. Dementsprechend erscheint es sinnvoll, der Reflexions- und Adaptionsphase im LLLS eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Dies gilt sowohl für die Gestaltung der Lehrveranstaltung (Hochstrukturierte Reflexionssitzung), als auch für die Erforschung (FF2) von LLLS.

### **Ziele und Forschungsfragen**

Wissenschaftliches Ziel ist die Erforschung der Wirkungen des Lehrformats »LLLS«. Es wird erforscht, ob LLLS die wahrgenommene Relevanz der fachdidaktischen Inhalte steigern, also dem Mangel an echten Anwendungssituationen für fachdidaktische Inhalte (s. o.) entgegenwirken können. Betrachtet werden zudem die Entwicklung von didaktischer Reflexionskompetenz (Abels, 2011) und der Lehrer\*innen-Selbstwirksamkeitserwartung (Pfitzner-Eden, Thiel & Horsley, 2014). Ersteres stellt eine Schlüsselqualifikation für adaptive Unterrichtspraxis dar (Seyfried, Weinberger & Reitinger, 2013; Weinberger, 2013) und bildet den Schwerpunkt im Fusionsmodell (Abb. 1), letzteres bildet den motivational-optionalen Rahmen für die erfolgreiche Ausführung von Unterrichtshandlungen und kann Aufschluss geben über die Güte der Komplexitätsreduktion. Dies würde sich nämlich in einem Ausbleiben des Praxisschocks zeigen.

Die fächerübergreifenden Forschungsfragen lauten daher:

<b>FF1</b>	Wie viele Studierende halten die fachdidaktischen Inhalte der LLLS für relevant für ihre Unterrichtspraxis a) absolut b) im Vergleich zu ihren bisherigen Studieninhalten c) im Vergleich zu einem didaktischen Parallelseminar ohne LLL?
<b>FF2</b>	Wie verändert sich die didaktische Reflexionskompetenz bezüglich Praxiserfahrungen mit der Teilnahme an einem LLL und dessen Reflexion a) absolut b) im Vergleich zu einem parallelen Fachdidaktikseminar ohne LLL?
<b>FF3</b>	Wie stark fällt der Praxisschock im Sinne eines Abfalls der Lehrer*innen-Selbstwirksamkeitserwartung nach dem ersten bzw. zweiten LLL aus?

### **Pilotierungsdesign**

In einer Pilotierungsstudie wurde gemäß den Forschungsfragen die Praxisrelevanz (FF1) der fachdidaktischen Inhalte in PRE und POST im LLLS erhoben, in Physik- und Englischdidaktik konnte eine Kontrollgruppe gewonnen werden. Die Erhebung der Reflexionskompetenz (FF2) (Abels, 2011) wird in der Englischdidaktik im PRE-POST-Design pilotiert. In der Englischdidaktik wird zudem die Unterrichtsqualität (Drexl, 2014) mit erhoben. In der Geschichtsdidaktik wird ein qualitativer Ansatz realisiert, der Einblick in die Lernmechanismen der Studierenden geben kann. In der Physikdidaktik wird über Messungen der schülervorstellungsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung (FF3) und prozessmerkmalen konstruktivistischen Unterrichts genauer die Wirkung bezüglich des fachdidaktischen Schwerpunkts des Seminars (Schülervorstellungen) untersucht.

### **Ausblick**

Die Pilotierung wurde im Sommersemester 2016 erfolgreich durchgeführt. Alle neuen LLLS ließen sich ohne größere Schwierigkeiten in die bestehenden Modulbeschreibungen und Studienverläufe integrieren, das Angebot wurde rege von den Studierenden genutzt.

Die Lehrveranstaltungen waren aus Perspektive der Lehrenden und gemäß Feedback der Studierenden ein voller Erfolg. Die im Rahmen der Pilotierungsstudie erhobenen Daten werden derzeit ausgewertet. K2teach wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

**Literatur**

- Abels, S. (2011). LehrerInnen als „Reflective Practitioner“. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Barth, V. (im Druck). Professionelle Wahrnehmung von Störungen im Unterricht. Wiesbaden: Springer VS.
- Bransford, J.D., Brown, A.L. & Cocking, R.R. (2000). How people learn. Washington, DC: National Academy Press.
- Bromme, R. (1994). Beyond subject matter: A psychological topology of teachers' professional knowledge. *Didactics of mathematics as a scientific discipline*, 73–88.
- Coelen, H. & Müller-Naendrup, B. (Hrsg.). (2013). Studieren in Lernwerkstätten. Wiesbaden: Springer.
- Dohrmann, D. & Nordmeier, V. (2015). Professionalisierung im Lehr-Lern-Labor Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung 2014*. Kiel: IPN.
- Endsley, M.R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37 (1), 32–64.
- Fischler, H. (2008). Physikdidaktisches Wissen und Handlungskompetenz. *ZfDN*, 14, 27–42.
- Göhring, A. (2014). Naturwissenschaft und Technik (NWT) – integrierte Lehrerbildung an der Uni. In S. Bernholt (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung 2014*. Münster: LIT.
- Heppekausen, J. (2013). Beobachtung, Selbstbeobachtung und Reflexion in der Lernbegleitung. In H. Coelen & B. Müller-Naendrup (Hrsg.), *Studieren in Lernwerkstätten*. Wiesbaden: Springer.
- Kottmann, B. (2013). Forschendes Lernen in Lernwerkstätten. In H. Coelen & B. Müller-Naendrup (Hrsg.), *Studieren in Lernwerkstätten*. Wiesbaden: Springer.
- Krofta, H., Fandrich, J. & Nordmeier, V. (2012). Professionalisierung im Schülerlabor: Praxisseminare in der Lehrerbildung. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Krofta, H. & Nordmeier, V. (2014). Bewirken Praxisseminare im Lehr-Lern-Labor Änderungen der Lehrerselbstwirksamkeitserwartung bei Studierenden? *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Nordmeier, V., Käpnick, F., Komorek, M., Leuchtner, M., Neumann, K., Priemer, B. et al. (2014). Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore: Forschungsorientierte Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung. Unveröffentlichter Projektantrag.
- Pfritzer-Eden, F., Thiel, F. & Horsley, J. (2014). An Adapted Measure of Teacher Self-Efficacy for Preservice Teachers: Exploring its Validity Across two Countries. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 28 (3), 83–92. doi:10.1024/1010-0652/a000125
- Santagata, R., Zannoni, C. & Stigler, J.W. (2007). The role of lesson analysis in pre-service teacher education: an empirical investigation of teacher learning from a virtual video-based field experience. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 10 (2), 123–140.
- Seyfried, C., Weinberger, A. & Reitingner, J. (2013). DINE (Dispositions Inventory for Education). In A. Weinberger (Hrsg.), *Reflexion im pädagogischen Kontext* (S. 113–134). Münster: LIT.
- Sherin, M.G. & van Es, E.A. (2009). Effects of video club participation on teachers' professional vision. *Journal of Teacher Education*, 60 (1), 20–37.
- Steffensky, M. & Parchmann, I. (2007). The project CHEMOL: Science education for children-Teacher education for students! *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (2), 120–129.
- Treich, F. & Trefzger, T. (eingereicht). Die Professionelle Unterrichtswahrnehmung im Lehr-Lern-Labor (Arbeitstitel GDCP-Tagung 2016). In S. Bernholt (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung 2014*. Kiel: IPN.
- Tschannen-Moran, M., Hoy, A.W. & Hoy, W.K. (1998). Teacher Efficacy: Its Meaning and Measure. *Review of Educational Research*, 68 (2), 202–248.
- Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2013). Zur Handlungsvalidität von Tests zum professionellen Wissen von Lehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 129–157.
- Wedekind, H. (2013). Lernwerkstätten in Hochschulen – Orte für forschendes Lernen, die Theorie fragwürdig und Praxis erleb- und theoretisch hinterfragbar machen. In H. Coelen & B. Müller-Naendrup (Hrsg.), *Studieren in Lernwerkstätten*. Wiesbaden: Springer.
- Weinberger, A. (2013). *Reflexion im pädagogischen Kontext*. LIT Verlag Münster.

### Lehr-Lern-Labor und Professionalisierung im Lehramtsstudium Physik

An der Freien Universität Berlin haben Studierende des Bachelorstudiengangs Lehramt Physik bereits in den ersten Semestern die Möglichkeit, berufsnahe Praxiserfahrungen in Lehr-Lern-Laboren (LLL) zu machen. Im Zentrum der LLL-Seminare stehen Planung, Durchführung und Analyse von Lehr-Lernsituationen, in denen Lehr-Lernprozesse im direkten Schüler\*innenkontakt veranschaulicht, reflektiert und iterativ adaptiert werden. Eine detaillierte Beschreibung des Veranstaltungsformats findet sich in Dohrmann & Nordmeier (2015).

Beforschung und Evaluation dieses Veranstaltungstyps fokussieren in erster Linie auf Aspekte der Professionalisierung der Teilnehmer\*innen. In einer explorativen Vorstudie wurden episodisch-narrative Gruppendiskussionen sowie Einzelinterviews durchgeführt und im Rahmen der Grounded Theory ausgewertet. Dabei konnten erste Hinweise auf die professionsbezogene Wirkung der LLL-Seminare gefunden werden. In diesem Beitrag wird das Veranstaltungskonzept professionstheoretisch begründet, die Ergebnisse der Pilotstudie dargestellt und die weiterführenden Forschungsschritte aufgezeigt.

#### 1. Professionalisierung im Physik-Lehramtsstudium

Der Begriff der Professionalisierung ist als Schlagwort in der Bildungsdebatte omnipräsent. Dabei findet sich jedoch in den wenigsten Fällen eine nähere Erläuterung dessen, was darunter zu verstehen ist. Professionalisierung bezeichnet im Allgemeinen den (Ausbildungs-) Prozess, der in der Ausübung einer Profession mündet. Welche Berufsgruppen dabei zu den Professionen gehören, ist aktueller Bestandteil des Professionsdiskurses. Eine knappe Übersicht sowie Auseinandersetzung mit dem Professionsbegriff und seinen Derivaten findet sich in Dohrmann & Nordmeier (2016). Im Folgenden wird die Arbeit als Lehrkraft zu den Professionen gezählt, da insbesondere im Zusammenhang mit dem Lehrberuf der Professionsbegriff häufig Verwendung findet und das Lehramt viele Voraussetzungen erfüllt, um als Profession bezeichnet zu werden (ebd.)

Ein gemeinsamer Nenner unter den professionstheoretischen Ansätzen lässt sich in Bezug auf die Ausbildungsmerkmale finden, die zu professionellem Handeln führen: der Erwerb von Professionswissen, die Anwendung dieses Wissens in an der Praxis orientierten Handlungssituationen und die Reflexion über diese Handlungssituationen (vgl. Gieseke 2009, Schelten 2009, Stein 2005, Reh 2004, Schneider 2004) (siehe Abb. 1).



Abb. 1: Bedingungsfaktoren zum Gelingen von Professionalisierung in der Lehrkräftebildung (eigene Abbildung)

**a) Professionswissen**

Die handlungsleitende Ressource, welche die Performanz der (angehenden) Lehrkraft und somit auch, in nicht geringem Maße, die Unterrichtsqualität mitbestimmt, kann unter dem Begriff des Professionswissens zusammengefasst werden. Der Terminus beschreibt hier das direkt vermittelbare, objektive und somit auch explizierbare Wissen (vgl. Vogelsang 2013), welches in universitären Lehrveranstaltungen vermittelt werden kann. In Anlehnung an Baumert & Kunter (2006) werden insbesondere die Facetten des pädagogischen, fachlichen und fachdidaktischen Wissens ins Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt.

**b) Theorie-Praxis-Verknüpfung**

Fundament von Professionalität ist der Erwerb wissenschaftlichen Wissens in handlungsrelevanter Form (Giesecke 2009). Somit findet Professionalisierung nur dann statt, wenn implizites, handlungssteuerndes Wissen in Praxissituationen angewendet und anschließend das eigene Handeln reflektiert wird (Schneider 2004). Dabei muss Lehrerwissen in Lehrerkönnen übergehen (Schelten 2009) und die Trennung zwischen wissenschaftlicher und (schul-)praktischer Ausbildung abgeschwächt werden (Stein 2005).

**c) Reflexion**

Reflexion ist ein bedeutender Ausgangspunkt von Lern- und Entwicklungsschritten (Weinberger 2013) und auch eine der Grundlagen für professionelles Handeln, denn dieses kann durch die Etablierung eines reflexiven Habitus bzw. einer Reflexionskultur gefördert werden (vgl. Reh 2004). Die fortlaufende Reflexion berufsnahen Handelns (Praxis) fördert die professionelle Handlungskompetenz in besonderem Maße (Schneider 2004), wobei kollektive Reflexionsprozesse die Professionalisierungsergebnisse durch Aufdeckung eigener Handlungsdefizite (Berkemeyer et. al. 2011) in erweitertem Maße verbessern.

Wie in Abbildung 1 zusammengefasst, sind somit erste Professionalisierungsschritte bei wechselseitiger Einflussnahme der drei dargestellten Bedingungsfaktoren als Bestandteil der Lehrkräftebildung möglich. Zur Umsetzung der Professionalisierungsidee bietet sich die Seminararbeit in Lehr-Lehr-Laboren sehr gut an, da für dieses Format sowohl die Vermittlung von Professionswissen (im Vorfeld der Praxisphasen), die Verknüpfung von Theorie (Professionswissen als Handlungsressource) und Praxis (während der Praxisphasen) als auch die Reflexion über die erlebten Handlungssituationen (nach den Praxisphasen) konstitutiv sind.

**2. Begleitforschung - Pilotstudie**

Von der oben skizzierten theoretischen Einbettung ausgehend wurde die Forschungsfrage der Pilotstudie weitgehend global gehalten: Was bewirkt die Teilnahme an einem Lehr-Lern-Labor im Hinblick auf die Professionalisierung der Studierenden?

Dazu wurden in einem ersten Schritt zwei Gruppendiskussionen (n=7; n=5) und drei Einzelinterviews im Anschluss an das LLL-Seminar durchgeführt. Die Erzählstimuli orientierten sich dabei an den einzelnen Phasen der Lehrveranstaltung. Ziel war, neben der Sensibilisierung für das Feld, eine evidenzbasierte Ausarbeitung eines auf das Veranstaltungsformat angepassten Leitfadens sowie eine evidenzgestützte Verfahrensweise im weiterführenden Forschungsprozess. Im Rahmen der Grounded Theorie wurde das Material einem ersten Analyseschritt unterzogen.

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass insbesondere mit dem Reflexionsbegriff verbundene Konzepte von den befragten Studierenden rezipiert wurden, wie beispielsweise die Diagnosefunktion von Reflexion, aber auch das Erkennen einer mit dem Reflexionsvorgang verbundenen Sinnhaftigkeit für die eigene Entwicklung, wie folgendes Zitat untermauert:

*„Für mich ist diese ganze Idee von Selbstreflexion und Reflexion über den eigenen Unterricht neu. Ich hab auch im Praktikum schon unterrichtet gehabt und hab mir eigentlich nie Gedanken darüber gemacht, was ich überhaupt gemacht hatte und äh meistens war dann auch noch ein Lehrer oder eine Lehrerin in der Klasse, die haben mir dann ein paar Kritikpunkte gegeben und ich hab mich darüber aufgeregt, warum sie sich dann jetzt da einmischt, aber ja also für mich ist das // ich find das wirklich // ich find das wirklich gut, dass das auch eine große Rolle spielt in dem Seminar, dass man lernt zu reflektieren und Kritik zu üben sowie auch zu geben. Ja.“*

Weitere Wirkungshinweise des LLL-Seminars auf die Teilnehmer\_innen wurden bezüglich der Entwicklung fachdidaktischen und pädagogischen Wissens, der Selbstwirksamkeitserwartungen im Hinblick auf die Planung und Durchführung von unterrichtsnahen Settings und der (professionellen) Unterrichtsbeobachtung gefunden.

### **3. Begleitforschung - Hauptstudie**

Für die Einzelinterviews der Hauptstudie wurde ein Leitfaden entworfen, der sich sowohl auf die in der Pilotstudie gewonnenen Zwischenergebnisse bezieht als auch die Bedingungsfaktoren des Professionalisierungsvorgangs umfasst. Dieser wird inhaltsanalytisch ausgewertet, wobei sich die Inhaltsanalyse an Kuckartz (2016) orientiert. Fragen an das Material sind z.B.:

- Welchen Nutzen ziehen die Studierenden aus den Reflexionsphasen, wie haben sie den Reflexionsvorgang persönlich erlebt und wie bewerten sie diesen?
- Welches fachdidaktische Wissen wird von den Studierenden im LLL-Seminar genutzt bzw. erworben?
- Welches pädagogische Wissen wird von den Studierenden im LLL-Seminar genutzt bzw. erworben?
- Welchen hauptsächlichen Lernzuwachs verbinden die Studierenden mit dem Beobachten fremder bzw. mit der Fremdbeobachtung eigener Unterrichtssituationen?

Darüber hinaus wird ein Fragebogen eingesetzt, der im geschlossenen Teil verschiedene etablierte Skalen beinhaltet: Lehrerkompetenzen (Gröschner 2008), Selbstwirksamkeitserwartungen (Meinhardt 2016), Praxiserwartungen u. -erfahrungen (Entwicklungsverbund Deutsche Telekom Stiftung 2016, unveröffentlicht).

Der offene Teil des Fragebogens orientiert sich an den CoRe-Fragen zum PCK nach Loughran et al. (2004). Zur Bewertung der Qualität der Mini-Unterrichtseinheiten, die die Studierenden in Eigenregie durchführen müssen, wird eine Einschätzung durch die hospitierenden Seminararteilnehmer\*innen und durch die Seminarleitung anhand der EMU-Bögen für die Sekundarstufe vorgenommen (Helmke et al. 2016).

**Literatur**

- Baumert, Jürgen; Kunter, Mareike (2006): Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 9 (4), S. 469–520.
- Berkemeyer, Nils; Järvinen, Hanna; Otto, Johanna; Bos, Wilfried (2011): Kooperation und Reflexion als Strategien der Professionalisierung in schulischen Netzwerken. In: Werner Helsper und Rudolf Tippelt (Hg.): Pädagogische Professionalität. Wien, Basel: Beltz (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 57), S. 225–247
- Dohrmann, René; Nordmeier, Volkhard (2016): Lehr-Lern-Labore (LLL) als Orte komplexitätsreduzierter Praxis: Erste Professionalisierungsschritte im Lehramtsstudium Physik (im Druck).
- Dohrmann, René; Nordmeier, Volkhard (2015): Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore (LLL): Ein Projekt zur forschungsorientierten Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung - Förderung von Professionswissen, professioneller Unterrichtswahrnehmung und Reflexionskompetenz im LLL Physik. In: Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hg.): PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG Frühjahrstagung. Frühjahrstagung. Wuppertal. Url: <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/658/787>, zuletzt geprüft am 03.06.2016.
- Gieseke, Wiltrud (2009): Professionalisierung in der Erwachsenenbildung/ Professionalisierung in der Erwachsenenbildung/ Weiterbildung. In: Rudolf Tippelt und Aiga von Hippel (Hg.): Handbuch Erwachsenenbildung/ Weiterbildung. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden (SpringerLink : Bücher), S. 385–403.
- Gröschner, A. (Hg.) (2008): Skalen zur Erfassung von Kompetenzen in der Lehrerbildung. Ein empirisches Instrument in Anlehnung an die KMK „Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften“. Jena: Zentrum für Lehrerbildung und Didaktikforschung.
- Helmke, A. et al. (2016): Lehrerfragebogen zur Unterrichtsstunde. Url: [http://www.unterrichtsdiagnostik.info/media/files/Abgleichfragebogen\\_Sie-Version\\_weibliche\\_Lehrperson\\_V6.0.pdf](http://www.unterrichtsdiagnostik.info/media/files/Abgleichfragebogen_Sie-Version_weibliche_Lehrperson_V6.0.pdf), zuletzt geprüft am 13.10.2016
- Kuckartz, Udo (2016): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 3. Aufl., Weinheim & Basel: Beltz Juventa
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of research in science teaching*, 41(4), 370-391.
- Meinhardt, Claudia; Rabe, Thorid; Krey, Olaf: Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. Skaldokumentation. Version 1.0 (Februar 2016). 2016, 507 S. - URN: um:nbn:de:0111-pedocs-118180
- Reh, Sabine (2004): Abschied von der Profession, von Professionalität oder vom Professionellen? Theorien und Forschungen zur Lehrerprofessionalität. In: Zeitschrift für Pädagogik 50, S. 358–372.
- Schelten, Andreas (2009): Lehrerpersönlichkeit - ein schwer fassbarer Begriff. In: Die berufsbildende Schule 61 (2), S. 39–40.
- Schneider, Edith (2004): Professionalität von Lehrerinnen und Lehrern. In: ZDM 36 (1), S. 1–2.
- Stein, Sabine (2005): Professionalisierung zwischen Schule und Hochschule - Eine empirische Studie über reflexive Lehrerbildung. Freiburg: Dissertation.
- Weinberger, Alfred (2013): Einleitung. In: Alfred Weinberger (Hg.): Reflexion im pädagogischen Kontext. Forschungsberichte der Privaten Pädagogischen Hochschule der Diözese Linz. Wien, Berlin, Münster: LIT (Austria: Forschung und Wissenschaft: Erziehungswissenschaft, 19), S. 7–8

Stefan Sorge<sup>1</sup>  
 Ilka Parchmann<sup>1</sup>  
 Knut Neumann<sup>1</sup>  
 Irene Neumann<sup>1</sup>  
 Julia Schwanewedel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel

## **Fachdidaktisches Lernen im Schülerlabor - besondere Lerngelegenheiten?**

### **Hintergrund und Ziele**

Zur Gestaltung von qualitativ hochwertigem Unterricht benötigen Lehrerinnen und Lehrer eine adäquat entwickelte professionelle Kompetenz (Kunter et al., 2013). Während sich deren Entwicklung bereits in der eigenen Schulzeit durch das eigene fachliche Lernen im Unterricht anbahnt, erfolgt die systematische Ausbildung im Rahmen des Lehramtsstudiums. Die erste Phase der deutschen Lehramtsausbildung forciert dabei sehr stark auf der Förderung des Professionswissens als Kern der professionellen Kompetenz (Kleickmann et al., 2013). Die zentralen Aspekte des Professionswissens – Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen – werden vornehmlich in Vorlesungen und Seminaren erarbeitet. In dieser Phase existieren an den Hochschulen oft nur wenige Lerngelegenheiten zur Verzahnung dieses Wissens mit der späteren Berufspraxis. Dies führt dazu, dass das Professionswissen „träge“ bleibt und in Handlungssituationen nicht zur Verfügung steht (Renkl, 1996). Erst in der zweiten Ausbildungsphase – dem Referendariat – liegt der Schwerpunkt auf der Unterrichtspraxis, wobei es zum sogenannten Praxisschock für Referendare kommen kann (Hoppe-Graff, Schroeter & Flagmeyer, 2008).

Um das Professionswissen und das Lehrerhandeln in konkreten Handlungssituationen gleichermaßen zu fördern, benötigt es neben den theoretischen Inputs verstärkt Demonstrations- und Praxiselemente (Hattie, 2009). Da Vorlesungen, Seminare und Schulpraktika die Verknüpfung verschiedener Elemente nur zum Teil leisten können, bedarf es weiterer Lehrveranstaltungsformate um den beschriebenen Praxisschock im Referendariat bereits im Lehramtsstudium abzumildern. Im Rahmen des Universitätsverbunds „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore“ (gefördert durch die Deutsche Telekom-Stiftung) werden dazu an sechs Universitäten in Deutschland vorhandene Schülerlaborstrukturen genutzt und in die Lehramtsausbildung in den MINT-Fächern integriert. Durch komplexitätsreduzierte Lehr-Lern-Situationen in Lehr-Lern-Laboren haben Lehramtsstudierende die Möglichkeit Sicherheit im Umgang mit Schülerinnen und Schülern aufzubauen (Steffensky & Parchmann, 2007; Völker & Trefzger, 2011) und dadurch gezielter die fachdidaktische Theorie in ihrer Praxis zu nutzen und zu reflektieren.

An der Universität Kiel wurde zu diesem Zwecke eine fächerübergreifende Lehrveranstaltung für Master-Studierende der Fächer Biologie, Chemie und Physik ins Leben gerufen. Dort können Lehramtsstudierende in einem ausgewählten Schülerlabor der Kieler Forschungswerkstatt ([www.forschungs-werkstatt.de](http://www.forschungs-werkstatt.de)) eigene Lehrerfahrung bei der Betreuung kleinerer Schülergruppen an einer Lernstation zu sammeln. Dabei erhalten die Lehramtsstudierenden zunächst eine Einführung in einen fachdidaktische Schwerpunkt wie beispielsweise die Förderung von Repräsentationskompetenz oder zum Verständnis über die Natur der Naturwissenschaften. Außerdem erhalten die Studierenden die Möglichkeit die Laborleiter bei der Betreuung von SchülerInnengruppen zu beobachten. Durch diese Struktur sollen Theorie-, Demonstrations- und Praxiselemente gezielt verbunden werden.

Die vorliegende Forschungsarbeit untersucht in einem ersten Schritt, welche Erwartungen die Lehramtsstudierenden an eine Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung haben und wie sie die Lernunterstützung im Vergleich mit anderen Lehrformaten bewerten.

### Method

Um die erwartete und empfundenen Lernunterstützung von Lehramtsstudierenden in verschiedenen Lehrveranstaltungsformaten zu untersuchen, wurde eine Prä-Post-Erhebung im Sommersemester 2016 durchgeführt. Dabei wurden sowohl Lehramtsstudierende aus verschiedenen Lehrveranstaltungen befragt, als auch die Studierenden in der Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung gebeten, ihre Erfahrung mit anderen Formaten zu vergleichen. Damit wurden insgesamt  $N = 106$  Lehramtsstudierende befragt, die sich gemäß Tabelle 1 auf die verschiedenen Lehrveranstaltung verteilen.

LV	N <sub>Prä</sub>	N <sub>Post</sub>	Semester
<b>Lehr-Lern-Labor</b>	18	17	2. Sem MA
<b>Grundlagenvorlesung</b>	29	21	4. Sem MA
<b>Schulpraktische Übung</b>	59	43	4. Sem MA

Tab. 1: Verteilung der Stichprobe über die verschiedenen Lehrveranstaltungen

Zur Ermittlung der erwarteten und empfundenen Lernunterstützung wurde ein Fragebogen mit je vier Items in sechs verschiedenen Zieldimensionen ausgehend vom Modell der professionellen Kompetenz entwickelt. Die Zieldimensionen sind dabei *Fachwissen*, *fachdidaktisches Wissen*, *Diagnosefähigkeit*, *Erkenntnisgewinnung*, *Entwicklung von Lernangeboten* und *Sicherheit im Lehrerhandeln*. So sollten die Lehramtsstudierenden z.B. folgende Aussagen auf einer vier-stufigen Likert-Skala beurteilen:

- Die aktuelle Lehrveranstaltung hat mir dabei geholfen, mein fachdidaktisches Wissen in der Praxis anzuwenden (*Bereich fachdidaktisches Wissen*)
- Die aktuelle Lehrveranstaltung hat mir dabei geholfen, Lernangebote zu adaptieren (*Bereich Entwicklung von Lernangeboten*)

Die jeweiligen Skalen zeigten dabei zum Prä-Messzeitpunkt akzeptable bis gute Reliabilitäten ( $.62 < \alpha < .79$ ). Durch die so konstruierten Skalen soll es möglich werden, die subjektiv wahrgenommene Lernunterstützung durch ein spezifisches Lehrveranstaltungsformat zu bewerten und damit verschiedene Stärken zu identifizieren.

### Ergebnisse

Beim Vergleich der wahrgenommenen Lernunterstützung in verschiedenen Veranstaltungsformaten ergeben sich deutliche Unterschiede (siehe Abbildung 1).

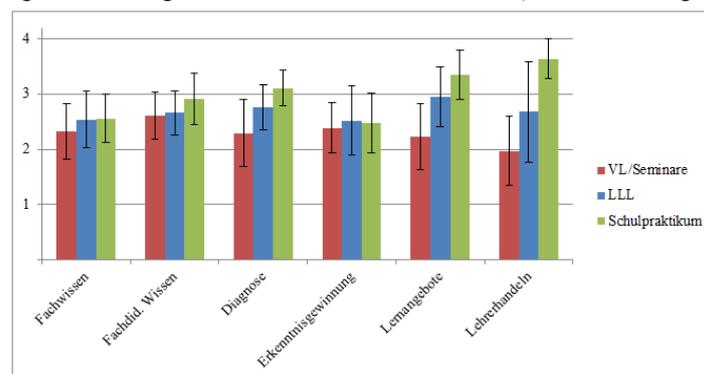


Abb. 1: Vergleich von Lehr-Lern-Laboren (LLL) mit anderen Lehrformaten

Die Lehramtsstudierenden schätzen nach einem Besuch im Lehr-Lern-Labor vor allem die Qualität des Schulpraktikums sehr hoch ein. Insgesamt scheint die Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung allerdings durchaus vergleichbar in vielen Dimensionen, wohingegen

klassische Vorlesungen und Seminare insbesondere bei den Dimensionen zur Unterrichtspraxis schlechter abschneiden.

Beim Vergleich von Erwartungen und Bewertungen von verschiedenen Lehrveranstaltungen zeigt sich hingegen ein ähnliches Bild über verschiedene Studierendengruppen und Formate ab (siehe Abbildung 2).

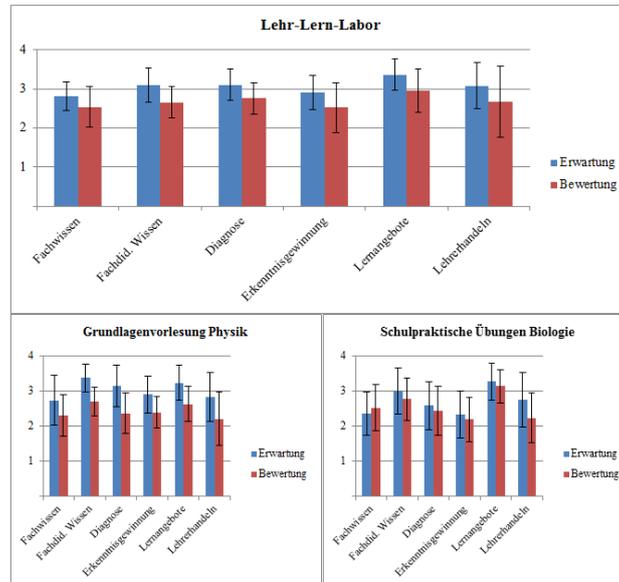


Abb. 2: Vergleich von Erwartung und Bewertung in verschiedenen Lehrveranstaltungen

Es zeigt sich hier, dass in allen Lehrveranstaltungen, die Erwartungen der Studierenden höher sind als die tatsächliche Bewertung am Ende des Semesters, wobei in den einzelnen Facetten die Streuung zwischen den Studierenden zu berücksichtigen ist.

### Diskussion

Um angehende Lehrkräfte optimal auf ihre spätere Unterrichtstätigkeit vorzubereiten und damit den Praxisschock abzumildern, bedarf es Lehrveranstaltungskonzepte die das Professionswissen der Lehrkräfte mit der Praxis verknüpfen. Lehr-Lern-Labore stellen dabei einen möglichen Ansatz dar, der von den hier befragten Lehramtsstudierenden ähnlich eingeschätzt wird wie die Erfahrungen in den Schulpraktika. Insgesamt zeigt die Untersuchung dennoch in vielen Veranstaltungen eine Diskrepanz zwischen den Erwartungen der Studierenden und ihrer tatsächlichen Bewertung. Dies kann zum einen an einer diffusen Erwartungshaltung zur Berufsvorbereitung liegen, aber auch in einer unzureichenden Zielklarheit durch die Lehrenden. In einem nächsten Schritt sollen daher die Intentionen der Lehrenden ebenfalls Berücksichtigung finden, so wie eine verbundweite Erhebung weitere Erkenntnisse über die Spezifika von Lehr-Lern-Laboren liefern.

### Anmerkungen

Die Arbeiten sind in dem durch die Deutsche Telekom Stiftung geförderten Entwicklungsverbund „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore“ der Freien Universität Berlin, der Humboldt-Universität zu Berlin, des IPN Kiel, der Universität Koblenz-Landau, der Universität Münster und der Universität Oldenburg entstanden.

**Literatur**

- Hattie, J.A.C. (2009). *Visible learning. A synthesis of over 800 Metaanalysenrelating to achievement*. London, New York: Routledge.
- Hoppe-Graff, S., Schroeter, R. & Flagmeyer, D. (2008). *Universitäre Lehrerausbildung auf dem Prüfstand: Wie beurteilen Referendare das Theorie-Praxis-Problem?* *Empirische Pädagogik* 22(3), 353-381.
- 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.
- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T., & Hachfeld, A. (2013). *Professional Competences of Teachers: Effects on Instructional Quality and Student Development*. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 805–820.
- Renkl, A. (1996). *Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird*. *Psychologische Rundschau* (47), 78–92.
- Steffensky, M. & Parchmann, I. (2007): *The Project CHEMOL. Science education for children - Teacher education for students!* In: *Chemistry Education Research and Practice* 8 (2), S. 120–129.
- Völker, M. & Trefzger, T. (2011): *Ergebnisse einer explorativen empirischen Untersuchung zum Lehr-Lern-Labor im Lehramtsstudium. PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Münster.*

Jessica Gau<sup>1</sup>  
 Tamara Kunt<sup>1</sup>  
 Björn Risch<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Koblenz-Landau  
 Campus Landau

### **Schülerexperimentierphasen medial aufbereitet – das Videotool ViviAn zur Diagnose und Analyse von Unterrichtsprozessen**

#### **Ausgangslage**

Im naturwissenschaftlichen Unterricht stellt das Schülerexperiment eine zentrale Lernmethode dar. Es deckt alle Kompetenzbereiche der Bildungsstandards ab (Flint, 2006; Krüger & Gropengießer, 2006). Jedoch werden mit den zumeist zeitaufwändigen und vorbereitungsintensiven Schülerexperimenten mehr Hoffnungen als Erfüllungen verbunden. Studien zeigen nämlich, dass der mit Schülerexperimenten erzielte Lernerfolg häufig sehr gering ist (Lunetta, Hofstein & Clough, 2007). Wirth, Thillmann, Künsting, Fischer & Leutner (2008) identifizieren diesbezüglich zwei zentrale und übergeordnete Problembereiche: Zum einen können ungünstige Zielvorgaben vom Lernen abhalten. Zum anderen können die metakognitiven Anforderungen, die beim selbständigen Lernen durch Experimentieren zu bewältigen sind, zu einer Überforderung führen. Kriterien für die Gestaltung von Schülerexperimenten gibt es genügend (z. B. Di Fuccia & Ralle, 2009). Für die konkrete Phase während des Schülerexperiments stellt sich jedoch für die Lehrpersonen die Herausforderung, kurzfristig (individuelle) Bedingungen zu schaffen, die allen Schülerinnen und Schülern einen Kompetenzzuwachs ermöglichen. Die Bereitschaft und die Fähigkeit von Lehrpersonen Urteile zu reflektieren und kurzfristig an neue diagnostische Beobachtungen anzupassen, ist ein wesentlicher Einflussfaktor für gelungene Mikroadaptation des eigenen Unterrichts und damit einem verbesserten Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler (Schrader, 2013). Lehrpersonen müssen demnach in der Lage sein, Lernschwierigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler im Unterricht und dabei besonders in aufgabenorientierter selbstgesteuerter Kleingruppenarbeit zu erkennen und angemessen darauf zu reagieren.

#### **Lehramtsausbildung - Diagnose und Adaptation medial analysieren und trainieren**

Es gilt frühzeitig Lehramts-Studierende im Rahmen ihrer Ausbildung für die „Stolpersteine“ rund um die Schülerexperimentierphasen zu sensibilisieren und mit relevanten diagnostischen Kompetenzen auszustatten. Dafür sind professionelle Handlungskompetenzen notwendig (Baumert & Kunter, 2006). Es liegen empirische Befunde vor, dass angehende Lehrpersonen in der zweiten Phase ihrer Ausbildung (Vorbereitungsdienst) Schwierigkeiten haben, ihr fachdidaktisches Wissen (PCK, pedagogical content knowledge) für die Gestaltung eines qualitativ hochwertigen Unterrichts zu nutzen (Vogelsang & Reinhold, 2013; Stender, Brückmann & Neumann, 2014). Hornung (2010) spricht von einem Praxisschock, den junge Lehrerinnen und Lehrer mit Aufnahme in die Berufstätigkeit erfahren. Grund dafür ist der Mangel an Gelegenheiten in der universitären Lehrerausbildung das erworbene Wissen mit Anwendungssituationen zu verknüpfen (Bransford, Brown & Cocking, 2000). Diese Lücke kann in der naturwissenschaftlichen Lehramtsausbildung zum einen dadurch geschlossen werden, indem Schülerlabore in universitäre Lehrveranstaltungen integriert und so zu Lehr-Lern-Laboren weiterentwickelt werden. Hierdurch wird eine enge Verzahnung von fachdidaktischen mit bildungs- und fachwissenschaftlichen Ausbildungsanteilen sowie der Unterrichtspraxis ermöglicht. Studierende nutzen das Lehr-Lern-Labor, um in kleinen Teams Lernumgebungen zu entwickeln, diese mit Schülerinnen und Schülern zu erproben, theoriebasiert zu reflektieren sowie Forschungsfragen nachzugehen (vgl. Abb. 1). Zum anderen können auch in Seminaren und Vorlesungen diagnostische Kompetenzen optimiert werden.

Dies gelingt beispielsweise mithilfe videobasierter Lernumgebungen, deren Übungsszenarien möglichst die Komplexität der späteren realen Unterrichtssituation nachzeichnen.

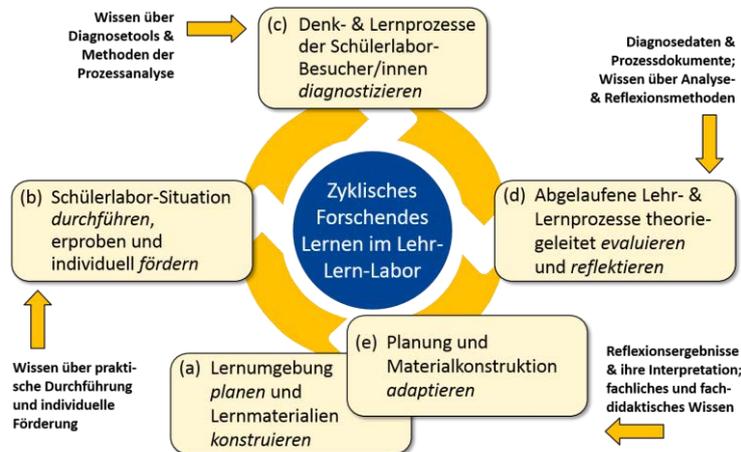


Abb. 1: Zyklisches Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor (idealisiert von Roth, 2015) nach Nordmeier (2014).

#### Das Videotool ViviAn – Videovignetten zur Analyse von Schülerexperimentierphasen

Um diagnostische Kompetenzen messen und fördern zu können, wurde im Rahmen einer Forschungs Kooperation zwischen der Didaktik der Mathematik (Sekundarstufen) und der Chemiedidaktik am Campus Landau das Videotool ViviAn entwickelt (Bartel & Roth 2015). In ViviAn werden reale Schülerexperimentierphasen (Vignetten) mit zusätzlichen Materialien wie die Beschreibung des theoretischen Hintergrunds zum Experiment, die Profile der beteiligten Schülerinnen und Schüler, die zeitliche Einordnung der Videosequenz in den gesamten Experimentierprozess, die Versuchsbeschreibung und die von den Schülerinnen und Schülern während der Experimentierphase produzierten Dokumente (z. B. Erarbeitungsprotokolle) ergänzt und medial angeboten (vgl. Abb. 2). Zusätzlich werden zu dem Gesamtpaket (Videovignetten plus Zusatzmaterialien) Diagnose- und Handlungsaufträge entwickelt und in das Videotool integriert.

ViviAn ermöglicht einen flexiblen Einsatz in der Lehre, da die Informationen gezielt durch Lehrpersonen eingebracht oder von Studierenden ausgewählt werden können. Auf diese Weise ist es möglich, aktuelle Diagnose- und Adaptationsfähigkeiten bei Studierenden zu erfassen und passgenaue Trainingsprogramme zu entwickeln.

#### Praxistauglichkeit von ViviAn

Der erste Prototyp des Videotools ViviAn wurde auf seine Gebrauchstauglichkeit und Handhabbarkeit („Usability“) getestet. Im Mittelpunkt stand dabei die Forschungsfrage, ob der Prototyp ViviAn in seiner jetzigen Version einsetzbar ist. Die Ergebnisse der Studie mit zehn Probanden (Lehramts-Studierende) zeigen, dass das Layout und die Bedienbarkeit des Tools als sehr gut bewertet werden. Ebenso wurde die Bearbeitungszeit (Vignette plus Diagnoseaufgaben) mit  $40,5 \pm 7,2$  Minuten als angemessen beurteilt. Damit ist ViviAn auch innerhalb einer Lehrveranstaltung einsetzbar. Der Prototyp wurde im Anschluss an den Usability-Test hinsichtlich technischer und inhaltlicher Probleme überarbeitet, so dass das Tool in empirischen Studien eingesetzt werden kann.



Abb. 2: Bildschirmdarstellung des Videotools Vivian

### Ausblick: Studie zur Optimierung der Fähigkeiten zum Erstellen von Arbeitsaufträgen

Im Rahmen universitärer Lehrveranstaltungen erstellen Studierende häufig Arbeitsaufträge und Materialien, beispielsweise auch für den Einsatz im Schülerlabor (vgl. Abb. 1, Schritt a). Die erstellten Arbeitsaufträge werden jedoch vor ihrer Verwendung zumeist nur von anderen Studierenden geprüft, welche möglicherweise ungenaue Zielvorgaben durch eigenes Vorwissen kompensieren und dadurch die Arbeitsaufträge „fälschlicherweise“ als schülergerecht einstufen. Bei der Anwendung in der Unterrichtspraxis oder im Schülerlabor zeigt sich dann, dass die Praxistauglichkeit nicht immer gegeben ist.

In einer Vorstudie wird daher zunächst ermittelt, welche typischen „Fehler“ Studierenden beim Erstellen von Arbeitsaufträgen für Schülerexperimente unterlaufen. Dazu erhalten Lehramts-Studierende die Aufgabe, auf der Basis von Videos zu Schülerexperimenten Versuchsskripte zu erstellen. Die Skripte werden anschließend mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet. Zur Abschätzung der Qualität der Arbeitsaufträge und zur Identifikation von ungenauen Zielvorgaben wird ein kategorienbasiertes Instrument entwickelt. In der anschließenden Hauptstudie stellt sich die Frage, ob sich durch ein wiederholtes Arbeiten mit Vivian die Kompetenz von Studierenden bezüglich der selbständigen Erstellung von schülergerechten Arbeitsaufträgen optimieren lässt. Es werden unterschiedliche Maßnahmen für eine Intervention entwickelt. Vivian fungiert in diesem Zusammenhang als ein kontrolliertes virtuelles Test- und Lernlabor.

**Literatur**

- Bartel, M.-E. & Roth, J. (2016): Diagnostische Kompetenz von Lehramtsstudierenden fördern – Das Video-tool ViviAn. Erscheint in: T. Leuders et al. (Hrsg.): Heterogenität
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 9 (4), 469-520
- Bransford, J., Brown, A. & Cocking, R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience and school*. Washington: National Academic Press
- Di Fuccia, D. & Ralle, B. (2009). Schülerexperimente und Leistungsbewertung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 62 (2), 72-78
- Flint, A. (2006). Experimente - wo seid ihr?. *CHEMKON*, 13 (2), 61
- Hornung, G. (2010). Bildung gemischter Lern- und Lehrgruppen mit gestaffelten Kompetenzen durch vertikale Verzahnung von schulpraktischen Lehrveranstaltungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16 (X), 351-354
- Krüger, D. & Gropengießer, H. (2006). Hau(p)t-sache Atmung - Beim Experimentieren naturwissenschaftlich denken lernen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 59 (3), 169-176
- Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. *Handbook of research on science education*, 393-441
- Nordmeier, V. (2014). Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore – Forschungsorientierte Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT- Lehrerbildung. Unveröffentlichter Antrag an die Deutsche Telekom Stiftung
- Roth, J. (2015). Lehr-Lern-Labor Mathematik – Lernumgebungen (weiter-)entwickeln, Schülerverständnis diagnostizieren. In: F. Caluori, H. Linneweber-Lammerskitten & C. Streit (Hrsg.): *Beiträge zum Mathematikunterricht 2015*. Münster: WTM-Verlag, 748-751
- Schrader, F.-W. (2013). Diagnostische Kompetenz von Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 31 (2), 154-165
- Stender, A., Brückmann, M. & Neumann, K. (2014). Der Einfluss der professionellen Kompetenz auf die Qualität der Skripte. In: S. Bernholt (Hrsg.). *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013*. Kiel: IPN, 123-125
- Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2013). Die Rolle universitären Wissens für das Unterrichtshandeln. In: S. Bernholt (Hrsg.). *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012*. Kiel: IPN, 242-244
- Wirth, J., Thillmann, H., Künsting, J., Fischer, H. E. & Leutner, D. (2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht - Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54 (3), 361-375

Hilde Köster<sup>1</sup>  
 Tobias Mehrrens<sup>1</sup>  
 Benjamin Piétza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Freie Universität Berlin

## **Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor - Entwicklung, Umsetzung und Evaluation**

### **Einleitung**

Das Projekt „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore: Forschungsorientierte Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung“, gefördert durch die Deutsche Telekom Stiftung, korrespondiert mit Inhalten und Zielen des Projekts „K2teach: Erprobung von Handlungsstrategien in Lehr-Lern-Laboren“, gefördert im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung<sup>1</sup>.

Im Rahmen der Arbeiten zu diesen beiden Projekten, die auf eine Verbesserung der Lehrkräftebildung u. a. durch die Profilierung und Optimierung von Strukturen der Lehrerbildung an Hochschulen sowie der Verbesserung des Praxisbezugs in der Lehrerbildung abzielen (vgl. BMBF<sup>2</sup>), wurde ein Lehrformat für die Grundschullehrkräftebildung entwickelt, das, im Studienkonzept als Pflichtveranstaltung verankert, auf eine stärkere Einbindung von Praxiselementen fokussiert und auf der Leitperspektive des Telekom-Projektes ‚Forschendes Lernen im zyklischen Prozess‘ basiert (Nordmeier et al. 2014).

### **Theoretische Rahmung**

Die theoretische Rahmung des Lehr-Lernformats ‚Lehr-Lern-Labor (LLL) bildet einerseits das Modell des Professionswissen (mit den Facetten CK, PCK und PK) nach Shulmann (1986) sowie andererseits das Konzept des Inquiry Based Science Learning (IBSL, vgl. Höttecke 2013, Köster & Galow 2014; Labudde & Börlin 2013). Bybee (1997) beschreibt das Konzept des IBSL als ‚5 E-Modell‘: Engage – Explore – Explain – Elaborate – Evaluate (vgl. Labudde & Börlin 2013, 183).

In der Phase Engage benennt die Lehrkraft ein Phänomen oder Problem, das bei den Lernenden Interesse wecken und Fragen erzeugen soll. In der Explore-Phase erkunden die Lernenden das Phänomen oder Problem und gewinnen so erste Eindrücke. In der Explain-Phase finden systematische Untersuchungen statt, indem z. B. Versuche erdacht, durchgeführt und Recherchen angestellt werden. Hierbei unterstützt die Lehrkraft die Lernenden durch konstruktive Gespräche, Reflexionsfragen, Informationen oder Hinweise zu geeigneten Materialien bzw. Geräten. In der Phase des Elaborate findet ein Transfer auf ähnliche Phänomene oder Problemstellungen statt. Die Evaluate-Phase dient der Überprüfung des erworbenen Wissens und Könnens (vgl. Höttecke 2010).

Bell, Smetana und Binns (2005) definieren Inquiry als „an active learning process in which students answer research questions through data analysis“ (Bell et al. 2005, 31) und benennen zwei Anforderungen an inquiry-basierte Aktivitäten:

1. „Inquiry based activities must start with a scientific question“,
2. „inquiry activities must involve students in analyzing relevant data“ (ebd., 31).

Die Komplexität solcher Aktivitäten richtet sich gemäß Bell, Smetana und Binns (2005) nach dem Level der Offenheit und den kognitiven Anforderungen, die damit einhergehen. Banchi und Bell (2008) definieren vier Inquiry-Level (confirmation – structured – guided –

<sup>1</sup> Das Projekt K2teach wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

<sup>2</sup> [https://www.bmbf.de/files/bund\\_laender\\_vereinbarung\\_qualitaetsoffensive\\_lehrerbildung.pdf](https://www.bmbf.de/files/bund_laender_vereinbarung_qualitaetsoffensive_lehrerbildung.pdf)

open): Als confirmation inquiry werden Aktivitäten bezeichnet, bei denen den Lernenden die zu untersuchende Frage, die Methode und das Ergebnis von der Lehrkraft vorgegeben werden. Auf dem Level des structured inquiry werden den Lernenden Frage und Methode vorgegeben. Wird lediglich die Forschungsfrage durch die Lehrkraft vorgegeben, befinden sich die Aktivitäten auf dem Level des guided inquiry. Auf dem höchsten Level, dem open inquiry, verfolgen die Lernenden eigene Fragestellungen mittels selbst ausgewählter Methoden. Diese Handlungen entsprechen dem Konzept des Forschenden Lernens (vgl. Bell 2006), sodass im Folgenden vereinfacht jeweils vom Forschenden Lernen gesprochen wird.

### **Methodische Umsetzung**

Lehrer\*innenprofessionswissen umfasst nach Shulman (1986) Fachwissen, fachdidaktisches und pädagogisches Wissen. Darüber hinaus gilt Reflexionskompetenz als zentral für die Entwicklung von Lehrerprofessionalität (Artmann et al. 2013). Forschendes Lernen wird in unseren LLL daher in unterschiedlichen Phasen mehrdimensional erlebt:

1. als eigene ‚Forschung‘ an einem physikalischen Phänomen oder einer selbst gewählten Fragestellung im Sinne des IBSL auf dem Level des open inquiry (s. o.) - zum Erwerb von Fachwissen und Methodenkompetenz im folgenden Sinn: „Forschendes Lernen zeichnet sich vor anderen Lernformen dadurch aus, dass die Lernenden den Prozess eines Forschungsvorhabens, das auf die Gewinnung von auch für Dritte interessanten Erkenntnissen gerichtet ist, in seinen wesentlichen Phasen - von der Entwicklung der Fragen und Hypothesen über die Wahl und Ausführung der Methoden bis zur Prüfung und Darstellung der Ergebnisse in selbstständiger Arbeit oder in aktiver Mitarbeit in einem übergreifenden Projekt - (mit)gestalten, erfahren und reflektieren.“ (Huber 2009, S. 11).

2. als Entwicklungsforschung während der Gestaltung und Optimierung eines Lernarrangements für Kinder in einem zyklischen Prozess entsprechend des Design Based Research (vgl. Reinmann 2005) - zum Erwerb fachdidaktischer Kompetenz in folgendem Sinn: „Ziel des Ansatzes ist es, im praktischen Kontext Lernumgebungen zu gestalten und gleichzeitig Lerntheorien im konkreten Kontext zu prüfen, zu entwerfen und weiterzuentwickeln. Die grundlegenden Merkmale und Prinzipien des Ansatzes sind zum einen, dass der Entwicklungsprozess der Innovation zum Forschungsgegenstand wird und im praktischen Kontext unter der Beteiligung von Wissenschaftlerinnen bzw. Wissenschaftlern und Anwenderinnen bzw. Anwendern von Beginn an bestritten wird und zum anderen das zyklische, iterative Vorgehen der Untersuchung, indem sich systematische Gestaltung, Durchführung, Überprüfung und Re-Design der Designlösung wiederholen.“ (Klees & Tillmann 2015, S. 92).

3. als Unterrichtsforschung durch die Beobachtung von Kindern während der Erprobung der Lernumgebungen durch zweimaliges Erproben in komplexitätsreduzierten Praxisbegegnungen - zum Erwerb von pädagogischer Kompetenz bzgl. des Forschenden Lernens.

Zwischenschritte bilden darüber hinaus Reflexionsphasen, die sowohl das eigene Handeln und Lernen betreffen als auch das Lernen und Handeln der Kinder.

Die praktische Umsetzung erfolgt nach dem Leitbild des selbstständigen Arbeitens: „Wörtlich genommen erscheint es nur dann sinnvoll, von forschendem Lernen zu sprechen, wenn Studierende selber forschen und dabei lernen. Das bedeutet, dass alle Phasen einer Forschung – von der Formulierung einer Fragestellung und Recherche des dazugehörigen Forschungsstands über die Planung eines methodischen Designs und dessen Umsetzung bis zur Darstellung und Präsentation der erzielten Erkenntnisse – vom Studierenden allein oder arbeitsteilig in einem Team (dann aber für die Beteiligten beobachtbar) verwirklicht werden.“ (Reinmann 2014, S. 3). Die Studierenden arbeiten hierzu in einer konstruktiv-unterstützenden Lernumgebung, die forschendes Handeln sowohl bezogen auf geeignete

Medien und Materialien als auch auf den Zeitrahmen und die Unterstützung durch die Dozierenden ermöglichen (vgl. Reitinger 2016, 42).

### **Forschungsfragen und Untersuchungsdesign**

Im Rahmen beider Projekte wird u. a. folgenden Fragen nachgegangen: Inwieweit

a) sind die Studierenden in der Lage, ein selbst gewähltes naturwissenschaftsbezogenes Phänomen oder informatisches Problem eigenständig zu erforschen (im Sinne des IBSL) und sich dabei relevantes Fachwissen (PK) anzueignen?

b) gelingt es ihnen durch die Transformation des Gelernten auf eine zu gestaltende und ggf. zu optimierende Lernumgebung fachdidaktische Kompetenzen (im Sinne eines PCK) im Hinblick auf das Forschende Lernen zu erwerben?

c) erwerben sie durch die Beobachtung der Aktivitäten von Kindern in der Lernumgebung pädagogische und Reflexionskompetenzen, auch bezüglich des eigenen Lernens?

Zur Dokumentation des Status Quo sowie der Entwicklung des individuellen Fachwissens erstellen die Studierenden vor und nach der ersten, fachbezogenen Phase des forschenden Lernens Concept Maps (vgl. Stracke 2004, 25f). Für die Auswertung wird das Analyseverfahren nach Kinchin (1998) verwendet (vgl. Stracke 2004, 39; vgl. Kinchin & Hay 2000). Für die Untersuchung der fachdidaktischen Kompetenzentwicklung werden Reflexionsportfolios eingesetzt, die die Darstellung des Forschungsprozesses der Studierenden, die Beschreibung und didaktische Begründung der konzipierten Lernumgebung, die didaktisch begründete Überarbeitung dieser, sowie ein Reflexionsessay umfassen. Diese Portfolios werden mit Hilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz 2016) hinsichtlich der erworbenen fachdidaktischen Kompetenzen im Bereich des Forschenden Lernens, der Stufen der Reflexionsfähigkeit (vgl. Abels 2011, 131f) und bezogen auf die Qualität der gestalteten Lernumgebung untersucht. Zusätzlich ist in der weiteren Erhebung die Durchführung einer Gruppendiskussion (Bohnsack 2015) zum Aspekt Reflexionskompetenz geplant. Verbundübergreifend werden im Projekt ‚Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore‘ darüber hinaus in einer Quasi-Längsschnitterhebung die Selbstwirksamkeitserwartungen sowie Selbsteinschätzungen der Studierenden zur Wirkung der Lehrveranstaltungen erhoben, mit dem Ziel, Erkenntnisse zur Veränderung verschiedener Studierendenmerkmale im Laufe des Studiums sowie Rückschlüsse auf die Wirkung von Praxiselementen zu erhalten.

**Literatur**

- Abels, S. (2011): LehrerInnen als „Reflective Practitioner“. Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften: Springer Verlag
- Artmann, M., Herzmann, P., Hoffmann, M. & Proske, M. (2013): Wissen über Unterricht. Zur Reflexionskompetenz von Studierenden in der ersten Phase der Lehrerbildung. In A. Gehrman (Hrsg.), B. Kranz, S. Pelzmann & A. Reinartz (Hrsg.): Formation und Transformation der Lehrerbildung. Entwicklungstrends und Forschungsbefunde. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 134-150
- Banchi, H., Bell, R. (2008): The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46 (2), 26-29
- Bell, R.; Smetana, L.; Binns, I. (2005): Simplifying inquiry instruction: Assessing the inquiry level of classroom activities. *The Science Teacher*, 72 (7), 30-33
- Bell, T. (2006): Forschendes Lernen. PIKO-Brief Nr. 6, Januar 2006: <http://www.wl-lang.de/Lernbereich%20SU/Forschendes%20Lernen.pdf>
- Bohnsack, R. (2015): Gruppendiskussion. In U. Flick, E. Kardorff von, I. Steinke (Hrsg.): Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek: Rowohlt Taschenbuchverlag, 369-384
- Höttecke, D. (2010): Forschend-entdeckender Physikunterricht. Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. *Unterricht Physik*, Nr. 119, 4-12
- Höttecke, D. (2013): Forschend-entdeckenden Unterricht authentisch gestalten. Ein Problemaufriss. In: S. Bernholt (Hrsg.): Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP), Jahrestagung in Hannover 2012. Bd. 33. Kiel 2012, 32-44
- Kinchin, I. & Hay, D. (2000): How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. In *Educational Research* Vol. 42, No.1, 43- 57
- Klees, G., Tillmann, A. (2015): Design-Based Research als Forschungsansatz in der Fachdidaktik Biologie. Entwicklung, Implementierung und Wirkung einer multimedialen Lernumgebung im Biologieunterricht zur Optimierung von Lernprozessen im Schülerlabor. In *Journal für Didaktik der Biowissenschaften*, 6, 91-110
- Kuckartz, U. (2016): Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 3., überarbeitete Auflage. Weinheim: Beltz Juventa
- Labudde, P. & Börlin, J. (2013): Inquiry-Based Learning: Versuch einer Einordnung zwischen Bildungsstandards, Forschungsfeldern und PROFILES. In S. Bernholt (Hrsg.): Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP), Jahrestagung in Hannover 2012. Bd. 33. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, 183-185
- Nordmeier, V., Käpnick, F., Komorek, M., Leuchter, M., Neumann, K., Priemer, B., Risch, B., Roth, J., Schulte, C., Schwanewedel, J., Upmeyer zu Belzen, A. & Weusmann, B. (2014): Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore: Forschungsorientierte Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung. Unveröffentlichter Projektantrag
- Reinmann, G. (2005): Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft* 33 (2005) 1, 52-69
- Reitinger, J. (2013): Forschendes Lernen. Theorie, Evaluation und Praxis in naturwissenschaftlichen Lernarrangements, Immenhausen: Prolog-Verlag
- Reitinger, J. (2016): Die Lern- bzw. Studienwerkstatt als Raum für selbstbestimmtes forschendes Lernen. In: S. Schude, D. Bosse, J. Klusmeyer (Hrsg.) (2016): Studienwerkstätten in der Lehrerbildung. Theoriebasierte Praxislernorte an der Hochschule. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, Springer Verlag, 37-53
- Shulman, L. S. (1986): Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. In: *Educational Researcher* 15 (2), 4-14
- Stracke, I. (2004): Einsatz computerbasierter Concept Maps zur Wissensdiagnose in der Chemie. Empirische Untersuchungen am Beispiel des chemischen Gleichgewichts. Münster: Waxmann Verlag

## **Der Einfluss von Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaboren - Zielsetzung und Konstruktion der Instrumente -**

### **Motivation**

Außer Frage steht die für den Lernerfolg maßgebliche Rolle der Lehrkräfte (Kunter & Pohlmann, 2015; Lipowsky, 2006). Studien legen nahe, dass auch die Wirksamkeit eines Schülerlaborbesuchs (neben der Gestaltung der Laborumgebung) wesentlich von der Instruktionsqualität der Betreuenden abhängt (vgl. Glowinski, 2007; Pawek, 2009; Streller, 2015). Da sich jedoch die Zielstellungen von Schülerlabor und Schule unterscheiden, ist davon auszugehen, dass für eine optimale Wirkung auch die Betreuung selbst an die außerschulischen Lernorte angepasst werden muss. Es stellt sich die Frage, ob Merkmale guten Unterrichts mit den Merkmalen guter Betreuung im Schülerlabor übereinstimmen. Auch inwiefern das schulspezifische Professionswissen einen Prädiktor für die gewünschten Effekte von Schülerlaboren darstellt, ist bisher nicht untersucht. Daher erfolgt im Rahmen dieses Promotionsprojekts im Schülerlabor DeltaX (Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf) eine Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen, Wissen und Merkmalen von Betreuern, Betreuungspraxis und Schülertypen.

### **Forschungsfragen**

Eine Übersicht der im Folgenden verwendeten Begriffe und Konstrukte gibt Abb. 1.

- (F1) Werden die Zielvariablen eines Schülerlaborbesuchs durch Betreuende individuell beeinflusst?
- (F2) Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Merkmalen Betreuender und der wahrgenommenen Qualität der Betreuung während des Laborbesuchs?
  - bezogen auf das Professionswissen (Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen)
  - bezogen auf weitere Aspekte professioneller Handlungskompetenz (Überzeugungen / Werthaltungen, Motivation, Selbstregulation)
- (F3) Welcher Zusammenhang besteht zwischen der von Lernenden wahrgenommenen Qualität der Betreuung beim Laborbesuch und den Zielvariablen des Schülerlabors?
- (F4) Welche Aspekte der professionellen Handlungskompetenz von Betreuenden werden durch die Tätigkeit im Schülerlabor beeinflusst?

### **Anlage und Design der Untersuchung**

Auf Grundlage des Angebots-Nutzungs-Modells nach Helmke (2015) und des Modells professioneller Handlungskompetenz nach Baumert & Kunter (2006) wurde ein Untersuchungsmodell entwickelt. Dieses gibt eine Übersicht über die zu untersuchenden Konstrukte (Abb. 1) und deren Beziehung zueinander.

Zur Beantwortung der formulierten Forschungsfragen wurde ein Pre-Post-Design gewählt (Abb. 2).

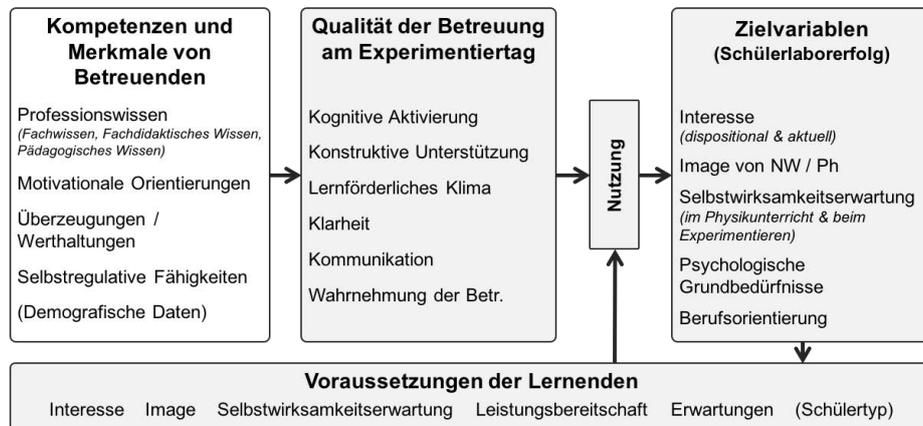


Abb. 1: Das Untersuchungsmodell dieses Projekts.

Lernende führen am Experimentiertag „Radioaktivität und Strahlung“ an insgesamt zwei Stationen Experimente zu „Umweltradioaktivität“ und den „Eigenschaften ionisierender Strahlung“ durch (ca. 120 Minuten pro Station). Jeweils unmittelbar vor (T1) und nach dem Experimentiertag (T3) werden die wahrgenommene Qualität der Betreuung und die Zielvariablen des Schülerlabors durch einen Fragebogen für Lernende erfasst (vgl. Abb. 2). Zusätzlich erfolgt während des Experimentiertags (T2) ein Rating der Betreuungsqualität durch einen externen Beobachtenden. Außerdem ist die Erhebung von Kompetenzen und Merkmalen der Betreuenden je einmal vor (T0) und einmal nach mehreren betreuten Experimentiertagen (T4) vorgesehen.

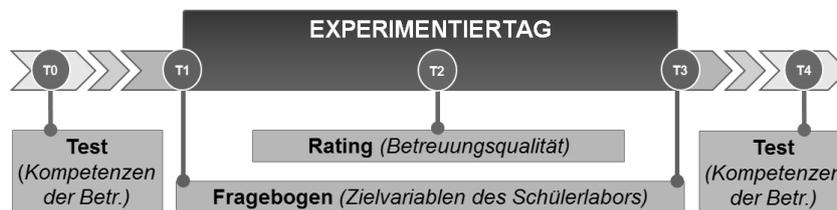


Abb. 2: Der Einsatz der Instrumente an den jeweiligen Zeitpunkten.

### Instrumente

In der Schülerlaborforschung haben sich Fragebögen als Messinstrument etabliert, wohingegen der Trend zu Videoaufnahme und anschließender Kodierung und Rating sich vor allem in der Unterrichtsforschung abzeichnet. Eine Videostudie ist im Schülerlabor DeltaX jedoch nicht möglich. Als Kompromiss wird die Fragebogenerhebung daher durch ein Live-Rating um eine weitere Perspektive erweitert. Der Ratingbogen erfasst Aspekte, die im Fragebogen nicht oder nur knapp aufgegriffen werden.

Folgende Messinstrumente kommen zu den fünf Zeitpunkten T0 bis T4 zum Einsatz (vgl. Abb. 2):

- **T0:** Professionswissenstest für Betreuende (Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, Pädagogisches Wissen)
- **T0:** Fragebogen für Betreuende zu weiteren Aspekten professioneller Handlungskompetenz (Überzeugungen / Werthaltungen, Motivation, Selbstregulation)
- **T1:** Fragebogen 1 zu Zielvariablen des Schülerlabors für Lernende vor dem Experimentiertag (vor dem Experimentiertag – Pre-Erhebung)

- **T2:** Ratingbogen zur Qualität der Betreuung (während des Experimentiertags)
- **T3:** Fragebogen 2 zu Zielvariablen des Schülerlabors und wahrgenommener Betreuungsqualität für Lernende (nach dem Experimentiertag – Post-Erhebung)
- **T4:** Professionswissenstest für Betreuende (nach einigen Experimentiertagen – inhaltlich identisch zu dem ersten Test)

#### *Testkonstruktion*

Die Aufgabensammlung und -entwicklung (inkl. Kodiermanualen) erfolgte auf Grundlage von für diese Studie adaptierten Itemmodellen nach Riese et. al. (2015), Gramzow (2015) und Riese (2009).

Aufgrund der Domänenspezifität von Fach- und fachdidaktischem Wissen (Baumert & Kunter 2006) – und damit auch der zugehörigen Tests – war es in nur sehr geringem Maße möglich, entsprechende Aufgaben und Items aus bereits bestehenden Tests (z.B. Riese, 2009; Gramzow, 2015; Woitkowski, 2015) zu übernehmen. Sämtliche Aufgaben wurden daher in Bezug auf die Inhaltsbereiche „Umweltradioaktivität“ und „Eigenschaften ionisierender Strahlung“ neu entwickelt bzw. überarbeitet und durch Experten der Arbeitsgruppe Physikdidaktik an der TU Dresden begutachtet.

Der Test des *Fachwissens* besteht aus 32 Items im Single-Choice-, Multiple-Choice- und Kurzantwort-Format. Die Grundlage für die Konstruktion bildete ein dreidimensionales Itemmodell (Fachstufen – Komplexität – Inhaltsbereiche).

Analog dazu enthält der Test des *fachdidaktischen Wissens* insgesamt 19 Items in denselben Formaten. Die Grundlage für die Konstruktion bildete ebenfalls ein dreidimensionales Itemmodell (Fachstufen – kognitive Anforderungen – Inhaltsbereiche).

Für den Test des *Pädagogischen Wissens* konnten aus Kemna (2012) 32 Items im Single-Choice-Format übernommen und angepasst werden. Diese prüfen, inwieweit das anwendungsbezogene Wissen für eine pädagogisch sinnvolle Gesprächsführung (22 Items) und inwieweit es für die erfolgreiche Durchführung von Gruppenunterricht (sowie im Unterricht, als auch im Schülerlabor) ausgebildet ist (10 Items).

#### *Fragebogenkonstruktion*

Für die Fragebogenerhebung im Pre-Post-Design erfolgte die Itemkonstruktion auf Basis bisheriger Untersuchungen in den Bereichen Unterrichtsdiagnostik & Schülerlabor (u.a. Pawek, 2009; Weßnigk, 2013; Streller, 2015; Helmke, 2016). Erhoben werden die Qualität des Experimentiertages und die Zielvariablen des Schülerlabors (vgl. Abb. 1). Vor der Pilotierung enthielt der Pre-Fragebogen (T1) 83 Items und der Post-Fragebogen (T3) 175 Items.

#### *Ratingbogenkonstruktion*

Insgesamt konnten 30 Items aus etablierten Instrumenten der Unterrichtsdiagnostik (u.a. Helmke et. al., 2016, 2007; Leist et. al., 2010; Seidel et. al., 2004) entnommen und ggf. angepasst bzw. geändert werden. Einige wenige Items wurden auf Basis der Instrumente neu entwickelt.

#### **Ausblick**

Im Rahmen der Pilotierung wurden die Tests für das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen im August 2016 von 4 Studierenden des Lehramtes Physik der Technischen Universität Dresden erprobt; die Auswertung steht noch aus. Die Fragebögen wurden im Schülerlabor von 78 Lernenden ausgefüllt; davon können 74 Datensätze für die folgenden Validitäts- und Reliabilitätsanalysen herangezogen werden.

Die Haupterhebung wird voraussichtlich im Oktober 2016 starten.

**Literatur**

- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen.
- Gramzow, Y. (2015). Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion. In *Studien zum Physik- und Chemielernen*; 181. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Helmke, A., Helmke, T., Lenske, G., Pham, G., Praetorius, A., Schrader, F., & Ade-Thurrow, M. (2016). Evidenzbasierte Methoden der Unterrichtsdiagnostik und-entwicklung, (6.0).
- Helmke, A., Helmke, T., Lenske, G., Pham, G., Praetorius, A., Schrader, F., & Ade-Thurrow, M. (2015). Strategien, Perspektiven und Szenarien der Unterrichtsdiagnostik.
- Helmke, A., Helmke, T., Schrader, F.-W., & Wagner, W. (2007). Der Ratingbogen der DESI-Videostudie. Universität Koblenz-Landau, Campus Landau.
- Kemna, P. W. (2012). Messung pädagogischer Basiskompetenzen von Lehrerinnen und Lehrern. Münster: Waxmann Verlag.
- Kunter, M., & Pohlmann, B. (2015). Lehrer. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (261–281). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Leist, S., Töpfer, T., Bardowiecks, S., Pietsch, M., & Tosana, S. (2010). Handbuch zum Unterrichtsbeobachtungsbogen der Schulinspektion Hamburg. Institut für Bildungsmonitoring
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern.
- Lipowsky, F. (2007). Was wissen wir über guten Unterricht? Guter Unterricht (Friedrich Jahresheft), 1–4.
- Lipowsky, F. (2015). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (69–105). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe (Dissertation).
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. In *Studien zum Physik- und Chemielernen*; 97. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Borowski, A., Fischer, H., Gramzow, Y., Reinhold, P., ... Zander, S. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. *Zeitschrift Für Pädagogik* (61. Beiheft), 55–79.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., & Lehrke, M. (2004). Technischer Bericht zur Videostudie "Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht." IPN-materialien. Kiel.
- Streller, M. (2015). The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories. TU Dresden.
- Woitkowski, D. (2015). Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.

## **Kulturelle Ausprägungen von Schülervorstellungen zu Wärme und Temperatur in Mosambik**

### **Einleitung, Stand der Forschung und Forschungsfrage**

Es soll untersucht werden, ob vorunterrichtliche Vorstellungen von Schülern zu physikalischen Sachverhalten kulturell bedingt sind.

Unter vorunterrichtlichen Vorstellungen verstehen wir erste Ideen und Erklärungen der Schüler über die physische Welt, bevor sie in der Schule mit wissenschaftlichen Konzepten konfrontiert werden. Zu physikalischen Phänomenen entstehen sie auf Grundlage von Alltagserfahrungen der Schüler (vgl. Vosniadou, 2012). Dafür spielt die Kultur, in der die Lernenden aufwachsen und leben, eine große Rolle (vgl. Jegede, 1995).

Sozio-kulturell und sozial-konstruktivistisch betrachtet sind vorunterrichtliche Vorstellungen in der Alltagssprache repräsentiert (vgl. Scott, Asoko & Leadch, 2007). Deshalb können sie als Repräsentationen des alltäglichen Redens und Denkens über die Sachverhalte aufgefasst werden (ebd. S. 43). Zudem zeigen Ergebnisse der Forschung, dass sozio-kulturelle und sozial-konstruktivistische Positionen auf eine enge Beziehung zwischen den vorunterrichtlichen Vorstellungen und der Alltagskultur hinweisen. Weiterhin wurde gezeigt, dass Schülervorstellungen recht stabil gegen Physikunterricht sind und daher bei der Unterrichtsplanung besonders berücksichtigt werden müssen (vgl. Wiesner, Schecker, & Hopf, 2011, S. 34). Darüber besteht in der Physikdidaktik weitgehende Einigkeit (Wiesner et al., 2011; Scott, et al 2007).

Einerseits zeigt Forschung, dass sich kulturübergreifende Gemeinsamkeiten bei den vorunterrichtlichen Vorstellungen finden. Z.B. findet man in vielen Studien Aussagen der Art „Wärme ist heiß“ (Wiser & Amin, 2001). Andererseits zeigen sich große Unterschiede zwischen Individuen, z.B. denken manche Schüler, dass es keinen Unterschied zwischen Wärme und Temperatur gebe (siehe Kesidou & Duit, 1993; Sözbilir, 2003); andere Schüler denken, dass Wärme eine Zustandsgröße sei (Meltzer, 2004). Die Schülervorstellungen in westlichen Kulturen sind sehr gut erforscht und dokumentiert (vgl. Sözbilir, 2003). Allerdings stimmen die meisten dieser Vorstellungen mit den zu lernenden wissenschaftlichen Vorstellungen nicht überein (vgl. Duit, Goldberg & Miedderer, 1992; Gropengießer, 2007; Wiesner et al., 2011).

Es gibt aber nur wenige Studien in anderen Kulturen. So wurden zum Beispiel in Mosambik (Südost-Afrika) bisher erst zwei Studien zu vorunterrichtlichen Vorstellungen zur Physik durchgeführt (Mavanga & Mikelskis, 1999; Baquete, Grayson, & Mutimucuo, 2016).

„Für eine Reihe von Inhaltsbereichen sind inzwischen Lernmaterialien unter Berücksichtigung von Schülervorstellungen entwickelt worden“ (Wiesner et al., 2011, S. 54). Es gibt in Mosambik aber kaum entwickelt Schülervorstellungen zu den physikalischen Sachverhalten.

Mosambik ist eines der wärmsten Länder der Erde. Schüler dieses Landes haben daher einen anderen Erfahrungshintergrund hinsichtlich Wärme und Temperatur als Schüler mitteleuropäischer oder nordamerikanischer Staaten. In Mosambik, Provinz Gaza, finden sich zwei verschiedenen Kulturen, deren vorunterrichtliche Vorstellungen erforscht werden können: Einerseits eine Kultur, deren Mitglieder Portugiesisch als Muttersprache haben, andererseits eine Kultur, deren Mitglieder Changana (ein lokaler Dialekt) als Muttersprache haben (Dillon et al., 2016). Daher werden in der hier vorgestellten Studie Probanden gewählt, die entweder Portugiesisch oder Changana als Muttersprache haben.

Die geplante Studie soll die kulturell spezifischen Schülervorstellungen zu Wärme und Temperatur in Mosambik erfassen. Die Studie muss durchgeführt werden, bevor die Schüler im schulischen Physikunterricht etwas zur physikalischen Sicht auf die Themen Wärme und Temperatur erfahren. In

Mosambik wird die Wärmelehre in Klassenstufe acht unterrichtet, also wählen wir Schüler der Klasse sieben als Probanden.

Ein Interviewleitfaden (Einzel- und Gruppeninterviews) wurde in einer ersten Pilotstudie im Feld erprobt mit dem Ziel, ein Kategoriensystem zu entwickeln.

Die vorgestellte Forschung zielt darauf ab, folgende Forschungsfragen zu beantworten:

1. Welche typischen vorunterrichtlichen Vorstellungen zu Wärme und Temperatur können bei mosambikanischen Schülern der Klassenstufe sieben identifiziert werden?
2. Unterscheiden sich diese Vorstellungen von den typischen Vorstellungen westlich und industriell geprägter Schüler?
3. Unterscheiden sich die typischen Konzepte mosambikanischer Schüler, die Portugiesisch als Muttersprache haben, von denen, die Changana als Muttersprache haben?

Die Datenerhebung erfolgt mit halb-strukturierten Leitfadeninterviews, die in der Muttersprache der Probanden durchgeführt werden, teils als Einzel-, teils als Gruppeninterviews mit je zwei Probanden.

### Design und das erste Kategoriensystem

An der ersten Pilotstudie nahmen insgesamt zwanzig Probanden der Klassenstufe sieben im Alter von elf bis siebzehn Jahren teil, je zehn Mädchen und zehn Jungen. Zehn Probanden hatten Portugiesisch als Muttersprache, zehn Changana. Es wurden acht Einzel- und sechs Gruppeninterviews durchgeführt. Anhand der erhobenen Daten wurde mittels qualitativer Inhaltsanalyse (siehe Mayring, 2010) ein erstes Kategoriensystem entwickelt, das durch einen zweiten unabhängigen Kodierer (siehe Wirtz, 2002) überprüft wurde. Im Datenmaterial wurden siebzehn Schülervorstellungen identifiziert, die zu sieben Kategorien zusammengefasst wurden (siehe Tabelle).

Beispiele		Kategorien
Schüleräußerungen	Schülervorstellungen	
Wärme tötet, Wärme verursacht viele Schäden an Menschen	Wärme ist schädlich	Auffassungen von Wärme
Die Sonne bewirkt Wärme, Die Wärme wird von der Sonne erzeugt	Wärme wird von der Sonne erzeugt	Wärmequelle
Die Wärme kam aus dem Metall und verbrannte meine Finger, die Wärme kam auf dem Metall zu meiner Hand	Wärme kommt	Wärmeleitung
Viele Menschen unterbrechen ihre Studien wegen der Kälte, Kälte tötet wenn die Leute keine Pullover tragen	Kälte ist schädlich	Auffassungen von Kälte
Für mich gibt es zwei Arten von Temperatur (Sommer und Winter), es gibt kalte und warme Temperatur	Es gibt verschiedenen Arten von Temperatur	Auffassungen von Temperatur
Die Luft des heißen Wasser wird verdunsten und aus dem Tee hinaus gehen, Die heiße	Etwas stoffliches oder quasi-stoffliches geht aus sich abkühlenden Körpern heraus	Luft

Luft des Tees geht aus dem Tee hinaus um den Tee abzukühlen		
Das Holz scheint immer warm zu sein auch wenn es direkt aus dem Baum geschnitten wird, Der Tisch ist warm, weil er aus dem Holz hergestellt worden ist	Es gibt bestimmte kalte oder warme Materialien	Materialeigenschaft

*Tab. 1. Das im Rahmen der ersten Pilotstudie entwickelte Kategoriensystem. In der Tabelle werden alle Kategorien genannt. Zu jeder Kategorie wird ein Beispiel der insgesamt siebzehn Schülervorstellungen angegeben. Zu jedem Beispiel der Schülervorstellungen werden zwei der insgesamt 206 Schüleräußerungen genannt.*

### **Erste Ergebnisse**

13 der 17 Schülervorstellungen, also ca. 75% wurden sowohl bei Portugiesisch sprechenden als auch bei Changana sprechenden Schülern identifiziert, z.B. Wärme ist heiß, Wärme und Temperatur sind dasselbe, Wärme ist etwas Fühlbares.

Dabei gab es Indizien für mögliche Unterschiede zwischen Vorstellungen der Schülern, die Portugiesisch als Muttersprache haben und Schülern, die Changana als Muttersprache haben: 3 der 17 Vorstellungen sind spezifisch für Schüler, die Portugiesisch als Muttersprache haben, z.B. Wärme ist trockene oder heiße Luft. Eine Vorstellung ist spezifisch für Schüler, die Changana als Muttersprache haben: Manche Gegenstände sind von Natur aus warm oder kalt. Einige der Formulierungen, die von den Schülern benutzt wurden, sind Teil des alltäglichen Sprachgebrauches, z.B. Wärme ist heiß. Andere waren überraschend, z.B. Wärme ist schädlich, bzw. tötet.

**Literatur**

- Baquete, M. B., Grayson, D., & Mutimucuo, I. V. (2016). An Exploration of Indigenous knowledge related to physics concepts held by senior citizens in Chókwe, Mozambique. In J. Dillon., J. V. Driel., S. Erduran., H. Fescher., G. Jones., R. Justi., N. G. Lederman., D. F. Triagust. (Eds.). *International Journal of Science Education*. Vol. 38, no 1 (pp. 1–16).
- Duit, R., Goldberg, Miedderer, H. (1992). Research in physics learning. Theoretical issues and empirical studies: proceedings of an international workshop held at the University of Bremen, Kiel. March. 1991 (pp. 4 - 8)
- Gropengießer, H. (2007). Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens; In *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden: mit 12 Tabellen*. Springer Berlin, Heidelberg [u.a.]: S. 105-116.
- J. Dillon. J. V. Driel., F., S. Erduran., H. Fescher. G. Jones., R. Justi., N. G. Lederman., D. F. Triagust. (Eds.). (2016). *International Journal of Science Education*.
- Jegede, O. J. Collateral learning and the eco-cultural paradigm in science and mathematics education in Africa. In J. Edgar (Hg.) 1995 – *Studies in Science Education Centre* (pp. 97–137).
- Kesidou, S., & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics- An interpretive Study. *Journal of science Research in science teaching*, (pp. 85–106).
- Mavanga, G. G, Mikelskis, H. (1999). Empirical study of learning optics by pupils and students in Mozambique. In K. M. H. Behrendt, H. Kahncke, & Duit, R, Graeber, W, Kross, A (Eds.), *Research in Science Education- Past, Present and future* (pp. 309–311).
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11., aktualisierte und überarb. Aufl.). Studium Pädagogik. Weinheim: Beltz. Retrieved from [http://www.content-select.com/index.php?id=bib\\_view&ean=9783407291424](http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783407291424)
- Meltzer, D. (2004). Investigation of students reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course. In *Am. J. Phys* (Ed.), *Physics education research section*.72 (11)
- Scott, P., Asoko, H., Leadch, J. (2007). Student Conceptions and Conceptual learning in Science. In S. K. Abell. N. G. Lederman. (Ed.), *Handbook of research on Science Education*. London: LEA.
- Sözbilir, M. (2003). A Review of selected Literature on students Misconceptions of heat and Temperature. Atatürk University, Department of secondary school Science and Mathematics Education.: Erzurum.
- Vosniadou, S. (2012). Reframing the Classical Approach Conceptual Change: Preconceptions, Misconceptions and Synthetic Models. In B. Fraser (Ed.), *Second international Handbook of science education* (pp. 119–128).
- Wiesner, H., Schecker, H., & Hopf, M. (Eds.). (2011). *Physikdidaktik kompakt*. Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Wiser, M., & Amin, T. (2001). Ist heat hot? Inducing conceptual Change by integrating every day and scientific perspectives on thermal phenomena. Worcester. USA: Elsevier Science Ltd
- Wirtz, M., Caspar. F. (2002). Beurteiler-Übereinstimmung und Beurteiler-Reliabilität. Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen. Göttingen, Bern [u.a.]: Hogrefe, Verl. für Psychologie.

Sarah Aretz<sup>1,2</sup>  
 Andreas Borowski<sup>2</sup>  
 Sascha Schmeling<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CERN  
<sup>2</sup>Universität Potsdam

## **Entwicklung und Evaluation eines Modells zur Erstellung von OMC Aufgaben zur Expansion des Universums**

### **Motivation**

Moderne Physik sollte mehr Einzug in die Klassenräume nehmen, jedoch besteht laut Schecker et al. (2004) ein Bedarf an besseren Herangehensweisen für das Unterrichten bestimmter Themen wie beispielsweise Kosmologie. Die Entwicklung unseres Universums vom Urknall bis heute, knapp 14 Milliarden Jahre später, wird momentan am präzisesten durch die Urknalltheorie beschrieben – das heutzutage erfolgreichste Standardmodell der Kosmologie. Ein zentraler Inhalt in diesem Bereich ist die Expansion des Universums als einer der drei Grundpfeiler der Urknalltheorie. Wie sich jedoch das Verständnis der Bedeutung der Ausdehnung des Universums von Schülerinnen und Schülern entwickelt, ist bisher noch nicht vollständig verstanden. Zur großflächigen Untersuchung der vorhandenen Wissensbestände von Schülerinnen und Schülern, für einen sinnvollen und effektiv anknüpfenden Unterricht, ist die vorherige Entwicklung eines Verständnisentwicklungsmodells notwendig. Auf dessen Grundlage können Ordered Multiple Choice Aufgaben zur effektiven Erhebung der Wissensbestände entwickelt werden.

### **Theorie: Verständnisentwicklungsmodelle und Ordered Multiple Choice Aufgaben**

Die zugrunde liegende Idee bei Verständnisentwicklungsmodellen ist die, dass das Verständnis von Schülerinnen und Schülern eines Konzepts oder einer Eigenschaft einer hierarchischen Struktur folgt. Dabei existieren verschiedene aufeinander aufbauende Niveaustufen, die jeweils ein bestimmtes Verständnisniveau widerspiegeln und bis auf das höchste Niveau verschiedene Fehlvorstellungen beinhalten. Beispiele für solche Modelle sind u.a. das Modell der Verständnisentwicklung von Materie (Hadenfeldt & Neumann, 2012), von Kraft und Bewegung (Alonzo & Steedle, 2009), zum System Erde-Sonne (Briggs et al., 2006) oder des Leseverstehens (Lin et al., 2010). Die einzige vorhandene Studie im Bereich der Expansion des Universums, die einen ersten Versuch eines strukturellen Aufbaus des Verständnisses hiervon beinhaltet, ist diejenige von Wallace (2011). Allerdings beinhaltet dieses Modell einen zusätzlichen Fokus auf der Fehlvorstellung des Urknalls als Explosion sowie der Struktur des Universums mit den Aspekten „Zentrum“ und „Rand des Universums“. Des Weiteren ist die explizite Darstellung von typischen Fehlvorstellungen nicht sehr detailliert. Der Fokus der Arbeit liegt jedoch auch nicht auf der Entwicklung und Validierung von Verständnisentwicklungsmodellen.

Auf der Grundlage eines solchen Modells können anschließend sogenannte Ordered Multiple Choice (OMC) Aufgaben entwickelt werden. Diese wurden erstmals von Briggs et al. (2006) vorgeschlagen als ein mögliches Instrument zur empirischen Validierung solcher Modelle. Dabei entspricht jede Antwortmöglichkeit in einer einzelnen Aufgabe einer Stufe des Entwicklungsmodells. Die richtige Antwortoption markiert das höchste Niveau in der Aufgabe, welche nicht dem höchsten Niveau des Modells entsprechen muss. Außerdem müssen nicht alle Niveaus in einer Aufgabe repräsentiert sein. Diese speziellen Multiple Choice Aufgaben besitzen die gleiche Effizienz bei der Auswertung wie traditionelle Multiple Choice (TMC) Aufgaben, jedoch können gleichzeitig mehr diagnostische Informationen gewonnen werden. Die wenigen vorhandenen Studien, die sich mit OMC Aufgaben beschäftigen (siehe die vier oben genannten Arbeiten zur Verständnisentwicklung), zeigen Vorteile im Vergleich zu TMC Aufgaben. Lehrkräfte

können mit ihnen auf effiziente Weise das Voranschreiten der Schülerinnen und Schüler in der Verständnisentwicklung erfassen (Hadenfeldt & Neumann, 2012) und OMC Aufgaben bergen ein großes Potential für Feedback bezüglich der vorhandenen Verständnisniveaus sowie beim Aufzeigen von Schwachstellen (Lin et al., 2010). Nach Alonzo & Steedle (2009) sind ihre entwickelten OMC Aufgaben zu Kraft und Bewegung sogar besser geeignet, Verständnisniveaus der Schülerinnen und Schüler einzuschätzen, als offene Aufgaben.

### Ziel

Aufbauend auf offenen Aufgaben zur Expansion des Universums soll ein valides Modell zur Verständnisentwicklung zu diesem Thema erstellt werden. Auf dieser Grundlage sollen anschließend OMC Aufgaben zur Validierung des Modells sowie zur effektiven Erhebung der Wissensbestände entwickelt werden.

### Design und Methode

Zur Beantwortung der Frage wurden Schülervorstellungen zur Urknalltheorie mit einem offenen Fragebogen erhoben. Dieser wurde in einer ersten Erhebung in sechs Klassen verschiedener deutscher Schulen aus drei Bundesländern eingesetzt. Insgesamt haben 126 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 11 und 12 an der Studie teilgenommen. Anschließend wurden die verschiedenen vorhandenen Schülervorstellungen und Verständnisniveaus zur Expansion des Universums herausgearbeitet. Auf Grundlage der offenen Antworten wurde schließlich ein Verständnisentwicklungsmodell erstellt, evaluiert und darauf basierend OMC Aufgaben entwickelt.

### Modell zur Expansion des Universums

Die folgende Tabelle zeigt das aus den offenen Antworten entwickelte Verständnisentwicklungsmodell zur Expansion des Universums. Neben der Beschreibung der verschiedenen Verständnisniveaus werden typische Fehlvorstellungen aufgeführt.

Niveau	Beschreibung
5	<p>SuS<sup>a</sup> kennen das Konzept der Raumausdehnung ohne falsche Aussagen zu nennen und erwähnen mindestens einen der folgenden Aspekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das Wachstum des gesamten Universums ohne Rand und Zentrum</li> <li>• Galaxien bleiben konstant in ihrer Größe; die Raumausdehnung wirkt nur zwischen den Galaxien</li> <li>• die Effekte auf elektromagnetische Strahlung (Rotverschiebung)</li> </ul>
4	<p>SuS wissen, dass Ausdehnung ein Wachstum der Größe des Universums aufgrund der Raumausdehnung bedeutet.</p> <p>Typischer Fehler: Der Raum dehnt sich überall aus, auch zwischen Sternen in Galaxien.</p> <p>Typischer Fehler: Dies hat keinen Einfluss auf das Licht, das von Objekten im Universum kommt.</p>
3	<p>SuS erkennen, dass Ausdehnung ein Wachstum der Größe des ganzen Universums bedeutet. Jedoch glaubt sie/er, dass dies aufgrund von sich ausbreitender Materie in einen nicht veränderlichen Raum geschieht.</p> <p>Typischer Fehler: Die Explosion des Urknalls verteilt alle Materie im Universum.</p>
2	<p>SuS erkennen, dass Ausdehnung ein Zunehmen von Entfernungen bedeutet. Jedoch glaubt sie/er, dass Entfernungen zwischen allen Arten von Objekten größer werden und/oder dass nur einzelne Objekte betroffen sind.</p> <p>Typischer Fehler: Einige Sterne bewegen sich voneinander weg.</p>

Typischer Fehler: Umlaufbahnen verändern sich und Abstände zwischen Planeten wachsen.

	SuS erkennen nicht die Verbindung zu einem in seiner Größe wachsenden Universum und/oder größer werdenden Abständen.
1	Typischer Fehler: Neue Entdeckungen vergrößern unser Wissen über das Universum. Typischer Fehler: Ausdehnung bedeutet die Entstehung neuer Objekte wie Sterne.
0	SuS geben keine Antwort, geben an, keine Idee zu haben oder schreiben etwas nicht auf die Frage Bezogenes.

a: Schülerinnen und Schüler

*Tab. 1: Verständnisenwicklungsmodell zur Expansion des Universums*

Alle 126 offenen Antworten wurden von insgesamt drei Ratern zu den verschiedenen Stufen dieses Modells zugeordnet mit einer Übereinstimmung von Cohens Kappa von [0.77-1]. Dabei konnten 116 Schülerinnen und Schüler zu jeweils einem bestimmten Niveau sowie sieben zu zwei aufeinander folgenden Niveaus zugeordnet werden. Lediglich drei Schülerinnen und Schüler wurden den Niveaus eins und drei zugeordnet.

#### **Entwicklung von OMC Aufgaben**

Auf der Grundlage des oben beschriebenen Verständnisenwicklungsmodells wurden anschließend OMC Aufgaben entwickelt. Diese wurden von zwei Experten inhaltlich überprüft und die unterschiedlichen Antwortoptionen im Anschluss von drei Ratern den Stufen des Modells zugeordnet. Nach leichten Abänderungen von 20% der Antwortoptionen für eine bessere Eindeutigkeit bei der Zuordnung, wurde eine Übereinstimmung mit den Ratern von 100% erreicht.

#### **Diskussion und Ausblick**

Diese Studie stellt zum einen ein Verständnisenwicklungsmodell zur Expansion des Universums vor mit einer ersten Validierung anhand einer kleineren Stichprobe. Es konnten alle bis auf drei Schülerinnen und Schüler zu einem oder zu zwei aufeinander folgenden Niveaus zugeordnet werden. Bei den drei Schülerinnen und Schülern hätte ein Interview eventuell Aufschluss darüber geben können, ob die Zuordnung der offenen Antworten zu den Verständniseniveaus korrekt eingeschätzt wurde. Außerdem ist eine größere Stichprobe mit der Möglichkeit von Interviews zur Verifizierung des vorhandenen Verständniseniveaus wünschenswert. Des Weiteren ist noch zu überprüfen, ob sich das Verständnis von Schülerinnen und Schülern entlang des hier vorgestellten Modells tatsächlich hierarchisch entwickelt.

Zum anderen werden die auf dieser Grundlage erstellten OMC Aufgaben vorgestellt, die inhaltlich validiert und deren Antwortoptionen erfolgreich den verschiedenen Stufen des Modells zugeordnet werden konnten. In einem nächsten Schritt werden diese Aufgaben zunächst in einer Think Aloud Studie mit Schülerinnen und Schülern getestet und anschließend in einer größeren deutschsprachigen Stichprobe erprobt. Nach dieser Validierung und einer Übersetzung in mehrere Sprachen werden die OMC Aufgaben schließlich international in einer größeren Stichprobe eingesetzt. Die Evaluation soll zum einen die Schülervorstellungen und Verständniseniveaus möglichst detailliert aufzeigen sowie einen Vergleich der Wissensvoraussetzungen und Fehlvorstellungen zwischen den verschiedenen Ländern ermöglichen.

**Literatur**

- Alonzo, A. C. & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing a force and motion learning progression. *Science Education*, 93 (3), S. 389-421.
- Briggs, D. C., Alonzo, A. C., Schwab, C. & Wilson, M. (2006). Diagnostic assessment with ordered multiple-choice items. *Educational Assessment*, 11(1), S. 32-63.
- Hadenfeldt, J. C. & Neumann, K. (2012). Die Erfassung des Verständnisses von Materie durch Ordered Multiple Choice Aufgaben. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 18, S. 317-338.
- Lin, J., Chu, K. & Meng, Y. (2010). Distractor Rationale Taxonomy: Diagnostic Assessment of Reading with Ordered Multiple-Choice Items. Artikel vorgestellt auf dem jährlichen Treffen der AERA, Denver, Colorado.
- Schecker, H., Fischer, H. E. & Wiesner, H. (2004). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe, in: *Kerncurriculum Oberstufe II*. Tenorth, H.-E.
- Wallace, C.S. (2011). An investigation into introductory astronomy students' difficulties with cosmology and the development, validation and efficacy of a new suite of cosmology lecture-tutorials. Ph.D. Thesis. University of Colorado at Boulder.

### **ProMaC – Probleme mit Mathematisierungen im Chemieunterricht - Lehrerbefragung**

„Mathematik bietet eine formale Sprache zur Erfassung und Beschreibung realer Phänomene und Zusammenhänge“ (Prediger, 2009). Als solche ist Mathematik ein wesentlicher Bestandteil der Naturwissenschaften und naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer in der Schule.

Studien zeigen, dass SchülerInnen jedoch deutliche Defizite bei mathematischen Modellierungen und dem Entwickeln von Problemlösestrategien im naturwissenschaftlichen Fachunterricht aufweisen (Beck et al., 2010). Mathematisch-algebraische Grundfähigkeiten, die die SchülerInnen in ihnen vertrauten Bezügen nachweisbar anwenden können, können nicht generalisiert und auf andere Kontexte erweitert werden (Potgieter et al., 2008). In diesem Zusammenhang werden Variablen konfundiert und mathematische Formeln in falschen Zusammenhängen sinnfrei verwendet (Goldhausen, Di Fuccia, 2015). Mathematische Anwendungen stehen im naturwissenschaftlichen Unterricht also losgelöst und abgetrennt von der Realsituation bzw. dem realen Modell. Ob es bei den Schwierigkeiten an mathematischen oder chemischen Grundfertigkeiten mangelt, wodurch ein Defizit hinderlich auf die Ausübung der Gesamtfähigkeiten wirkt, ist nicht eindeutig geklärt. „*Students in undergraduate chemistry courses find, as a rule, topics with strong mathematical basis difficult to master*“ schreiben Potgieter et al. in ihrer Studie „*Transfer of Algebraic and Graphical Thinking between Mathematics and Chemistry*“ und kommen dabei zu dem eindeutigen Befund, dass es SchülerInnen im Chemieunterricht ausschließlich an mathematischen Grundfähigkeiten mangelt (Potgieter et al., 2008), während Goldhausen und Di Fuccia zeigen, dass es an chemischen Grundwissen mangelt und dadurch überhaupt keine Mathematisierung stattfinden kann (Goldhausen, Di Fuccia, 2015).

In höheren Jahrgangsstufen kommen im Chemieunterricht zudem vermehrt Visualisierungen mathematischer Inhalte zum Tragen. Diagramme z.B. beinhalten eine Vielzahl von Informationen, die mathematisches Modellieren nötig machen. Dabei verfügen die SchülerInnen nur über geringe grundlegende Fertigkeiten entsprechende Abbildungen generell zu interpretieren (Potgieter et al., 2008). Im Projekt ProMaC, als einem der MINTUS-Forschungsprojekte (MINT-Universität Siegen – ein Verbund der MINT Fachdidaktiken), soll geklärt werden, bei welchen Lerngegenständen des Chemieunterrichts, die auch mathematische Kompetenzen erfordern, regelmäßig Probleme auftreten und ob sich diese Schwierigkeiten zu Typen klassifizieren bzw. anhand bestehender Modelle beschreiben lassen.

In der Forschung fand bisher die Sicht der LehrerInnen auf diese Problematik wenig Beachtung. In einer Befragung soll daher untersucht werden, an welchen Stellen aus ihrer Perspektive die größten Defizite bei mathematischen Grundfertigkeiten von SchülerInnen im Chemieunterricht bestehen.

#### **Mathematisches Modellierungsmodell**

Trotz vorherrschender Unstimmigkeiten ist man sich einig, dass eine vertikale Vernetzung der beiden Fächer nicht, oder nur in den wenigsten Fällen, stattfindet. Mathematisch-chemische Probleme sind häufig Modellierungsprobleme und bedürfen mehrfacher Übersetzung aus der Chemie in die Mathematik und zurück, was im unten stehenden Kreislaufmodell (Abb. 1) zur Problemlösung dargestellt wird (Beck et al., 2010, nach Blum & Leiß 2005). Das Kreislaufmodell beschreibt dabei die Trennung zwischen der Mathematik

und dem „Rest der Welt“ sowie den einzelnen Teilprozessen, die während der Problemlösung durchlaufen werden und kann analog als eine Trennung zwischen Chemie- und Mathematikunterricht betrachtet werden.

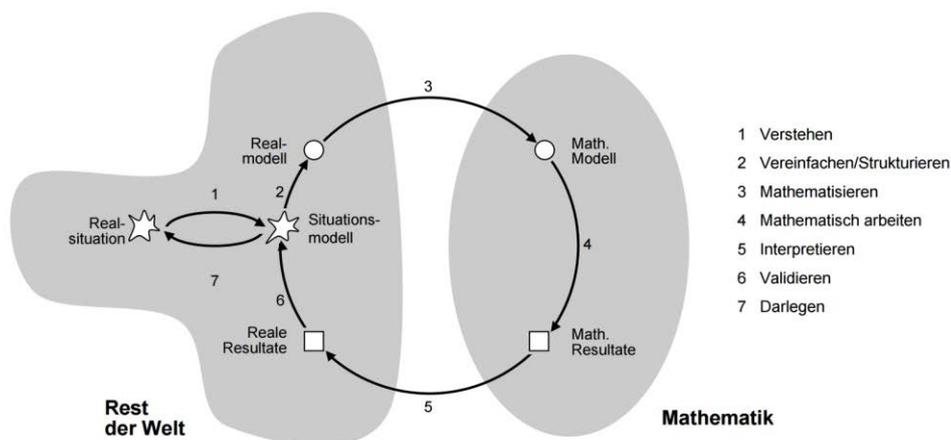


Abb. 1: Kreislaufmodell zur Problemlösung (Beck et al., 2010) nach Blum & Leiß (2005)

Fehlt mathematisches Grundwissen, so kann die Realsituation nicht in ein mathematisches Modell und zurück überführt werden. Die Mathematisierung, und damit auch die Problemlösung, schlagen fehl.

Für den Chemieunterricht bedeutet dies, dass zusätzlich zum realen und mathematischen Kontext ein chemischer hinzukommt. In einem chemischen Kontext müsste das Kreislaufmodell daher dreidimensional erweitert werden, da hier sowohl Verknüpfungen zwischen der Chemie und der Mathematik, als auch zwischen Chemie und dem Rest der Welt hinzukommen, die untereinander weitere Verknüpfungen mit sich führen. Betrachtet man hingegen nur den Kreislauf zwischen Chemie und Mathematik, so könnte das obige Modell analog betrachtet werden.

Ein chemischer Kontext führt jedoch auch dazu, dass eine chemische Fachsprache integriert werden muss, analog zur mathematischen Fachsprache. Sprachliche Hürden können im Chemieunterricht bereits zu hoch sein und in höheren Jahrgangsstufen werden zunehmend symbolische Darstellungsformen bedeutsam. Dadurch ist das Übersetzen des nun chemischen Problems in mathematische Modelle erschwert. Zusätzlich werden mathematische Kenntnisse bei Schülern vorausgesetzt um chemische Probleme lösen zu können, wobei bereits einfaches formal-operationales Denken einen großen Teil der Schüler überfordert und z.B. selbst ein Umgang mit Proportionalitäten in der Jahrgangstufe zehn schwer fällt (Merzyn, 2008).

### Befragung zu Problemen mit mathematischen Grundfertigkeiten im Chemieunterricht - Lehrerinterview

In welchen Situationen des Chemieunterrichts regelmäßig Probleme mit mathematischen Grundfertigkeiten auftreten, ob sich diese Schwierigkeiten zu Typen klassifizieren lassen und welche spezifischen Interventionen womöglich entwickelt werden können, ist Ziel dieser Lehrerbefragung. Hierzu werden ChemielehrerInnen von weiterführenden Schulen in leifadengestützten Interviews zu allgemeinen Schwierigkeiten im Chemieunterricht bezüglich mathematischer Grundfertigkeiten und den unterschiedlichen Ausprägungen in einzelnen Themenbereichen befragt.

Auswertungen von ersten Interviews (n=12) der Testphase zeigen folgende von den ChemielehrerInnen identifizierte Problembereiche (Auswahl):

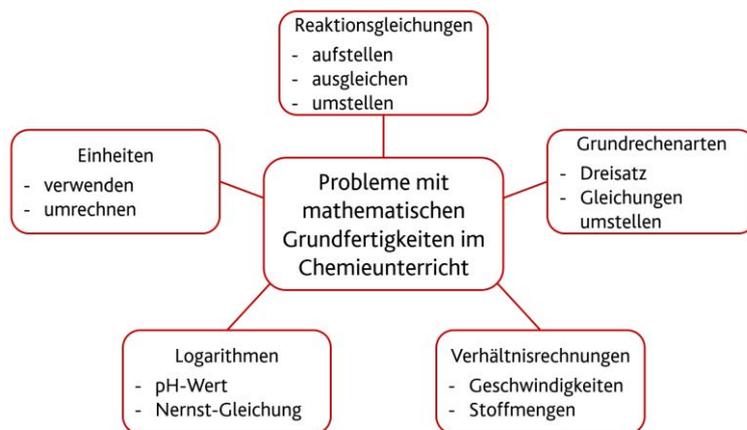


Abb. 2: Auswahl an von Lehrpersonen genannten Problembereichen

Die spontanen Lehrerräußerungen (Abb. 2) zeigen die Auffälligkeit, dass Probleme mit visuellen Darstellungsformen wie Grafiken und Diagrammen nicht unmittelbar genannt werden. Im Fokus stehen hier stattdessen mathematisch-algebraische Formalismen und Grundoperationen wie beispielsweise die Grundrechenarten. Erst die gezielte Nachfrage nach Problemen von visuellen Darstellungsformen zeigt hier folgende Problembereiche (Auswahl):

- Skalierungen wählen und Maßstäbe ändern
- Graphen aus ermittelten Werten erstellen und ändern
- Umgang mit fertigen Grafiken
- Bedeutung der Achsen
- Sprachliche Fähigkeiten zur Beschreibung
- Verknüpfung von Werten, Einheiten und Realsituation

#### Ausblick

Um einen umfangreicheren und detaillierteren Blick auf Problemfelder mit mathematischen Grundfertigkeiten im Chemieunterricht zu erlangen, sollen weitere Lehrerinterviews geführt und anschließend qualitativ ausgewertet werden.

Besonderes Interesse gilt dabei den Problemen der graphischen Darstellung mathematischer Inhalte im Chemieunterricht, da diese eigentlich als für das Verständnis erleichternd angesehen werden. Folgestudien sollen so ausgerichtet werden, dass Darstellungsformen identifiziert werden, die für Schüler hinderlich sind. Dabei sollen Problemsituationen geschaffen und anschließend von Schülern bearbeitet werden, um erleichternde Hilfestellungen und Darstellungen zu entwickeln.

**Literatur**

- Beck, U., Markic, S., Eilks, I. (2010), Modellierungsaufgaben im Chemieunterricht, PdN Chemie in der Schule 6/59, S. 5-9
- Blum, W. & Leiß, D. (2005), Modellieren im Unterricht mit der „Tanken“- Aufgabe. In: Mathematik lehren, Heft 128, S. 18-21
- Goldhausen, I., Di Fuccia, D. (2015), Der Prozess des mathematischen Modellierens im Chemieunterricht, GDCP Tagungsband, S. 205-207
- Merzyn, G. (2008), Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter?, Schneider Verlag Hohengehren GmbH, Baltmannsweiler
- Potgieter, M., Harding, A., Engelbrecht, J. (2008), Transfer of Algebraic and Graphical Thinking between Mathematics and Chemistry, Journal of Research in Science Teaching Vol. 45 No. 2, S. 197-218
- Prediger, S. (2009), „Aber wie sage ich es mathematisch?“, GDCP Tagungsband, S. 6-20

Jirka Müller<sup>1</sup>  
 Pascal Georgy<sup>1</sup>  
 Uta Magdans<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Potsdam

## Pilotierung der Akzeptanzanalyse außerschulischer Smartphoneexperimente

Physikunterricht ist bei Schülerinnen und Schülern oft unbeliebt, weil es für sie scheinbar keinen Lebensweltbezug gibt. Bisherige Lösungsansätze kontextualisieren den Physikunterricht, verbleiben aber wie PIKO (Mikelskis-Seifert & Duit, 2010) meist noch im Klassenraum. Diese Alltagseinbettung des Unterrichts hingegen kann mit Smartphones unterstützt (Kuhn et al., 2011) und zum Beispiel wie bei Kasper et al. (2015) initiiert werden. Schülerzentrierte Unterrichtsmethoden sollten jedoch nicht gegen die Lernenden eingeführt werden. Aus diesem Grund wird die Akzeptanz (Hasenbach-Wolff, 1992) von außerschulischen Smartphoneexperimenten als Teilaspekt des 6-phasigen Lernzyklus FELS (Müller et al., 2016) im Rahmen einer Pilotierung untersucht.

Akzeptanzanalysen werden in der Wirtschaftsinformatik genutzt, um das Ausmaß der Nutzung und der Nutzungsabsicht in Relation mit mediiierenden, von Dritten beeinflussbaren Faktoren aufzuklären, um Produkteinführungen erfolgreich zu gestalten (Vankatesh & Bala, 2008). Das Akzeptanzmodell nach Reichwald et al. (1979) bildet mit seinen auf Technik, Anwender und Organisation basierenden mediiierenden Einflussfaktoren und Rückkopplungseffekten Unterrichtsmethoden aus Schülersicht ab (Müller et al., 2015). Es wurde auf als Hausaufgaben durchzuführende Schülerexperimente adaptiert, indem allgemeine Skalen wie Einstellungen (Reichwald et al., 1979) auf Multimediaaffinität und intrinsische Motivation konkretisiert, Items der technischen Merkmale sowie die Skalen des organisatorischen Umfelds auf die zu testende Situation spezifiziert wurden (s. Abb.1).

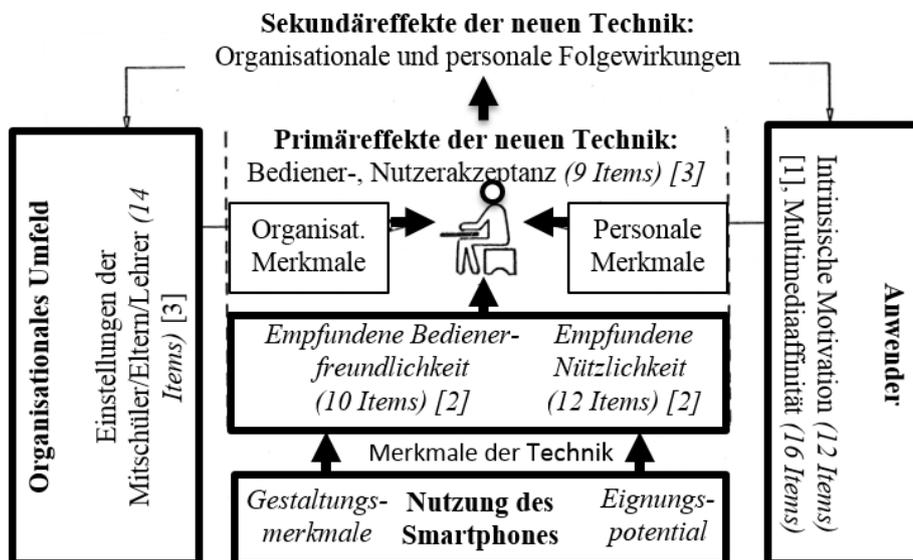


Abb. 1: Akzeptanzmodell außerschulischer Smartphone-Nutzung nach Reichwald et al. (1979, S.12). [1] Wilde et al. (2009), [2] Davis (1989) - angepasst, [3] Vankatesh & Bala (2008) - angepasst.

Aufgrund der Adaption muss vor einer Akzeptanzanalyse zunächst geklärt werden, ob die verschiedenen, aus der Wirtschaftsinformatik bekannten und für Firmenprozesse herausgearbeiteten mediiierenden Faktoren auch auf Schule bzw. auf Schüler bei deren smartphongestützter Hausaufgabenbenutzung zutreffen. Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen:

### Forschungsfragen

FF1: Wie objektiv, reliabel und valide misst der verwendete Akzeptanztest?

FF2: Mit welchen aus der Wirtschaftsinformatik bekannten mediiierenden Faktoren korreliert die Akzeptanz von außerschulischen Smartphoneexperimenten bei den Schülerinnen und Schülern?

### Design

Das Treatment bestand aus zwei außerschulischen Smartphoneexperimenten, die als Hausaufgaben durchgeführt wurden. Die Experimente stammten aus einer Sequenz zum Thema „gleichförmige Bewegung“. Beide Experimente wurden jeweils im Unterricht vor- sowie nachbereitet und erfolgten nicht in aufeinander folgenden Stunden. Hierdurch sollte der Neuigkeitseffekt gemindert werden. Als Experimente wurde die Ballgeschwindigkeit über eine akustische Messung in Form eines Wettbewerbs sowie die eigene Fahrradfahrt via GPS-Sensoren untersucht. Bei der Stichprobe handelte es sich um 23 Schülerinnen und Schüler einer 8. Klasse eines Gymnasiums mit einem Durchschnittsalter von 13,54 Jahren (SD = 0.58 a), wovon 56,5 % weiblich und 43,5 % männlich waren.

### Ergebnisse

FF1

Die Objektivität des benutzten Fragebogens ist gesichert durch die verwendete 6er-Likert-Skala, die von „☹☹☹“ bis „☺☺☺“ reicht. Die Cronbach's  $\alpha$  der einzelnen Skalen liegen zwischen 0.65 und 0.84, was auf eine ausreichende interne Konsistenz der einzelnen Skalen verweist. Die Validität ist durch eine ausreichende Varianzabdeckung (s. Abb. 2) und durch die konvergente Korrelation (vgl. FF2), d.h. der theoriekonformen Korrelation zwischen Akzeptanz und den anderen hierbei verwendeten Skalen, gegeben.

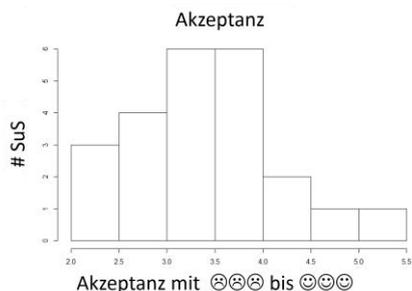


Abb. 2: Histogramm der Akzeptanz. Die Akzeptanz ist normalverteilt (Shapiro-Wilke-Test:  $p = 0.585$ ,  $W = 0.966$ ) und deren Varianz wird von der Skala erfasst.

FF2

Die Akzeptanz der als Hausaufgaben durchgeführten Smartphoneexperimente korreliert mit den Skalen „Soziales Umfeld“ ( $r = 0.635$ ,  $p < 0.001$ ), „Empfundene Nützlichkeit“ ( $r = 0.512$ ,  $p < 0.05$ ), „Empfundene Benutzerfreundlichkeit“ ( $r = 0.431$ ,  $p < 0.05$ ), „Multimediaaffinität“ ( $r = 0.431$ ,  $p < 0.05$ ) sowie „Vergnügen“ als Subskala der Motivation ( $r = 0.404$ ,  $p = 0.055$ ). Die anderen Subskalen der intrinsischen Motivation, Druck, Wahlfreiheit und Kompetenz, korrelierten hingegen nicht mit der Akzeptanz.

**Interpretation und Ausblick**

Die adaptierten Skalen erscheinen bedingt durch die Cronbach's  $\alpha$  reliabel und durch die konvergenten Korrelationen der einzelnen Skalen zur Akzeptanzskala valide zu sein. Möglicherweise lag es an den Experimentierthemen, dass die anderen Subskalen der intrinsischen Motivation, nicht mit der Akzeptanz korrelierten. So könnte es sein, dass die Experimente mehr als Spielerei denn als Physikaufgaben wahrgenommen wurden. Jedoch ist die Stichprobe zu klein und thematisch zu eingeschränkt, um verlässliche Aussagen treffen zu können. Daher ist eine Wiederholung mit einer größeren Stichprobe in Vorbereitung. Hierfür wird eine Interventionsstudie mit FELS zu Schwingungen, Impuls und beschleunigter Bewegung stattfinden. Der Akzeptanzfragebogen wird um das Sach- & Fachinteresse bei den persönlichen Merkmalen ergänzt. Gemäß des Rückkopplungsmodells von Reichwald et al. (1979) werden mögliche Einstellungsänderungen der Schülerinnen und Schüler bzgl. Multimediaaffinität, intrinsischer Motivation sowie Fach- und Sachinteresse untersucht. Weiterhin werden im Gegensatz zu der Pilotierung in FELS geschulte Lehrkräfte ihre eigenen Klassen unterrichten.

**Literatur**

- Bürg, O., Rösch, S. & Mandl, H. (2005). Die Bedeutung von Merkmalen des Individuums und Merkmalen der Lernumgebung für die Akzeptanz von E-Learning in Unternehmen. (Forschungsbericht Nr. 173). München: LMU, Departement Psychologie, Institut für Pädagogische Psychologie
- Davis, F.D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use and user Acceptance of Information Technology, in: MIS Quarterly/September 1989, S. 319 – 340
- Hasenbich-Wolff, M. (1992). Akzeptanz und Lernerfolg bei computergestütztem Lernen, Köln.
- Kasper, L. & Vogt, P. (2015). Physics2Go! – Hausaufgaben mit Smartphones. In: S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 705-707). Kiel: IPN.
- Kuhn, J. et al. (2011). Handys und Smartphones. Einsatzmöglichkeiten und Beispielerperimente im Physikunterricht, erschienen in: PdN PHYSIK in der Schule, PHYSIK MIT HANDY UND SMARTPHONE, 60(7), S. 5 – 11.
- Labudde, P. (2010). Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1. – 9. Schuljahr; Bern: Haupt.
- Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2010). Physik im Kontext – Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht. Seelze: Friedrich Verlag.
- Müller, J., Borowski, A. & Magdans, U. (2015). Smartphoneexperimente außerhalb des Klassenraums. In: S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 702-704). Kiel:IPN.
- Müller, J., Borowski, A. & Magdans, U. (2016). Forschend-Entdeckendes Lernen mit dem Smartphone ---- FELS ----. In: C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 404). Universität Regensburg.
- Park, S.Y. (2009). An Analysis of the Technology Acceptance Model in Understanding University Students' Behavioral Intention to Use e-Learning, in: Educational Technology & Society, 12 (3), S. 150 - 162
- Reichwald, R. et al. (1979). Bedingungen der Bedienerakzeptanz eines Textverarbeitungssystems – Die Untersuchungskonzeption, Band 2, aus der Reihe: Reichwald, R.: Die Akzeptanz neuer Bürotechnologie. Arbeitsberichte aus einem Forschungsprogramm.
- Reitinger, J. (2013). Forschendes Lernen. Theorie, Evaluation und Praxis in naturwissenschaftlichen Lernarrangements, Magdeburg: Prolog.
- Schnell, M. (2008). Akzeptanz des Qualifizierungsangebotes im Web TV: eine Untersuchung in einem deutschen Telekommunikationsunternehmen. (Dissertation), Duisburg/Essex: DuEPublico
- Specht, M. et al. (2013). Innovation und Trends für Mobiles Lernen. In: de Witt, C. & Sieber, A. (Hrsg.): Mobile Learning. Potenziale, Einsatzszenarien und Perspektiven des Lernens mit mobilen Endgeräten, S. 55–74, Wiesbaden: Springer.
- Venkatesh, V. & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions, Decision Sciences, Volume 39 Number 2, May, S. 273 – 315.
- Wilde, M. et al. (2009). Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM), in: ZfDN, 15, S. 31 - 45

Lars Höft<sup>1</sup>  
Janet Blankenburg<sup>1</sup>  
Sascha Bernholt<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel

### Zusammenhänge zwischen Interessens- und Verständniseentwicklung

Die Ziele des Chemieunterrichts sind multivariat definiert. Zentrale Komponenten sind die Vermittlung eines fundierten Verständnisses chemischer Konzepte, aber auch die Förderung metakognitiver und motivationaler Schülermerkmale. Das Projekt Development of Learning in Science (DoLiS, s. Bernholt, Köhler & Broman, 2016) zielt darauf ab, Einflussfaktoren und deren Wechselwirkungen hinsichtlich der Entwicklung des Konzeptverständnisses zu beschreiben. In einer quantitativen Querschnittserhebung über die Jahrgangsstufen 5 bis 11 ( $N = 2539$ ) wurde das Verständnis in den Bereichen Materie, Energie und chemische Reaktion erhoben und das Interesse der Schülerinnen und Schüler an chemischen Aktivitäten in sieben Bereichen erfasst. Die Befunde indizieren, dass mit steigender Klassenstufe zunehmend höhere positive Zusammenhänge zwischen der Testleistung und solchen Interessensdimensionen vorliegen, die mit potentiell kognitiv aktivierenden Aktivitäten assoziiert sind.

#### Theoretischer Hintergrund und Ziel

Ein elaboriertes Verständnis chemischer Konzepte zeichnet sich durch stark vernetzte Wissensstrukturen aus, die die Deutung übergeordneter Zusammenhänge und den Transfer auf neue Inhalte und Kontexte erlauben sowie die Integration neuer kognitiver Elemente erleichtern. Um den langwierigen Erwerb dieses hochgradig funktionalen Wissens zu fördern, ist eine Strukturierung des Unterrichts und der Lernprozesse anhand zentraler Konzepte des Faches (bspw. Basiskonzepte der Bildungsstandards) sowie die horizontale und vertikale Verknüpfung von Inhalten anhand dieser Konzepte sinnvoll (Bransford, Brown, Cocking & Council, 2000; Duschl, Maeng & Sezen, 2011; National Research Council, 2012). *Learning Progressions* (LPs) können, durch den iterativen Abgleich des hypothetischen und des realen Lernverlaufs, zu einer systematischen Förderung der Wissensentwicklung eingesetzt werden. LPs zu naturwissenschaftlichen Konzepten gehen von einer ansteigenden Ausdifferenzierung und Kohärenz des Wissens und somit von einem zunehmend sophistizierteren Konzeptverständnis aus, können aber gleichzeitig Hybridkonzepte integrieren und alternative Lernwege aufzeigen (z.B. Hadenfeldt, Liu & Neumann, 2014; Sevan & Talanquer, 2014). Lernen und Leistung sind eng mit kognitiven und motivationalen Personenmerkmalen verknüpft. Speziell das individuelle Interesse nimmt eine Schlüsselstellung ein, da es sich durch wiederholte, freiwillige und freudvolle Auseinandersetzung mit dem Interessensgegenstand auszeichnet und somit ein positiver Effekt auf den Wissenserwerb anzunehmen ist (Krapp, 1992). Während empirische Befunde im Mittel eine Zunahme des Fachwissens mit fortschreitender Schuldauer attestieren, wurden für die Entwicklung des Interesses an naturwissenschaftlichen Fächern, vor allem für die Chemie und die Physik, ein stark negativer Trend gefunden, der mit dem Übergang in die Sekundarstufe einsetzt (s. Krapp & Prenzel, 2011; Wigfield & Cambria, 2010). Diese Tendenz könnte in einer Ausdifferenzierung oder Neuorientierung des Interesses begründet, jedoch auch durch die Fokussierung des Unterrichts der Sekundarstufen auf kognitiv fordernde, teils hochgradig abstrakte und zuvor unbekannte naturwissenschaftliche Denkweisen bedingt sein (Anderhag et al., 2016). Befunde zum Einfluss des Interesses auf das Lernen lassen auf multiple positive Wirkungsweisen des Interesses schließen. So wenden Lernende mit höherem Fachinteresse häufiger effektivere Lern- und Lesestrategien an (Wigfield & Cambria, 2010), verfügen über eine bessere Selbstregulation (Lee, Lee & Bong, 2014), setzen sich funktionalere Leistungsziele (Wigfield & Cambria, 2010) und haben günstigere Voraussetzungen für die Reorganisation ihres Wis-

sensnetzwerks durch einen Konzeptwechsel (Cordova, Sinatra, Jones, Taasobshirazi & Lombardi, 2014). Diese positiven Effekte spiegeln sich in Ergebnissen zum Zusammenhang zwischen dem Fachinteresse und Indikatoren der Leistung wieder. In einer Metaanalyse von 1965 – 1990 fanden Schiefele, Krapp & Winteler (1992) eine durchschnittliche Korrelation von  $r = .30$  zwischen dem Fachinteresse und der Leistung. Substantielle Zusammenhänge für den Mathematikunterricht belegten zudem Köller, Trautwein, Lüdtke & Baumert (2006), wohingegen Marsh, Trautwein, Lüdtke, Köller & Baumert (2005) nur kleine längsschnittliche Effekte nachweisen konnten. Jansen, Lüdtke & Schroeders (2016) fanden positive inter- und intraindividuelle Zusammenhänge zwischen den beiden Konstrukten, die für die Chemie, Physik und Mathematik auch bei Kontrolle der kognitiven Fähigkeiten bestehen blieben. Ferrell, Phillips & Barbera (2016) konnten weiterhin den positiven Einfluss des situativen Interesses auf die Leistung belegen. Längsschnittliche Untersuchungen deuten darauf hin, dass ein wechselseitiges Zusammenspiel zwischen dem Interesse und der Leistung vorliegt (Denissen, Zarrett & Eccles, 2007; Marsh et al., 2005). Eine differenzierte Betrachtung des Interesses am Chemieunterricht nehmen Dierks, Höffler & Parchmann (2014) und Dierks, Höffler, Blankenburg, Peters & Parchmann (2016) sowie Blankenburg, Höffler & Parchmann (2016) vor. In Anlehnung an Befunde zum Physikunterricht (Häussler & Hoffmann, 2002; Häussler, Hoffman, Langeheine, Rost & Sievers, 1998) wurde das Interesse in die vier Ebenen – Interesse 1.) am Fach, 2.) am Inhalt, 3.) am Kontext, 4.) an einer Tätigkeit – unterteilt. Zur Analyse des Interesses an naturwissenschaftlichen Tätigkeiten wurde das Berufswahlentscheidungsmodell Hollands (Holland, 1997) adaptiert, da es eine Abdeckung der vielfältigen Tätigkeiten im Chemieunterricht und überdies hinaus der Arbeitsweisen von Chemikerinnen und Chemikern erlaubt. Dabei werden die sechs Interessenstypen Realistic (R), Investigative (I), Artistic (A), Social (S), Enterprising (E) und Conventional (C) postuliert. In einer ersten empirischen Prüfung fanden Dierks et al. (2014) die zusätzliche Dimension Networking (N). Evidenz für die Struktur des modifizierten RIASEC+N Modell konnte anschließend in weiteren Studien durch Dierks et al. (2016) und Blankenburg et al. (2016) generiert werden (eine Beschreibung der Dimensionen und Items findet sich bei Dierks et al., 2016).

Das Ziel der hier dargestellten Studie ist es, die bereits vorhandenen Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen Fachinteresse und Leistung in einer differenzierten Analyse genauer zu spezifizieren. Dazu wird eine querschnittliche Charakterisierung der Zusammenhänge zwischen dem Interesse an naturwissenschaftlichen Aktivitäten im Chemieunterricht von Schülerinnen und Schülern und ihrem Konzeptverständnis vorgenommen.

### **Studiendesign und Methode**

Die hier untersuchte Stichprobe ist eine Teilstichprobe der binationalen DoLiS Studie, die  $N = 2539$  Schülerinnen und Schülern von sechs Gymnasien in Schleswig-Holstein (5. – 11. Klasse, 55 % weiblich) umfasst. Die Daten wurden größtenteils mit bereits empirisch erprobten Items generiert (Interesse nach Dierks et al., 2016; Konzeptverständnis nach Hadenfeldt, Neumann, Bernholt, Liu & Parchmann, 2016). Das Konzeptverständnis wurde anhand eines Fachtests zu den Konzepten der chemischen Reaktion, der Energie und der Materie erhoben. Hierzu wurden 102 Items im Single-Choice Format (d.h. 34 je Konzept), davon 57 klassische und 45 Ordered Multiple Choice Aufgaben, in einem Ankerdesign mit jahrgangsspezifischen Aufgaben eingesetzt, sodass jeder Person 18 Ankeritems und 12 Jahrgangsspezifischen zum Bearbeiten vorlagen. Drei Aufgaben wurden aufgrund fehlerhafter Formulierungen für die weitere Untersuchung exkludiert. Das Interesse an chemischen Aktivitäten wurde mit 28 Items (vier je Dimension) mittels vierstufiger Likert-Skala erhoben. In die hier vorgenommene Analyse flossen drei Items je Dimension ein. Die Auswertung wurde mittels

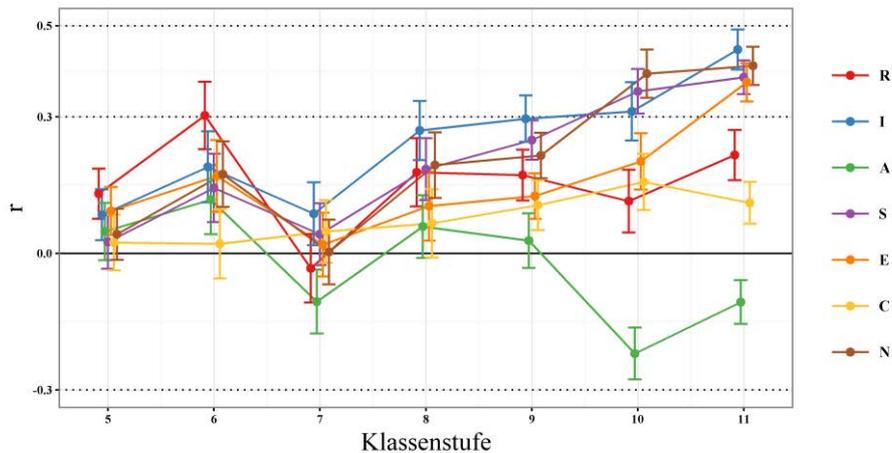


Abb. 1: Verlauf der latenten Korrelationen zwischen den Interessensdimensionen und dem Konzeptverständnis

einer konfirmatorischen Multi-Gruppen-Faktorenanalyse (MGCFA) durchgeführt. Hierzu wurden zunächst beide Konstrukte separat geschätzt: Für das Interesse konnte mittels einer MGCFA die angenommene Struktur verifiziert und starke Invarianz nachgewiesen werden. Die Modellierung des Fachtests mittels eindimensionalem 2PL-Multigruppen-IRT-Modells zeigte gute Fitwerte (EAP Reliability = .86, WLE Reliability = .82; Itemhomogenität: Infit-MnSq [0.98, 1.01], Outfit-MnSq [0.96, 1.07]). Anschließend wurden die resultierenden Personenparameter (WLE-Schätzer) als manifeste Variable in die MGCFA aufgenommen, um Korrelationen zwischen den Interessensdimensionen und dem Personenparameter zu errechnen ( $CFI = .925$ ;  $TLI = .919$ ;  $RMSEA = .059$ ;  $SRMR = .077$ ).

### Ergebnisse und Diskussion

Erwartungskonform konnte eine kontinuierliche Zunahme des mittleren Konzeptverständnisses mit steigender Klassenstufe ( $r = .65$ ,  $p < .001$ ) gefunden werden. Es zeigte sich eine hohe Varianz innerhalb der Jahrgangsstufen, die sich in großen Überlappungsbereichen konsekutiver Jahrgänge äußert. Ebenso den theoretischen Annahmen entsprechend fällt das Interesse an naturwissenschaftlichen Aktivitäten mit steigender Klassenstufe im Mittel für alle Dimensionen stark ab. Die Betrachtung der latenten Korrelationen zwischen den Interessensdimensionen und dem Personenparameter deutet darauf hin, dass die in der Oberstufe hoch korrelierenden Dimensionen Investigative, Networking und die Dimension Social zunehmend mit dem Konzeptverständnis zusammenhängen (vgl. Denissen et al., 2007). Auch für die Dimension Enterprising liegt in Klassenstufe 11 eine moderate positive Korrelation mit dem Fachwissen vor, während die Dimensionen Realistic, Artistic und Conventional nur geringe Zusammenhänge zum Fachwissen zeigen. Die Ergebnisse deuten an, dass Interesse, das auf potentiell kognitiv aktivierende Aktivitäten oder die Kommunikation von Wissen fokussiert, zunehmend mit der Leistung korreliert, wohingegen Interesse an ausführenden, reproduzierenden Tätigkeiten durchgehend nur kleine Zusammenhänge aufweist. Eine spannende Aufgabe scheint die Integration des akademischen Selbstkonzepts zu sein, um weitere Einsicht in diese Zusammenhänge, insbesondere für die Dimensionen Sozial, Networking und Enterprising, zu erlangen. Um Aussagen über Wirkungsweisen tätigen zu können, sind zudem weitergehende längsschnittliche Untersuchungen essentiell.

**Literatur**

- Anderhag, P., Wickman, P.-O., Bergqvist, K., Jakobson, B., Hamza, K. M., & Säljö, R. (2016). Why Do Secondary School Students Lose Their Interest in Science? Or Does it Never Emerge? A Possible and Overlooked Explanation. *Science Education*, 100(5), 791–813.
- Bernholt, S., Köhler, C., & Broman, K. (2016). Die Verständnisenwicklung zentraler Fachkonzepte im Chemieunterricht der Sekundarstufe. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik, Jahrestagung in Berlin 2015* (S. 223–225). Universität Regensburg: GDCCP.
- Blankenburg, J. S., Höffler, T. N., & Parchmann, I. (2016). Fostering Today What is Needed Tomorrow: Investigating Students' Interest in Science. *Science Education*, 100(2), 364–391.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., Cocking, R. R., & Council, N. R. (Hrsg.) (2000). *How People Learn*. National Academies Press.
- Cordova, J. R., Sinatra, G. M., Jones, S. H., Taasoobshirazi, G., & Lombardi, D. (2014). Confidence in prior knowledge, self-efficacy, interest and prior knowledge: Influences on conceptual change. *Contemporary Educational Psychology*, 39(2), 164–174.
- Denissen, J. J. A., Zarrett, N. R., & Eccles, J. S. (2007). I Like to Do It, I'm Able, and I Know I Am: Longitudinal Couplings Between Domain-Specific Achievement, Self-Concept, and Interest. *Child Development*, 78(2), 430–447.
- 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.
- Dierks, P. O., Höffler, T. N., Blankenburg, J. S., Peters, H., & Parchmann, I. (2016). Interest in science: a RIASEC-based analysis of students' interests. *International Journal of Science Education*, 38(2), 238–258.
- Duschl, R., Maeng, S., & Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: a review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123–182.
- Ferrell, B., Phillips, M. M., & Barbera, J. (2016). Connecting achievement motivation to performance in general chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.*
- Hadenfeldt, J. C., Liu, X., & Neumann, K. (2014). Framing students' progression in understanding matter: a review of previous research. *Studies in Science Education*, 50(2), 181–208.
- Hadenfeldt, J. C., Neumann, K., Bernholt, S., Liu, X., & Parchmann, I. (2016). Students' progression in understanding the matter concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 683–708.
- Häussler, P., & Hoffmann, L. (2002). An intervention study to enhance girls interest, self-concept, and achievement in physics classes. *J. Res. Sci. Teach.*, 39(9), 870–888.
- Häussler, P., Hoffmann, L., Langeheine, R., Rost, J., & Sievers, K. (1998). A typology of students' interest in physics and the distribution of gender and age within each type. *International Journal of Science Education*, 20(2), 223–238.
- Holland, J. L. (1997). *Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments*. 3rd Edition. Psychological Assessment Resources.
- Jansen, M., Lüdtke, O., & Schroeders, U. (2016). Evidence for a positive relation between interest and achievement: Examining between-person and within-person variation in five domains. *Contemporary Educational Psychology*, 46, 116–127.
- 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(1/2), 27–39.
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen, Leistung. *Neuere Ansätze der pädagogisch psychologischen Interessensforschung*. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38, 747–770.
- Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on Interest in Science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27–50.
- Lee, W., Lee, M.-J., & Bong, M. (2014). Testing interest and self-efficacy as predictors of academic self-regulation and achievement. *Contemporary Educational Psychology*, 39(2), 86–99.
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O., & Baumert, J. (2005). Academic Self-Concept, Interest, Grades, and Standardized Test Scores: Reciprocal Effects Models of Causal Ordering. *Child Development*, 76(2), 397–416.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education*. (H. Quinn, H. Schweingruber & T. Keller, Hrsg.). National Academies Press.
- Schiefele, U., Krapp, A., & Winteler, A. (1992). Interest as a predictor of academic achievement: A meta-analysis of research. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Sevian, H., & Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: a learning progression on chemical thinking. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 15(1), 10–23.
- Wigfield, A., & Cambria, J. (2010). Students' achievement values, goal orientations, and interest: Definitions, development, and relations to achievement outcomes. *Developmental Review*, 30(1), 1–35.

## **Der Arbeitsalltag von NaturwissenschaftlerInnen aus Schülersicht**

Schülerlabore haben das Potential Schülerinnen und Schülern (SuS) ein authentisches Bild von aktueller Forschung und ihren Beteiligten zu vermitteln. Unter diesem Postulat wird an der RWTH Aachen ein Schülerlabor aufgebaut, dessen inhaltliches und methodisches Vorbild der Sonderforschungsbereich Nanoswitches (SFB 917, 2016) ist. Auf diese Weise soll den SuS nicht nur ein Einblick in ein aktuelles Forschungsthema gewährt, sondern auch ein Eindruck von den vielfältigen Tätigkeitsbereichen im naturwissenschaftlichen Arbeitsalltag vermittelt werden. Sonderforschungsbereiche eignen sich aufgrund ihrer interdisziplinären Zusammensetzung und gemeinsamen Zielsetzung insbesondere als Beispiel, um die große Bedeutung von Kommunikation und Kooperation im heutigen Arbeitsalltag von NaturwissenschaftlerInnen aufzuzeigen. Das Kommunizieren und Kooperieren bildet deshalb auch einen Fokus im Schülerlabor. Dazu können die SuS einige naturwissenschaftliche Tätigkeiten zum Beispiel durch Kleingruppenarbeiten und Schülerkonferenzen kennenlernen und erleben. Doch inwieweit gelingt es, den SuS auf diese Weise ein authentisches Bild vom naturwissenschaftlichen Arbeitsalltag zu vermitteln? Dies herauszufinden ist eines der langfristigen Projektziele. Für den vorliegenden Beitrag wurde dafür zunächst die grundlegendere Frage untersucht, welche Vorstellungen SuS überhaupt von den Tätigkeiten von NaturwissenschaftlerInnen haben. Zur Beantwortung wird im Folgenden ein kurzer Einblick in bisherige Untersuchungen zu dem Thema gegeben. Anschließend wird das für die Studie verwendete Erhebungsinstrument vorgestellt, die Durchführung erläutert und es werden die Ergebnisse der Studie präsentiert.

### **Schülervorstellungen über NaturwissenschaftlerInnen**

Erste große Untersuchungen von Schülervorstellungen über NaturwissenschaftlerInnen wurden von Mead & Métraux (1957) in den USA durchgeführt. Dabei wurden die SuS aufgefordert ihre Vorstellungen über einen Wissenschaftler in Aufsatzform zu äußern. Ein weiterer Ansatz, bei dem SuS ihre Vorstellungen in Form von Zeichnungen darstellen, geht auf das entsprechend benannte Erhebungsinstrument Draw-A-Scientist Test von Chambers (1983) zurück. Aufgrund seiner einfachen und damit quasi sprachunabhängigen Aufgabenstellung wurde dieser Test für verschiedene Altersklassen und internationale Vergleiche eingesetzt. Finson (2002) fasst die Ergebnisse von Studien zusammen, die mit unterschiedlichen Instrumenten durchgeführt wurden, und findet wiederholt stereotypische Vorstellungen über NaturwissenschaftlerInnen, die sich durch Merkmale wie einen weißen Kittel, einen Bart oder eine Brille zeigten. Diese stereotypischen Vorstellungen änderten sich im Laufe der Zeit nur wenig, konnten aber durch gezielte, möglichst andauernde Interventionen beeinflusst werden. Studien, die sich mit Vorstellungen zu konkreten Tätigkeiten von NaturwissenschaftlerInnen beschäftigen, liegen hingegen nur wenige vor. So wurde von Wentorf et al. (2015) ein Fragebogen entwickelt, mit dem neben den Schülervorstellungen zu den Tätigkeiten von NaturwissenschaftlerInnen auch korrespondierende Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen der Probanden erhoben werden können.

### **Erhebungsinstrument**

Ziel der vorliegenden Untersuchung war eine umfassende Erfassung der Schülervorstellungen über die Tätigkeiten von NaturwissenschaftlerInnen. Für die explorative Studie sollte ein offenes Instrument verwendet werden, um zunächst ein möglichst breites Spektrum

von Vorstellungen erfassen zu können. Dazu wurde ein Format, bei dem die SuS ihre Vorstellungen zeichnerisch darstellen, prinzipiell für sehr geeignet erachtet. Im Gegensatz zu zeichnerischen Draw-A-Scientist Tests, die in der Kritik stehen, dass stereotypische Merkmale durch diese Tests erst hervorgerufen würden (Finson, 2002), werden die SuS hier nach den Tätigkeiten der interessierenden Berufsgruppe gefragt statt nach NaturwissenschaftlerInnen als Personen. Weil es aber auch nicht „die eine“ Tätigkeit gibt, wurde entschieden, das Instrument für die Studie wie folgt zu öffnen:

Die SuS werden aufgefordert, die ihrer Meinung nach wichtigsten drei Tätigkeiten im Arbeitsalltag von NaturwissenschaftlerInnen darzustellen. Dazu können drei Zeichnungen auf einem vorstrukturierten DIN A3 Blatt angefertigt werden. Des Weiteren gibt es jeweils die Möglichkeit, die Tätigkeit in einem Freitextfeld zu beschreiben, so dass auch SuS, die nicht zeichnen können oder wollen, ihre Vorstellungen beschreiben können. Dabei ist es beispielsweise möglich, drei zusammenhängende oder drei voneinander unabhängige Situationen zeichnerisch und/oder in kurzen Texten darzustellen.

### Durchführung der Studie und Ergebnisse

Die Studie wurde mit dem oben beschriebenen Erhebungsinstrument an Aachener Schulen in den Klassenstufen acht und neun – der Zielgruppe des Schülerlabors – während der regulären Unterrichtszeit durchgeführt. Nach Erklärung der Aufgabenstellung hatten die SuS 10 Minuten Zeit zur Darstellung ihrer Vorstellungen über die Tätigkeiten von NaturwissenschaftlerInnen.

Insgesamt wurden auswertbare Daten von 189 SuS erhoben, davon besuchten 51 das Gymnasium und 138 die Gesamtschule. Für die Auswertung der aufgenommenen Daten wurden eine Zeichnung und ihr zugehöriges Textfeld zu einer Situation zusammengefasst und als eine Kodiereinheit betrachtet, da es hier nur auf die dargelegten Vorstellungen ankam und nicht auf die Art der Darstellung. Auf diese Weise ist es möglich, dass Situationen später dieselbe Kodierung erhalten, auch wenn in einem Fall lediglich gezeichnet wurde und im anderen Fall nur ein Text geschrieben wurde. Jeder der SuS konnte auf diese Weise maximal drei Situationen darstellen, das heißt es konnte auch pro Person maximal drei Kodierungen geben. Von den 189 SuS wurden insgesamt 486 Situationen dargestellt, was durchschnittlich 2,6 Situationen pro Proband ergibt.

Diese Situationen wurden gemäß der zusammenfassenden Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) ausgewertet, und es wurde dafür ein Kategoriensystem entwickelt. Mit einem dazu erstellten Manual wurde dann die Kodierung der Schülerzeichnungen vorgenommen. Von einem unabhängigen zweiten Rater wurden 10% des Materials kodiert, wobei eine Interraterreliabilität von Cohens  $\kappa = 0,80$  ermittelt wurde. Bei der Kodierung waren insbesondere die Tätigkeiten der NaturwissenschaftlerInnen von Interesse. Die fünf häufigsten Kategorien von Tätigkeiten sind in der Tabelle 1 gezeigt. Hierbei ist die relative Häufigkeit unter den insgesamt 486 Situationen (2. Tabellenspalte) zu unterscheiden von der Anzahl der SuS, die diese Tätigkeit in mindestens einer Situation dargestellt haben (3. Tabellenspalte). Das *Experimentieren* wird mit 69% der Situationen mit großem Abstand als wichtigste Tätigkeit von NaturwissenschaftlerInnen dargestellt. Am zweithäufigsten (10%) wird das *Arbeiten mit Theorien* dargestellt, gefolgt vom *Dokumentieren* (7%), dem *Auswerten, Berechnen* (5%) und dem *Präsentieren* (4%).

Kategorie der Tätigkeiten	Häufigkeit der Situationen	SuS mit mind. einer Nennung
Experimentieren	69%	182 (96%)
Arbeiten mit Theorien	10%	43 (23%)
Dokumentieren	7%	30 (16%)
Auswerten, Berechnen	5%	21 (11%)
Präsentieren	4%	17 (9%)

Tab. 1: Die fünf häufigsten Kategorien von Tätigkeiten, die von  $N = 189$  SuS dargestellt wurden

Zu den in der Tabelle 1 aufgeführten Tätigkeitskategorien gab es jeweils weitere Subkategorien. Hier werden nur exemplarisch einige Subkategorien des *Experimentierens* genannt: Beim Experimentieren werden in 36% der Situationen Chemikalien verwendet; in 26% kommen Geräte wie z.B. ein Mikroskop zum Einsatz; in 14% der Situationen beim Experimentieren kommen Lebewesen vor und gemeinsam mit Kollegen wird in 6% der Situationen experimentiert.

Kommunikation und Kooperation spielen im Sonderforschungsbereich sowie auch im Schülerlabor eine wichtige Rolle und werden daher auch hier besonders betrachtet. Dazu wurde in den Schülerzeichnungen und -texten die Anzahl der beteiligten Personen in den Situationen untersucht. Hierbei zeigte sich einer der Vorteile dieser explorativen Herangehensweise, denn bereits eine Frage nach der Anzahl der beteiligten Personen würde vermutlich zum bewussten Nachdenken über diese Anzahl anregen. In der offenen Variante haben vermutlich nur diejenigen SuS mehrere Personen gezeichnet, die sich aktiv dazu entschieden haben. Die Häufigkeiten der Personenzahlen sind wie folgt verteilt: In 47% der Situationen wurde keine Person dargestellt, in 42% der Situationen kam eine einzige Person vor und in 11% wurden zwei oder mehr Personen dargestellt. Dabei haben 55 von 189 SuS (d.h. 29%) mindestens in einer Situation zwei oder mehr Personen dargestellt.

Bei der genaueren Untersuchung der Tätigkeiten, die ausgeübt werden, wenn zwei oder mehr Personen dargestellt sind, finden sich die in Abb. 1 präsentierten Ergebnisse. Von den insgesamt 189 SuS haben 25 SuS in 6% der Situationen dargestellt, dass *mit Kollegen gemeinsam experimentiert* wird.

Das *Präsentieren* wird von 17 SuS (4% der Situationen) und damit am zweithäufigsten als gemeinsame Tätigkeit mehrerer Personen dargestellt. Bei 4 SuS wird *mit Kollegen an Theorien gearbeitet und Personen außer Kollegen* werden von 9 SuS dargestellt. In die letztgenannte Kategorie fielen beispielsweise Studierende, Firmenbesitzer oder Laboranten.

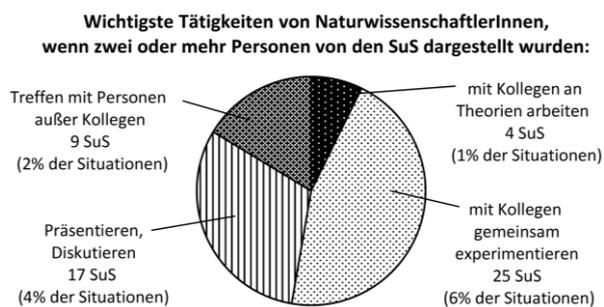


Abb. 1: Tätigkeiten von NaturwissenschaftlerInnen, wenn zwei oder mehr Personen dargestellt werden

Insgesamt lässt sich anhand der Ergebnisse festhalten, dass die mit Abstand häufigste Tätigkeit das Experimentieren mit Chemikalien ist. Dieses wird in den meisten dargestellten Situationen allein durchgeführt. Das Experimentieren ist jedoch die Tätigkeit, die am häufigsten (6% der Situationen) gemeinsam mit Kollegen durchgeführt wird. Von den insgesamt 189 SuS stellten 55 SuS und damit 29% der Acht- und Neuntklässler zwei oder mehr Personen bei der Gestaltung von drei typischen Situationen aus dem Tätigkeitsspektrum von NaturwissenschaftlerInnen dar. Die Situationen mit zwei oder mehr Personen füllen allerdings nur einen Anteil von 11% aller Situationen. Auch in dieser Studie zeigten sich Merkmale stereotypischer Vorstellungen. Hierzu zählt, dass die Arbeit oft allein von männlichen Personen geleistet wird und dass dabei Chemikalien genutzt werden. Jedoch wurden teils auch sehr differenzierte Vorstellungen (z.B. von Experimenten mit Teilchenbeschleunigern) dargestellt. Insgesamt zeigt die Studie, dass generell die Förderung eines aktuellen Bildes von naturwissenschaftlichen Tätigkeiten großes Potential hat.

### Danksagung

Die Autoren danken der DFG für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Projektes zur Öffentlichkeitsarbeit im Sonderforschungsbereich 917.

**Literatur**

- Chambers, D. W. (1983). Stereotypic images of the scientist: the Draw-a-Scientist Test, *Science Education*, Volume 67, 255-265
- Finson, D. K. (2002). Drawing a Scientist: What we do and do not know after fifty years of drawings. *School Science and Mathematics: Volume 102(7)*, 335-345
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 11. Auflage, Weinheim und Basel: Beltz Verlag
- Mead, M. Métraux, R. (1957). Image of the Scientist among High-School Students. A Pilot Study. *Science: Volume 126*, 384-390
- SFB 917 (2016). Sonderforschungsbereich Nanoswitches: [www.sfb917.rwth-aachen.de](http://www.sfb917.rwth-aachen.de) (Stand: Okt. 2016)
- Wentorf, W., Höffler, T., Parchmann, I. (2015). Schülerkonzepte über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern: Vorstellungen, korrespondierende Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften: Volume 21*, 207-222

Jochen Scheid<sup>1</sup>  
 Alexander Kauertz<sup>1</sup>  
 Stefan Heusler<sup>2</sup>  
 Rainer Müller<sup>3</sup>  
 Wolfgang Dür<sup>4</sup>  
 Torsten Franz<sup>3</sup>  
 Susanne Heinicke<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Landau  
<sup>2</sup>Universität Münster  
<sup>3</sup>TU Braunschweig  
<sup>4</sup>Universität Innsbruck

## Kompetenzentwicklungsmodell zur Quantenphysik

### Hintergrund und Forschungsziele

Quantenphysik (QP) ist ein Schlüssel zu einem modernen physikalischen Weltverständnis, sowie zu einer Vielzahl bereits existierender Technologien wie etwa dem Laser, bildgebenden Verfahren in der Medizin und der gesamten Elektronik, aber auch zu einer neuen Ära der Quantentechnologie wie z.B. abhörsicherer Kommunikation mit Quantenkryptographie. QP ist als Teil der modernen Physik in der gymnasialen Oberstufe bereits etabliert, jedoch handelt es sich begrifflich und bezüglich der Formalismen um einen der anspruchsvollsten Themenbereiche der Schulphysik (Müller & Wiesner 2000).

Eine typische Schwierigkeit beim Lernen von QP ist z.B. die Unterscheidung von verwandten Konzepten (Singh, 2001) oder ein Verbleiben der Lernenden in einer deterministisch-mechanistischen Weltsicht (Fischler & Lichtfeldt, 1994). QP widerspricht einem klassisch-mechanistisch geprägten Weltbild, welches am Ende der Sekundarstufe 1 vorherrscht. Auch nach Unterricht in QP bevorzugen Lernende klassische Perspektiven an Stellen, an denen quantenphysikalische Perspektiven angemessen wären (Baily & Finkelstein 2009). Voraussetzung für eine Entwicklung des Konzeptverständnisses in QP ist eine Weiterentwicklung des Weltbildes der Lernenden (NOS, Lederman, 2007) von einem deterministischen zu einem probabilistischen Weltbild. In der Schule sollte daher eine Weiterentwicklung zu einem probabilistischen Weltbild am Ende der Sekundarstufe 2 angestrebt werden. Auch wenn diese Weiterentwicklung exemplarisch besonders gut und besonders klar am Beispiel der QP möglich ist, ist diese Weiterentwicklung auch bei der Bewertung von komplexen Fragestellungen in anderen Themengebieten wie etwa komplexen Klimamodellen oder auch ökonomischen Modellen von Bedeutung.

Bezüglich QP existiert für Oberstufenschüler eine Vielzahl von Lehrideen (z.B. Münchner Modell, Müller, 2003, Spin First, Sadaghiani & Munteanu, 2015, oder das Qubit als einfachstes Quantenobjekt mit bestimmten Eigenschaften, Dür und Heusler, 2012) sowie Supportsysteme mit potentiellen Entlastungsstrategien (Visualisierungen, Heusler, 2013, Dür & Heusler, 2012), deren Wirksamkeiten jedoch empirisch wenig beforscht sind. Ebenso ist wenig beforscht, wie stark die Effekte potentieller Einflussfaktoren auf die Entwicklung des Konzeptverständnisses in QP und damit auf die Entwicklung eines quantenphysikalischen Weltbildes sind. Folgende Faktoren sind denkbar:

- mathematische Kompetenzen,
- klassisch-physikalische Kenntnisse,
- Wissen über Experimente,
- Interpretationen von QP und kritisches Reflektieren darüber,
- Repräsentationskompetenz und
- schlussfolgerndes Denken

Mittelfristiges Ziel des Projekts ist es daher, ein empirisch fundiertes Kompetenzentwicklungsmodell für den Übergang von einem klassisch-deterministischen zu einem

probabilistischen Weltbild zu erstellen. Hierzu fokussieren wir inhaltlich auf die fünf Wesenszüge der QP, bei denen dieser Übergang besonders klar modelliert und getestet werden kann. Aufbauend auf empirisch geprüfte Supportsysteme, wie z.B. kognitive Aktivierung in Bezug auf Repräsentationen (Scheid, 2013), werden systematisch unterschiedliche Repräsentationen (Kanäle) zur Vermittlung von QP genutzt, wie etwa Visualisierungen (Dür & Heusler 2013), Experimente und auch mathematische Modelle.

### Hypothesen und Design

Bei der Kompetenzentwicklung ist denkbar, dass die Kanäle untereinander wechselwirken und die Entwicklung dadurch beeinflussen. Dies beschreiben die folgenden drei Hypothesen:

- Die Schwellen-Hypothese drückt aus, dass erst ein bestimmtes Level einer Kompetenz A es ermöglicht, dass sich Kompetenz B weiterentwickeln kann.

Forschungsfrage 1: Welche Schwellen in welchen Kanälen sind Voraussetzung für eine Weiterentwicklung in anderen Kanälen?

Im weiter unten dargestellten Flussdiagramm ist dies z.B. durch die beiden oberen Kanäle beschrieben, die zeitlich aufeinander folgen: Hier müsste die Kompetenz in Stochastik einen bestimmten Schwellenwert übersteigen, bevor die Teilkompetenz „QP-Experimente verstehen“ weiterentwickelt werden kann.

### Flussdiagramm: Prinzip des Kompetenz-Entwicklungsmodells

Konzept- & NOS-Kompetenzstufe	Kanal	Kanal	Konzept- & NOS-Kompetenzstufe
Sekundarstufe 1 (z.B. Messbarkeit aller Eigenschaften)	Mathematik (z.B. Stochastik)	Verstehen von QP-Experimenten	Sekundarstufe 2 (z.B. Komplementarität von Eigenschaften)
	Vorstellungen / Visualisierungen von Stochastik	Interpretation von QP	


  
zeitlicher Verlauf

- Die Reihenfolge-Hypothese beschreibt, dass die Reihenfolge der Entwicklung von Subkompetenzen einen Einfluss auf die Kompetenzentwicklung haben kann.

Forschungsfrage 2: Welche Reihenfolge ist förderlich und welche hinderlich für die Kompetenzentwicklung?

Dies kann im Flussdiagramm wieder mit den oberen Kanälen erklärt werden: Wenn hier kein Schwellenwert in der Teilkompetenz Stochastik für eine Entwicklung der Teilkompetenz „Verstehen von QP-Experimenten“ gefunden wird, sondern ein linearer Zusammenhang, spräche das für die Reihenfolgehypothese (im Versuchsdesign werden die Reihenfolgen variiert, bedeutsame Aussagen zur Reihenfolge können erst im Zusammenhang der Ergebnisse aller Variationen gemacht werden).

- In der Gleichzeitigkeits-Hypothese wird formuliert, dass zeitgleiches Unterrichten von Denkweisen der QP und Experimenten evtl. Lernende hemmt, klassische Vorstellungen für QP zu verwenden.

Forschungsfrage 3: Welche Paare von Kompetenzen entwickeln sich miteinander am besten, sind also Folge und Voraussetzung füreinander?

Im Flussdiagramm ist dies durch die untereinander stehenden Kanäle dargestellt. Zum Beispiel kann untersucht werden, wie gut sich die Teilkompetenzen „Verstehen von QP-Experimenten“ und „Interpretation von QP“ zeitgleich entwickeln lassen. Zum Vergleich

sieht ein anderes Untersuchungsdesign vor, die vorgenannten Teilkompetenzen nacheinander zu entwickeln.

Das Design des Kompetenz-Entwicklungsmodells ist dem ESNaS-Kompetenzmodell angelehnt (Kauertz et al., 2010) und hat die folgenden drei Dimensionen:

1. Definition von Konzepten, auf welche die Weltsicht angewendet wird (inkl. der fünf Wesenszüge, Müller, 2003)
2. Denk-Operationen für abstrakte Modellbildung
3. Komplexität (Fakt bis übergeordnetes Konzept)

Das Modell wird zurzeit an die Anforderungen der Entwicklung des quantenphysikalischen Weltbildes angepasst.

#### **Geplante Methoden und Ausblick**

Als Stichprobe werden Oberstufenlernende bzw. Studierende in Deutschland und Österreich genutzt ( $N_{\text{Gesamt}} = 600$ ). Die vorgenannten Lehrkonzepte „Münchner Modell“, „Visualisierungen“ und QP-Experimente (insbesondere „aktuelle Einzelphotonenexperimente“) behandeln thematisch die „fünf Wesenszüge der QP (Müller, 2003)“ und werden zur Kompetenzmodellierung eingesetzt. Basis für die Intervention ist ein neu zu entwickelnder online-Kurs zu den fünf Wesenszügen, der auf den oben genannten Lehrkonzepten fußt. Hierbei werden die Erklärungen zu den fünf Wesenszügen systematisch jeweils in unterschiedlichen Repräsentationen (Kanälen) vorgenommen. So kann z.B. das stochastische Verhalten durch Visualisierungen, durch interaktive Simulationen oder durch mathematische Gleichungen dargestellt werden. Für die Intervention werden jeweils unterschiedliche Kanäle „an-“ bzw. „abgeschaltet“.

Innerhalb der Online-Lehrgänge finden die Variationen der Kanalreihenfolgen statt, mit denen die Hypothesen und Forschungsfragen untersucht werden können. Damit dies möglich ist, müssen weiterhin folgende Messinstrumente angepasst bzw. neuentwickelt werden:

- Konzeptverständnis QP (basierend auf fünf Wesenszügen, Müller 2003)
- physikalische Weltsicht auf Niveau der Sekundarstufe 1 und Sekundarstufe 2 (deterministisch bzw. probabilistisch)
- bezogen auf QP: Repräsentationskompetenz, Mathematik, Fachwissen, Experimente und Interpretation

Zur Analyse der Unterschiede in der Kompetenzentwicklung zwischen den Lehrgängen und der Einflussfaktoren der Kanäle bieten sich Strukturgleichungs- oder regressionsanalytische Modelle an, mit deren Ergebnissen das Kompetenzentwicklungsmodell erstellt werden kann.

**Literaturverzeichnis**

- Baily, C., & Finkelstein, N.D. (2009). Development of quantum perspectives in modern physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 5 (1), 010106
- Dür, W., & Heusler, S. (2013). What we can learn about quantum physics from a single qubit [http://arxiv.org/abs/1312.1463, 14.10.2016]
- Fischler, H., & Lichtfeldt, M. (1994). Ein Unterrichtskonzept zur Einführung in die Quantenphysik, *Physik in der Schule*, 32
- Heusler, S. (2013). Visualisierungen – ein Schlüssel zu moderner Physik im Schulunterricht. Habilitationsschrift zur Erlangung der *venia legendi* für das Fachgebiet Didaktik der Physik. Westfälische Wilhelms-Universität Münster. [online verfügbar unter: [https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich\\_physik/didaktik\\_physik/publikationen/visualisierungen-physik.pdf](https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/visualisierungen-physik.pdf); Zugriff am 13.10.2016]
- 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*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 831–879
- Kauertz, A., Fischer, H., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135-153
- Müller, R. (2003). *Quantenphysik in der Schule*. Berlin: Logos-Verlag
- Müller, R., & Wiesner, H. (2000). Das Münchener Unterrichtskonzept zur Quantenmechanik. In: *Physik in der Schule*, 38 (2), 126–134
- Sadaghiani, H.R., & Munteanu, J. (2015). Spin First instructional approach to teaching quantum mechanics in sophomore level modern physics courses. Edited by Churukian, Jones, and Ding. *Physics Education Research Conference*. Published by the American Association of Physics Teachers doi:10.1119/perc.2015.pr.067
- Scheid, J. (2013). *Multiple Repräsentationen, Verständnis physikalischer Experimente und kognitive Aktivierung: Ein Beitrag zur Entwicklung der Aufgabenkultur*. Berlin: Logos-Verlag
- Singh, C. (2001). Student understanding of quantum mechanics. *American Journal of Physics*, 69 (8), 885-895

### Didaktisch rekonstruierte Materialwissenschaften im Schülerlabor

Der Versuch, den Begriff der „Materialwissenschaft“ zu definieren, stößt auf Umschreibungen wie:

*„Die Materialwissenschaft ist stark interdisziplinär ausgerichtet und durchzieht an der Schnittstelle zwischen Physik, Chemie und Ingenieurwissenschaften sämtliche Bereiche des produzierenden Gewerbes. Hierbei wird das gesamte Spektrum von der Grundlagenentwicklung, über die Synthese neuer ganzer Bauteile und Werkstoffsysteme abgedeckt.“<sup>1</sup>*

Tatsächlich lebt die Materialwissenschaft von Interdisziplinarität. Sie vereint die Entwicklung von Hochleistungsmaterialien mit maßgeschneiderten Eigenschaften ebenso wie unzählige analytische, bildgebende Methoden, die diese funktionalen Nanostrukturen für das menschliche Auge sichtbar machen. Die Aufgaben dieser maßgeschneiderten Strukturen reichen dabei von der optimierten Farbstoffsolarzelle bis hin zum selbstreinigenden, medizinischen Gerät.

Der Bezug zwischen materialwissenschaftlichen und schulischen Inhalten ist nicht unmittelbar ersichtlich. Genau darin bestand jedoch das Vorhaben des Erlanger Exzellenzclusters EAM (Engineering of Advanced Materials): Schülerinnen und Schüler sollten einen Einblick in materialwissenschaftliche Forschung mit all ihren spannenden Innovationen bekommen.

Gerade im Kontext der Energiewende kann die Materialwissenschaft einen entscheidenden Beitrag leisten. Mit dem Bestreben, Energie als fachwissenschaftliches Basiskonzept der Bildungsstandards zu lehren, bietet sie eine thematische Schnittstelle.

Im Rahmen eines Schülerlabors wird diese Schnittstelle genutzt, um Schülerinnen und Schülern materialwissenschaftliche Errungenschaften und moderne Forschung näher zu bringen.

Die Experimente rund um das Thema „regenerative Energiesysteme“ bearbeiten Fragestellungen zu Windenergiekonversion, Photovoltaik und chemische Speicher. Nachfolgend werden ausschnitthaft Experimente aus diesen drei Themenbereichen vorgestellt.

#### Windenergiekonversion

Der Zusammenhang zwischen Windkraftanlagen und der Forschung an funktionalen Strukturen makro- und mikroskopischen Skalen leuchtet nicht unmittelbar ein. Mit den Experimenten zur

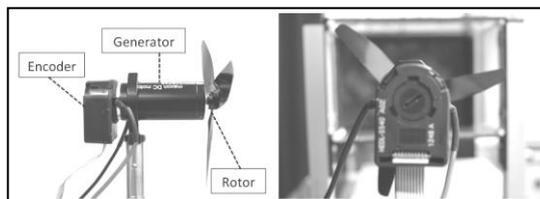


Abb. 1: Modell einer Windkraftanlage mit einem Dreiblattrotor vor dem Windkanal

Windenergiekonversion wird das Ziel verfolgt, ein Bewusstsein für die fluktuierende Energiebereitstellung regenerativer Energiesysteme zu schaffen. Nur so wird deutlich, worin die Bedeutung der Entwicklung effizienter Energiekonversion und innovativer Speicher besteht.

Das v3-Gesetz

<sup>1</sup> (DGM/audimax-Medien, 2015 )

Der Ausgangspunkt für weiterführende Wirkungsgradbetrachtungen an einer Windkraftanlage ist das  $v^3$ -Gesetz. Es beschreibt die Windleistung, die sich proportional zur dritten Potenz der Windgeschwindigkeit verhält. Der experimentelle Aufbau zur Ermittlung des  $v^3$ -Gesetzes ist um einen Windkanal der Firma ANIPROP herum arrangiert. Dieser Windkanal beschleunigt die Luft mit sechs Lüftern und einer Kontraktionsstrecke auf eine Windgeschwindigkeit von bis zu 16 m/s und sorgt durch Wabengleichrichter für eine laminare Strömung (Turbulenzgrad  $< 1\%$  bei einer Windgeschwindigkeit von 12 m/s). Das Modell der Windkraftanlage besteht wie in Abbildung 1 dargestellt, aus einem DC-Motor im Generatorbetrieb, auf dessen Generatorwelle variable Rotorblattformen befestigt werden können. Für die Ermittlung des  $v^3$ -Gesetzes wird die am Windkraftanlagenmodell anliegende, elektrische Last so eingestellt, dass die detektierte elektrische Leistung des Generators der Windleistung folgt.

#### Die Rolle der Rotorblätter

Die Aerodynamik von Form und Anzahl der Rotorblätter hat einen entscheidenden Einfluss auf die Leistungsumsetzung in der Rotorebene. Die Schülerinnen und Schüler können zu Beginn der entsprechenden Experimentiereinheiten eigene Rotorblattformen konzipieren, im 3D-Drucker produzieren und anschließend an der Windkraftanlage charakterisieren. Ein spezielles Befestigungssystem erlaubt zudem die Untersuchung des Einflusses des Blatteinstellwinkels. Mit diesem Zusammenhang lassen sich anwendungsbezogenen Regelungsmechanismen und Betriebsarten realer Windkraftanlagen verstehen.

#### Photovoltaik

In der Solarzellentechnologie wird der Einfluss funktionaler Materialien besonders deutlich. Die Verwendung verschiedener Werkstoffe und deren Schichtdicke kategorisieren Solarzellen in verschiedene „Generationen“. Die Arbeit des Erlanger Exzellenzclusters konzentriert sich dabei sowohl auf die Optimierung der gängigen siliziumbasierten Generationen, als auch auf die Entwicklung neuartiger, organischer Vertreter. Im EAM-Schülerlabor Physik können die Besucher die diese Generationen mitsamt deren Vor- und Nachteilen experimentell ergründen.

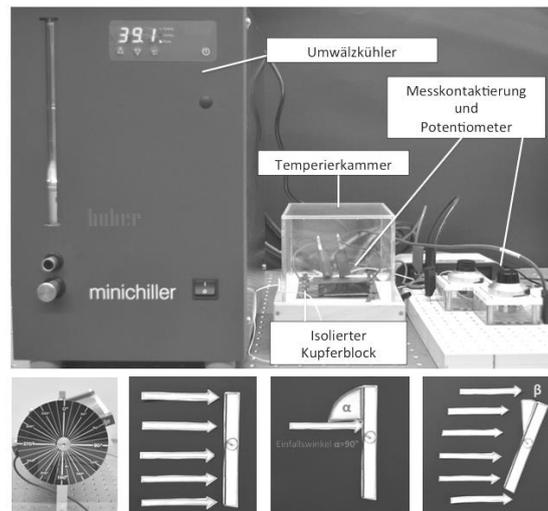


Abb. 2: Teststationen zur Charakterisierung von Solarzellen. Oben: Temperierkammer; Unten: Einfluss des Lichteinfallswinkels

#### Solarzellengenerationen

Mono- und polykristalline Solarzellen, amorphe Dünnschichttechnologien oder Solarzellen auf Basis von Materialkombinationen wie Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid („CIGS-Solarzellen“) dürfen an verschiedenen Experimentierstationen charakterisiert werden. Ein eigens konstruierter Solarsimulator ermöglicht dabei beispielsweise die Untersuchung der spezifischen spektralen Empfindlichkeit. Der Solarsimulator schafft eine an die Standardbedingungen professioneller Geräte angelehnte Testumgebung. Über eine integrierte Messeinheit kann dann für die jeweilige Testzelle eine Stromdichte-Spannungskennlinie aufgenommen und daraus charakteristische Kenngrößen entnommen werden.

### *Einflussparameter auf die Solarzellenleistung*

Lichteinfallswinkel, Temperatur und Bewölkung sind Größen, die das elektrische Leistungsverhalten einer Solarzelle beeinflussen. In welchem Maße diese Parameter die Solarzellenleistung vermindern oder erhöhen, hängt von der getesteten Solarzellenart, deren Architektur, den verwendeten Materialien und Strukturen ab. Beispielsweise reagieren die siliziumbasierten Solarzellen der „1. Generation“ auf eine Abweichung vom senkrechten Lichteinfall mit deutlich größeren Leistungseinbußen als organische Solarzellen. Derartiges materialspezifisches Leistungsverhalten kann an Teststationen (vgl. Abbildung 2) untersucht werden.

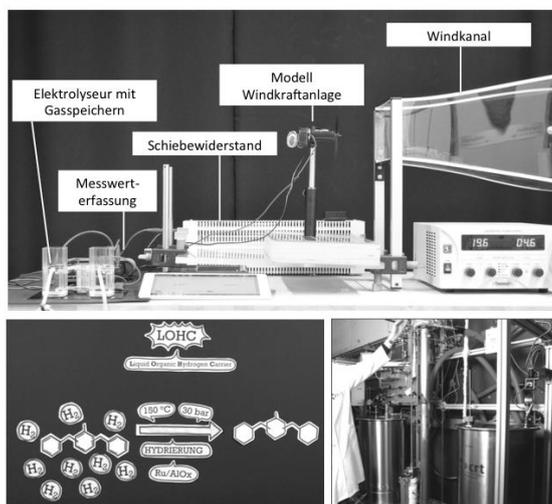
### *Herstellung organischer Solarzellen*

In Anlehnung an die Forschung des materialwissenschaftlichen Exzellenzclusters legt auch das EAM-Schülerlabor einen Fokus auf neuartige Technologien der photovoltaischen Energiekonversion. Organische Solarzellen auf Basis von Farbstoffen und halbleitenden Polymeren können im Schülerlabor selbst hergestellt und anschließend an den beschriebenen Experimentierstationen charakterisiert werden.

### **Chemische Speicher**

Die Idee regenerativer Energiesysteme steht und fällt mit der Speicherung und Bereitstellung von Energie für windstille und dunkle Zeiten. Die Wasserstofftechnologie verspricht dabei eine Möglichkeit, mittels Elektrolyse elektrische Energie von Generator und Solarzelle zwischenspeichern.

Das EAM Schülerlabor ermöglicht es den Besuchern, dieser Problematik mit Elektrolyseur und Brennstoffzelle nachzugehen und wie in Abbildung 3 dargestellt, an die Vorversuche am Windkanal und im Solarsimulator anzuknüpfen.



*Abb. 3: Oben: Experiment zur Speicherung regenerativer, elektrischer Energie; Unten: Lernvideo zum Thema "Wasserstofftechnologie"*

### **Mediale Umsetzung**

Tablet-Computer an den Experimentierstationen vereinen Messwerterfassungssystem, Experimentieranleitung und Dokumentationsmedium. Um einen Einblick in den Forschungsalltag der Materialwissenschaftler zu geben, wurden Lernvideos (vgl. Abbildung 3) gedreht und an ausgewählten Stationen in die Experimentieranleitung integriert. So werden die Schüler und Schülerinnen beispielsweise bei der Präparation von Farbstoffsolarzellen schrittweise von einem Mitarbeiter des EAM angeleitet und gleichzeitig die Funktion der einzelnen Zellschichten anschaulich erklärt.

**Literatur**

- DGM/audimax-MEDIEN (2015): Materialwissenschaft und Werkstofftechnik; audimax-Sonderveröffentlichung in Kooperation mit der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V.; S. II – III
- Lodermeyer, F. u.a. (2016): „Facile and quick preparation of carbon nanohorn-based counter electrodes for efficient dye-sensitized solar cells“; *Nanoscale* 8, S. 7556-7561
- Sunny, S., Cheng, G., Daniel, D., Lo, P., Ochoa, S., Howell, C., Vogel, N., Majid, A., Aizenberg, J. (2016): Transparent antifouling material for improved operative field visibility in endoscopy, 113 (42) PNAS, S. 11676-11681
- KMK (2005): Beschlüsse der Kultusministerkonferenz, Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10), S.9
- Send, W. (2007): Kleiner Windkanal für Schulversuche, Didaktik der Physik-Frühjahrstagung Regensburg 2007
- Teichmann, D. (2011): A future energy supply based on Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHC), *Energy Environ*, S. 2767-2773

### Entwicklung von Standards für das Berufskolleg im Fach Körperpflege

Die Forschung im Bereich der Fachdidaktik Körperpflege/Biotechnik stellt im Rahmen der Diskussion um Lehrerprofessionalisierung ein bisher wenig bearbeitetes Feld dar. Die wenigen Richtlinien (vgl. Ländergemeinsame Anforderungen an die Fachdidaktik, KMK, 2015) und bisher nur in Ansätzen vorhandenen Erkenntnisse aus der Bildungsforschung sind einerseits durch die starke Heterogenität des Faches selbst, als auch andererseits durch die Heterogenität der Schülerschaft bedingt. Das Fach Biotechnik/ Körperpflege soll Lehrkräfte für das Berufskolleg ausbilden, die sich im Beruf wiederum mit einer Vielzahl von Bildungsgängen konfrontiert sehen, in denen Sie eingesetzt werden. So unterrichten Lehrkräfte mit dem Fach Biotechnik/Körperpflege unter anderem FriseurInnen, ZahntechnikerInnen, KosmetikerInnen oder FloristInnen. Diese Vielfalt zeigt auf, dass eine Fachdidaktik Biotechnik/Körperpflege auch eine Anbindung an den jeweiligen unterrichteten Bildungsgang erfordert. Daher beschäftigt sich diese Studie mit einer Fachdidaktik, die die Lehrerbildung im Bereich der FriseurInnen in den Blick nimmt. FriseurInnen machen laut KMK (Quantita NRW, 2015) die meisten Auszubildenden im Bereich der Biotechnik/Körperpflege aus den oben genannten Ausbildungsberufen aus (Platz 13 der Top 50 Ausbildungsberufe 2015). Im Ausbildungsberuf der FriseurIn finden sich SchülerInnen mit verschiedenstem Bildungshintergrund. So besuchen diesen Bildungsgang SchülerInnen mit Abitur bis hin zu SchülerInnen mit Hauptschulabschluss Klasse 9, oder SchülerInnen, die den Hauptschulabschluss Klasse 9 nach einem Berufsgrundschuljahr erworben haben. Eine umfassende Fachdidaktik Körperpflege muss das beschriebene Spannungsfeld der Heterogenität umfassen und zudem die Besonderheit der beruflichen Bildung in den Blick nehmen. Für die fachdidaktische universitäre Ausbildung im Fach Biotechnik/Körperpflege werden bisher die fachlichen Bezugsdisziplinen, wie Chemie, Biologie oder Gestaltung, genutzt und über deren Didaktik fachdidaktisches Wissen vermittelt. Diese werden dann auf das Berufskolleg und das Fach Biotechnik/Körperpflege übertragen.

Für einen ersten Angang im Bereich einer spezifischen Didaktik der Biotechnik/Körperpflege, müssen ferner fachspezifische Standards für die Lehrerbildung entwickelt werden.

#### Ohne fachdidaktisches Wissen kein qualitätvoller Unterricht

Neben der Vermittlung von Fach- und allgemein pädagogischem Wissen wird während der Ausbildung von Lehrkräften an der Universität auch das fachdidaktische Wissen gelehrt. Spätestens seit Shulman (1986) ist die Unterscheidung von Lehrerprofessionswissen in CK (content knowledge), PK (pedagogical knowledge) und PCK (pedagogical content knowledge) gängig. Die Rolle des fachdidaktischen Wissens (PCK) von Lehrkräften in der Debatte um Lehrerprofessionalisierung ist bekannt und in diversen Studien untersucht (Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Baumert & Kunter, 2006; Kleickmann et al., 2013; Koehler & Mishra, 2014). Kunter und Ewald (2016) unterscheiden darüber hinaus entsprechend der Definition von Berliner (2005) zwischen „*gutem*“ und „*effektivem*“ Unterricht aus dessen Mischung sich ein „*qualitätsvoller*“ Unterricht entwickeln kann. Guter Unterricht zeichnet sich durch Orientierung am aktuellen Stand der Forschung und durch das Folgen von pädagogischen Prinzipien aus, während der effektive Unterricht durch das Erreichen von Lernzielen bestimmt ist (Kunter, & Ewald, 2016).

Um einen qualitätvollen Unterricht in Friseurklassen zu gewährleisten, müssen Lehrkräfte dementsprechend über fachdidaktisches Wissen, aber auch über Bewertungs- und Reflektionskompetenz verfügen.

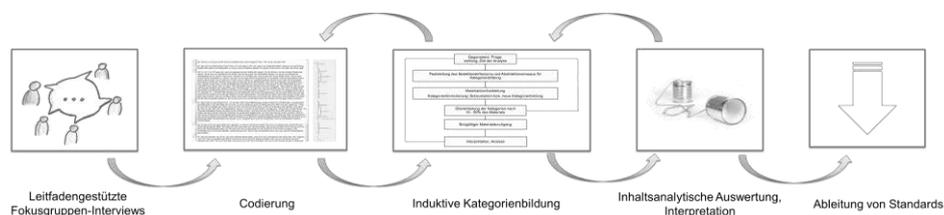
In vielen der an die Körperpflege angrenzenden Fachdidaktiken ist die Erforschung der Aspekte fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften bereits weiter vorangeschritten (Großebram 2013; Schmelzing 2008). Dabei wurden von Großebram acht Facetten fachdidaktischen Wissens von Chemielehrkräften beschrieben und konkretisiert. Diese sollen in der ersten Phase der Lehrerbildung erworben werden. Diese Facetten, sowie die bisherige Konzeptualisierung von PCK, sind jedoch nicht hinreichend, um eine Fachdidaktik Körperpflege in Friseurklassen zu beschreiben. Dennoch können diese Konstrukte als deduktive Vorüberlegungen zu einer Kategorienbildung für die Auswertung genutzt werden. Es stellen sich folgende Forschungsfragen:

**FF 1:** Welche Aspekte einer Körperpflege-Didaktik können identifiziert und systematisch erfasst werden?

**FF 2:** Welche Standards für die Lehrerprofessionalisierung können aus den erhobenen Aspekten abgeleitet werden?

### **Fokusgruppen Interviews und QIA als Zugang zur Standardentwicklung**

Die Erhebung der Daten erfolgt über Fokusgruppen-Interviews im Zeitraum von Mai bis November 2016. Das Sampling wird möglichst berufsphasenhomogen nach Huberman (1991) gestaltet. Die Fokusgruppen umfassen drei bis maximal zehn Personen. Eine Gruppe wird durch Berufseinsteiger, die zweite Gruppe durch berufserfahrene Lehrerinnen und Lehrer und die dritte Gruppe durch FachleiterInnen im Fach Körperpflege zusammengesetzt. Die Fokusgruppen werden leitfadengestützt moderiert und audiographiert. Leitfaden und Moderationstechniken wurden vorab in zwei Fokusgruppen-Interviews mit Studierenden der Biotechnik der Uni Duisburg-Essen pilotiert und überarbeitet. Während des Interviews werden Aussagen der TeilnehmerInnen mittels der Struktur-lege-Technik systematisiert (Scheele & Groeben, 1988) und durch Dialog-Konsens validiert (Steinke, 2008). Die audiographierten Aufnahmen werden dann transkribiert und inhaltsanalytisch fokussiert ausgewertet. Dabei wird die Methode der induktiven Kategorienbildung (Mayring 2015) angewendet, wie Abbildung 1 zeigt:



*Abbildung 1: Methodisches Vorgehen der Datengewinnung und Auswertung*

Der Prozess der Kategorienbildung und inhaltsanalytischen Interpretation ist, wie die Codierung und den daraus entstehenden Kategorien, ein Kreisprozess, der bei der Materialbearbeitung wiederholt durchlaufen wird.

Mit der induktiven Kategorienbildung werden die Daten inhaltsanalytisch ausgewertet und interpretiert, um schließlich konkrete Standards abzuleiten. Die Schritte der Auswertungsmethode werden für jedes Interview erneut durchlaufen, wobei bereits bestehende Kategoriensysteme aus vorherigen inhaltsanalytischen Auswertungen der Transkripte codiert und erweitert werden.

### **Erste Ergebnisse: Modelle als Instruktions- und Vermittlungsstrategie**

In den Transkripten werden besonders häufig Modelle als Mittel zur Wissensvermittlung genannt (81 Nennungen von „Modellen“ in drei Interviews). In den Transkripten zeigt sich, dass Modelle von Lehrkräften im Bereich der Friseurausbildung scheinbar anders genutzt

werden, als aus chemiedidaktischer Sicht üblich. Eine didaktische Modellreflektion wird so gut wie nie betrieben, da dies als nicht zielführend für den Unterricht empfunden wird. Auch Wissen über die Klassifizierungen von Modellen (Pfeifer, et. al, 2002) werden als nicht relevant bezeichnet. Hingegen werden bestimmte Arten von Modellen, wie materielle Modelle mit haptischen Elementen, bei der Erarbeitung und beim Wissenstransfer als besonders hilfreich für FriseurschülerInnen genannt. Modelle mit haptischen Elementen fallen SchülerInnen leichter als abstrakte Denkmodelle und werden genutzt um Anker für Fachwissen zu implementieren. Dies ist laut Aussage der Lehrkräfte von besonderer Bedeutung, da das Fachwissen zu der Gesellenprüfung abrufbar und abprüfbar sein muss. Des Weiteren werden Modelle als Lernhilfe und Binnendifferenzierung in Friseurklassen genutzt, wobei eine eigenständige Modellkonstruktion von Lehrkräfte als sehr fruchtbar empfunden und gerne zum handlungsorientiertem Lernen im Unterricht genutzt wird. Aus diesen Analysen ergibt sich folgendes vorläufiges Kategoriensystem für die Oberkategorie „Nutzung von Modellen“ (Tabelle 1):

<b>Subkategorie</b>	<b>Möglicher Standard: Lehrkräfte können...</b>
Gestufte Lernhilfe in der Binnendifferenzierung	...Modelle als gestufte Lernhilfen und Binnendifferenzierung nutzen
Einsatz als lerntypengerechte Aufarbeitung von Unterrichtsstoff	...mit Hilfe von Modellen gezielt identifizierte Lerntypen unterstützen.
Generieren von anschlussfähigem Wissen	...Wissen anschluss- und abruffähig gestalten, indem Sie Modelle als Ankerbeispiele nutzen.
Sichtbarmachung von Prozessen	...komplexe Prozesse durch Modelle haptisch erfahrbar machen.

Tab. 1: Subkategorien und abgeleitete Standards zur Kategorie „Nutzung von Modellen“

Neben der Kategorie „Modelle“ ergeben sich aus den bisherigen Analyse noch folgende Oberkategorien: *Wissen über die Lerngruppe, Vorwissen der SchülerInnen, Wissen über betriebliche Abläufe im Friseursalon, adressatengerechte didaktische Reduktion.*

Im weiteren Verlauf des Projekts sind drei bis vier Fokusgruppen-Interviews mit Lehrkräften und Lehramtsanwärtern geplant, sodass die Gesamtzahl der befragten Personen bei etwa  $N=30$  liegt. Das Kategoriensystem wird durch die inhaltsanalytische Auswertung aller Interviews verfeinert, erweitert und mit Ankerbeispielen versehen. Die Validierung der Kategorien erfolgt über die Überprüfung der Inter- und Intracoder-Reliabilität validiert. Abschließend sollen die entwickelten Standards durch Expertenratings auf Relevanz überprüft werden.

**Literatur**

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 469–520.
- Berliner, D. (2005). The near impossibility of testing teacher quality. *Journal of Teacher Education*, 56 (3), 205–213.
- Brunner, M. et al. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*. 9 (4), 521–544.
- Großebram, N. (2013). Elemente fachdidaktischen Wissens in der universitären Ausbildung angehender Chemielehrkräfte: ein Beitrag zur Standardentwicklung. Dissertation: Duisburg, Essen, Universität.
- Huberman, M. (1991). Der berufliche Lebenszyklus von Lehrern: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. Terhart, E. (Hg.). *Unterrichten als Beruf*. Köln, Wien: Bölaue-Verlag, S.249–267.
- Kleickmann et al. (2013). Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge: The Role of Structural Differences in Teacher Education. *Journal of Teacher Education* 64 (1), 90–106.
- KMK (2015). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Düsseldorf. Berlin: KMK.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2014). The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework. In: J.M. Spector et al. (eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. New York: Springer.
- Kunter, M. & Ewald, S. (2016). Bedingungen und Effekte von Unterricht: Aktuelle Forschungsperspektiven aus der pädagogischen Psychologie. McElvany, N. et al.(Hsrg.): *Bedingungen und Effekte guten Unterrichts*. Münster: Waxmann, S. 9–32.
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In: J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Hrsg.), *Examining pedagogical content knowledge. The construct and its implications for science education* (95 -132). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz.
- Pfeifer, P., et al (2002). *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. München, Düsseldorf, Stuttgart: Oldenbourg.
- Scheele, B. & Groeben, N. (1988). *Dialog-Konsens-Methoden zur Rekonstruktion Subjektiver Theorien: die Heidelberger Struktur-Lege-Technik, konsuale Ziel-Mittel-Argumentation und kommunikative Flußdiagramm Beschreibung von Handlungen*. Tübingen: Francke.
- 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), 1–23.
- Steinke, I. (2008). Gütekriterien qualitativer Forschung. Flick, U.; Kardoff, E. v.; Steinke, I. (Hg.): *Qualitative Forschung. Ein Handbuch*; 319–331. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt.

Susanne Digel<sup>1</sup>  
 Patrick Löffler<sup>1</sup>  
 Jochen Scheid<sup>1</sup>  
 Alexander Kauertz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Koblenz-Landau

### **Problemlöse-Expertise - Modellieren als entscheidende Kompetenz in kontextualisierten Problemlöseprozessen?!**

Lebensnahe Kontexte haben einen positiven Einfluss auf das Interesse der Lernenden im Physikunterricht (Bennett, Lubben & Hogarth, 2007). Jedoch empfinden Lernende (und Lehrende) kontextualisierte Problemstellungen als schwieriger (Park & Lee, 2004). Tatsächlich werden in solchen Aufgaben Unterschiede in den Schülerleistungen besonders deutlich (Heller & Hollabaugh, 1992). Erklärungsansätze über unterschiedliche Niveaus von Fachwissen und Problemlösestrategien haben sich empirisch nicht bewährt: Lernenden mit angemessenen Problemlösestrategien gelingt es nicht, diese in Kontexten geeignet einzusetzen – ein Phänomen das als Produktionsdefizit beschrieben wird (Veenman, van Hout-Wolters & Afflerbach, 2006). Darüber hinaus weisen Löffler und Kauertz (2015) auf den eingeschränkten Einfluss von Fachwissen auf Problemlöseleistung in kontextualisierten Aufgabenstellungen hin, berichten gleichzeitig aber von einem signifikanten Einfluss der Nutzung physikalischer Modellelemente im Problemlöseprozess.

Bisherige Forschungsergebnisse zum Produktionsdefizit nennen mögliche Ursachen und moderierende Variablen wie etwa Motivation oder Metakognition, liefern jedoch keine Ansätze zur Kompensation bzw. Überwindung. Modellierungskompetenz bietet hier eine vielversprechende Perspektive, denn „[models] embody a form of flexible knowledge that can be applied to transfer problems“ (Clement, 2000, S. 1042) und „most physics problems are solved by constructing or selecting a model“ (Halloun, 2006, S. 217).

Daher wird in diesem Projekt die Frage untersucht, wie naturwissenschaftliche Modellierungskompetenz die Problemlösefähigkeit in kontextualisierten Aufgaben unterstützen kann.

#### **Theoretischer Hintergrund**

Leisner-Bodenthin (2006) beschreibt naturwissenschaftliche Modellierungskompetenz als:

- *Metawissen zum Modellieren*: ein Verständnis von Modellen und Modellieren, als Teil des Verständnisses von *Nature of Science* (NoS) (Schwarz et al., 2009),
- *deklaratives Modellwissen*: domänenspezifisches Wissen über Modelle und deren Charakteristika (ähnlich physikalischem Konzeptwissen), und
- *prozedurale Modellierungskompetenz*: Fähigkeit, Modelle (beim Problemlösen) einzusetzen.

Die erste Kategorie beinhaltet Kenntnis darüber „how models are used, why they are used, and what their strengths and limitations are“ (Schwarz et al., 2009, S. 634-635).

Lin, Chiu und Chou (2004) konnten zeigen, dass umfassende NoS-Kenntnisse die Leistungen beim konzeptuellen Problemlösen verbessern. Dieser Wirkungszusammenhang erklärt sich durch vielseitigere, flexiblere und präzisere Aktivierung von Wissen (Tsai, 1998), verbesserte Kenntnisse und adäquatere Nutzung von Strategien (Thillmann, 2008) und einem erhöhten Selbstkonzept (Urhahne & Hopf, 2004). *Metawissen zum Modellieren* wirkt sich nach Schwarz et al. (2009) auch positiv auf das *deklarative* und das *prozedurale Modellwissen* aus. Diese beiden Kategorien von *naturwissenschaftlicher Modellierungskompetenz* sind vor allem für die erste und entscheidende Hürde im Problemlöseprozess bedeutsam – dem Situationsmodell (Leiss, Schukajlow, Blum, Messner & Pekrun, 2010). Es stellt die mentale Repräsentation der Problemstellung und deren

Verbindung zur eigenen Wissensstruktur dar. Während das Situationsmodell der Novizen aus Oberflächenelementen des Problems besteht, entwickeln Experten ein konzeptuelles Modell, indem sie geeignete physikalische Schemata (Modelle) aktivieren (Snyder, 2000). Diese konzeptuelle Problemanalyse führt sowohl zu besserer Leistung im Problemlöseprozess als auch zu verbesserter Nutzung von Problemlösestrategien (Taasoobshirazi & Carr, 2008).

### **Naturwissenschaftliche Modellierungskompetenz**

Aus der bisherigen Forschung zu Modellen im naturwissenschaftlichen Unterricht sind geeignete Instrumente zur Beschreibung und Erfassung von deklarativer und metakognitiver Modellierungskompetenz hervorgegangen, der prozedurale Kompetenzaspekt wurde bisher jedoch nicht ausführlicher beleuchtet. Dieser Forschungslücke wurde mit der Entwicklung eines normativen Kompetenzmodells prozeduraler Modellierungskompetenz begegnet, auf dessen Basis ein Testinstrument zur empirischen Überprüfung des Modells für die Domänen Optik und Kinematik konstruiert wurde.

Justi und Gilbert (2002) identifizieren in ihrem *model of modelling* folgende drei Bereiche zum Modellieren in den Naturwissenschaften - *apply in context, revise established model, (re-)construct a model*, die sich in ganz ähnlicher Weise bei Halloun (2006) – *application, deployment, development* – wiederfinden und in dem hier vorgestellten Kompetenzmodell die Dimensionen *Anwenden, Bewerten* und *Entwickeln* bilden.

Im Bereich *Anwenden* stimmen Justi und Gilbert (2002) und Halloun (2006) in zwei Aspekten überein – zunächst müssen die für die Situation relevanten physikalischen Konzepte identifiziert und zu dem (gewählten) Modell in Beziehung gesetzt werden (A1), um dann Vorhersagen für die Situation mithilfe des Modells zu treffen (A2).

Aus Halloun (2006) lassen sich für *Bewerten* drei Komponenten identifizieren – Bewerten der Eignung eines Modells für eine spezifische Situation, zum einen a priori anhand der Situationsbeschreibung (B1), zum anderen a posteriori anhand der Vorhersage mithilfe des Modells (B2) und die begründete Auswahl aus mehreren Modellen für eine spezifische Situation (B3).

Im *model of modelling* (s.o., vgl. auch Justi, 2009) lassen sich bei der Modellentwicklung für den Bereich *Entwickeln* fünf Phasen abstrahieren – zunächst muss der Zweck des Modells festgelegt werden (E1), um dann Eigenschaften der Situation und für relevante physikalische Inhalte (Konzepte und etablierte Modelle) zu verbinden (E2), woraus ein mentales Modell entsteht, das repräsentiert und als neues Modell kommuniziert wird (E3). Das neue Modell wird in der Situation angewandt und die Vorhersage diskutiert (E4), bevor es schließlich auf eine andere Situation transferiert wird (E5).

### **Ergebnisse**

In der Präpilotierung (Physiklehramtsstudenten, 4. Semester, N = 20) wurden erste Erkenntnisse bezüglich der Güte der Items gewonnen, außerdem liefert der Vergleich verschiedener IRT-Modelle erste Hinweise auf die Dimensionalität des vorgeschlagenen Kompetenzmodells. Ausgewertet wurde zunächst der Kompetenztest der Domäne Optik, der sich aus 48 Items zusammensetzt (11x Anwenden, 32x Bewerten, 5x Entwickeln). Die Items zu A und B bestehen aus two-tier multiple-choice Aufgaben, bzw. aus einem multiple-choice Anteil gefolgt von einem offenen Antwortformat zur Begründung der Auswahl, im Bereich C wird eine Modellierung in den 5 Phasen (E1-E5) kategorienbasiert ausgewertet. Der Test liefert nach Itemselektion (6xA, 22xB, 4xE) eine ausreichende bis gute Reliabilität (Cronbachs  $\alpha = 0.74$ , 1-Dim.-Rasch-Modell EAP/PV-Reliabilität = 0.861) (Danner, 2014). Die Itemfit-Werte lagen auch aufgrund der kleinen Stichprobe nicht im akzeptablen Bereich (Wright & Linacre, 1994). Eine Auswertung auf Basis eines dreidimensionalen Modells (mit eindeutiger Zuordnung der Items zu den drei Kompetenzbereichen A, B, E analog zur

Testkonstruktion) und eines zweidimensionalen Modells (Zuordnung Items A und Items B/E, siehe Diskussion) wurde zum Vergleich hinzugezogen. Tabelle 1 stellt die Ergebnisse der Auswertungen gegenüber.

	1 Dim.	3 Dim.			2 Dim.	
		A	B	E	A	B/E
<b>EAP/PV Reliabilität</b>	0.861	0.540	0.768	0.719	<b>0.538</b>	<b>0.760</b>
<b>Deviance</b>	635.33		568.43		<b>569.93</b>	
<b>BIC</b>	833		687		<b>678</b>	
<b>AIC</b>	785		658		<b>652</b>	
<b>Anz. Items mit guten Infit/Outfit (+akzeptabel)</b>	0/0		28/21		<b>27/21</b>	
	+(0/0)		+(5/6)		<b>+(4/6)</b>	

Tab. 1: Vergleich der verschiedenen IRT-Modelle

### Diskussion

Gründe für die Negativauswahl der Items waren Deckeneffekte, negativ Korrelationen durch unklare Formulierung und Bodeneffekte. Nach der Auswahl im Bereich A verblieben nur Items zu A2, hier wird eine neue Itemkonstruktion angestrebt, um die Frage nach der Trennbarkeit der beiden Aspekte zu klären. Da B1 und B2 hoch korrelieren, wird bei der Modifikation der Items die Trennbarkeit der beiden stärker in den Blick genommen. Die Reihenfolge der Bereiche im Test wird variiert, um den Bereich E besser von B abzugrenzen. Durch die geringere Itemanzahl pro Dimension sind im Mehrdimensionalen die Reliabilitäten geringer, darüber hinaus weisen sie im Bereich A auf die nicht zufriedenstellende Itemkonstruktion hin. Die deutlich geringeren Werte der Informationskriterien weisen auf eine bessere Passung der mehrdimensionalen Modelle hin, was auch die Itemfit-Werte (bei 3 DIM.: 27 bzw. 21 Items mit guten Infit- bzw. Outfit-Werten und weitere 5 bzw. 6 mit akzeptablen Infit/Outfit) bestätigen. Die Zuordnung beim zweidimensionalen Modell erfolgte aufgrund der relativ hohen Korrelation der Bereiche B und E im dreidimensionalen Modell. Die Werte der Informationskriterien sind nur geringfügig schlechter als beim dreidimensionalen Modell. Auch die Itemfit-Werte bleiben auf ähnlich gutem Niveau, weshalb nach dem Kriterium der Einfachheit aktuell dem zweidimensionalen Modell der Vorzug gegeben wird.

### Ausblick

Die Auswertung der Präpilotierung in der Domäne Kinematik (96 Items: 26xA, 48xB, 19xE + 5 Phasen analog Optik) wird noch zur Bestätigung der Modellpassung herangezogen. Das Kompetenzmodell wird empirisch mit vier zehnten Klassen und Physiklehramtsstudenten überprüft. Zur Validierung werden das konzeptuelle Vorwissen (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992; Hettmannsperger, Mueller, Scheid & Schnotz, 2015) und metakognitive Kenntnisse (Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2002) mit eingeschlossen und das Verständnis von *scientific inquiry* und *nature of science* ("SUSSI", Liang et al., 2006; Kremer, 2010) erfasst. Zusätzlich werden die Effekte von kognitiven Fähigkeiten, Interesse und Motivation, sowie Selbstwirksamkeit und Selbstkonzept kontrolliert.

Im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts werden Analysen zur Struktur des Kompetenzmodells Erkenntnisse zur Entwicklung der einzelnen Kompetenzaspekte liefern. Ferner kann mithilfe der miterhobenen Daten Modellierungskompetenz von den anderen Aspekten der Kompetenzdomäne Erkenntnisgewinnung abgegrenzt werden. Ergebnis ist ein empirisch überprüftes Kompetenzmodell und ein dazugehöriges Diagnoseinstrument mit dem schließlich untersucht werden kann, wie sich naturwissenschaftliche Modellierungskompetenz im Detail auf Problemlöseleistung in Kontextaufgaben auswirkt.

**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.
- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22 (9), 1041-1053.
- Danner, D. (2014). Reliabilität - die Genauigkeit einer Messung (GESIS - Leibniz Institute for the Social Sciences, Hrsg.).
- Halloun, I. (2006). *Modeling Theory in Science Education* (Science & technology education library, Bd. 24). Dordrecht: Springer.
- Heller, P. & Hollabaugh, M. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups. *American journal of physics*, 60 (7), 637-644.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30 (3), 141.
- Hettmannsperger, R., Mueller, A., Scheid, J. & Schnotz, W. (2015). Developing conceptual understanding in ray optics via learning with multiple representations. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 19 (1), 235-255. Verfügbar unter <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs11618-015-0655-1.pdf>
- Justi, R. (2009). Learning how to model in science classroom: key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills. *Educación química*, 20 (1), 32-40.
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24 (4), 369-387.
- Kremer, K. H. (2010). *Die Natur der Naturwissenschaften verstehen - Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I*. Dissertation, Universität Kassel.
- Leisner-Bodenthin, A. (2006). Zur Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 91-109.
- Leiss, D., Schukajlow, S., Blum, W., Messner, R. & Pekrun, R. (2010). The Role of the Situation Model in Mathematical Modelling—Task Analyses, Student Competencies, and Teacher Interventions. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31 (1), 119-141.
- Liang, L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O., Adams, A., Macklin, M. et al. (2006). Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (SUSSI): Revision and Further Validation of an Assessment Instrument.
- Lin, H.-S., Chiu, H.-L. & Chou, C.-Y. (2004). Student understanding of the nature of science and their problem-solving strategies. *International Journal of Science Education*, 26 (1), 101-112.
- Löffler, P. & Kauertz, A. (2015). Modellanwendung in kontextualisierten Problemlöseaufgaben. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014.
- Park, J. & Lee, L. (2004). Analysing cognitive or non-cognitive factors involved in the process of physics problem-solving in an everyday context. *International Journal of Science Education*, 26 (13), 1577-1595.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D. et al. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling. Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 632-654.
- Snyder, J. L. (2000). An investigation of the knowledge structures of experts, intermediates and novices in physics. *International Journal of Science Education*, 22 (9), 979-992.
- Taasoobshirazi, G. & Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review*, 3 (2), 155-167.
- Thillmann, H. (2008). *Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren*.
- Treagust, D., Chittleborough, G. & Mamiala, T. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24 (4), 357-368.
- Tsai, C. (1998). An analysis of Taiwanese eighth graders' science achievement, scientific epistemological beliefs and cognitive structure outcomes after learning basic atomic theory. *International Journal of Science Education*, 20 (4), 413-425.
- Urhahne, D. & Hopf, M. (2004). Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 71-87.
- Veenman, M., van Hout-Wolters, B. & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, 1 (1), 3-14.
- Wright, B. & Linacre. (1994). Reasonable mean-square fit values. *Rasch Measurement Transactions*, 8:4, 370. Verfügbar unter <http://www.rasch.org/rmt/rmt83b.htm>

### Schärfemutproben – Capsaicin im Kontext jugendlichen Risikoverhaltens

Die Fachdidaktiken Chemie/Biologie haben sich bislang hauptsächlich mit dem Konsum von Alkohol, Tabak und Drogen, mit devianten Ernährungsgewohnheiten sowie mit intensivem Sonnenbefeisung befasst. Substanzbezogene Mutproben, wie sie auf YouTube gezeigt werden, erweitern erst seit kurzem das thematische Repertoire der schulischen Gesundheitserziehung (Busse, 2013; Spitzer & Prechtl, 2015). Da sich Mutproben-Trends über YouTube oft viral verbreiten und die fachdidaktische Reaktion hierauf stets hinterherhinkt, wurde eine Online-Publikation, deren Aktualisierung halbjährlich erfolgt, für Lehrpersonen und Studierende ins Leben gerufen (Prechtl 2015-201X). Sie stellt populäre substanzbezogene Mutproben und deren Gefährdungspotenziale vor. Zudem bietet sie Tipps, wie mithilfe von YouTube Mutproben-Trends systematisch erfasst werden können. Zukünftig wird Material für die Aus- und Fortbildung von Lehrpersonen bereitgestellt werden. In diesem Beitrag wird der Blick auf Schärfemutproben mit Chili (Capsaicin) gerichtet.

#### Befunde (Teil A)

Im Rahmen des durch das HMWK geförderten Forschungsprojektes *No Risk – No Fun?!* wurde eine umfangreiche Sichtung von YouTube-Videos (N = 2.035) durchgeführt, um zu ermitteln, welche substanzspezifischen Mutproben Adoleszente ausführen. Es zeigte sich, dass sich orale Mutproben besonders großer Beliebtheit erfreuen (Abb. 1). 46,2 Prozent der Mutproben-Videos konnten dem Typ oral (I und II) zugerechnet werden. 440 Videos zeigten hauptsächlich starke Reizungen durch die Einnahme von Zimt und Chili, den Brechreiz erzeugenden Konsum von bizarren Lebensmittelmixturen wie Red Bull und Milch oder Sprite und Banane sowie die schnelle Einnahme großer Flüssigkeitsvolumina (Water- und Milk-Chugging).

Typ	oral		intranasal oder okular	perkutan	Zündeln	Explosion	Waffen	Andere
	I Schmerz	II Brechreiz						
%-Anteil	21,9 %	24,3 %	5,9 %	17,7 %	9,8 %	10,6 %	3,7 %	6,1 %
Exempel	Chili-Challenge	R.Bull/Milk-Challenge	Sniffing-Challenge	Ice-and-Salt-Challenge	Fire-Challenge	Pyro-Challenge	Paintball-Challenge	-

Abb. 1: Prozentualer Anteil der Mutproben-Typen an der Stichprobe (N = 2.035 Videos)

#### Chili-Challenge

Beinahe 2,8 Millionen Suchschlagwörter verweisen auf die Chili-Challenge. Das brennende, oft schmerzende Gefühl im Mund- und Rachenraum stellt die Herausforderung bei dieser Mutprobe dar. Häufig wird die Chili-Challenge in Form eines Wettbewerbs ausgetragen, in dessen Verlauf immer schärfere Chilis bzw. Saucen konsumiert werden sollen. Das BfR (2011) hat vor solchen Mutproben, die zu einem Kreislaufkollaps führen können, gewarnt. Bei Chili handelt es sich um die Früchte der Gattung *Capsicum* aus der Familie der Nachtschattengewächse (Solanaceae). Aus botanischer Sicht ist es korrekt von Beeren und nicht von Schoten zu sprechen. In der Chili-Frucht weist die Plazenta den höchsten Gehalt an Scharfstoffen auf (Cisneros-Pineda et al., 2007; Kozukue et al., 2005). Bei ihnen handelt es sich um Capsaicin(oide) (vgl. Müller-Seitz & Petz, 2012; Roth, 2010). Capsaicin ist ein Vanillylamid der *trans*-8-Methyl-6-nonensäure. Phenylalanin ist der Ausgangsstoff der Biosynthese. Letztendlich geht das Vanillylamid aus dem Propanoid-Stoffwechsel hervor, in dem Vanillylamin und Fettsäure enzymatisch verknüpft werden (vgl. Thiele, Müller-Seitz & Petz, 2008).

### **Gesamtcapsaicingehalt und Scoville-Skala**

Der prozentuale Anteil an Scharfstoffen in der getrockneten Frucht liegt bei 0,3 bis 1 Prozent und die Verbindungen Capsaicin, Dihydrocapsaicin und Nordihydrocapsaicin machen dabei den Hauptanteil, etwa 90 Prozent, aus, wobei Capsaicin überwiegt (Suzuki & Iwai, 1984). Daneben treten in sehr geringer Konzentration Capsaicinoide mit ungesättigten Fettsäuren und unverzweigten Fettsäuren mit neun bis elf Kohlenstoffatomen als Strukturkomponenten auf. Alle Angaben sind als Näherungswerte zu verstehen, da die Variabilität der Gehalte an Scharfstoffen hoch ist (vgl. Choi et al., 2006). Sogar gleichaltrige Früchte einer Pflanze weisen unterschiedliche Konzentrationen an Capsaicin(oiden) auf. Als Ursache für diese Variabilität wurden zum einen genetische Faktoren bestimmt, zum anderen spielen Bodentypen, die Verfügbarkeit von Wasser und Licht sowie die Art der angewandten landwirtschaftlichen Praxis eine Rolle (Pena-Alvarez, Ramirez-Maya & Alvarado-Suárez, 2009; Steward et al., 2005; Zewdie & Bosland, 2000).

Der Grad der Chili-Schärfe wird häufig in Scoville-Einheiten (Scoville Heat Units, SHU) angegeben. Ursprünglich handelte es sich um ein rein sensorisches Verfahren, bei dem mit der Zunge geprüft wurde, bei welcher Verdünnungsstufe innerhalb einer Verdünnungsreihe die Schärfe gerade noch wahrnehmbar ist (Scoville, 1912). Im Durchschnitt lag die untere Schwelle bei 16 SHU. Der Gesamtcapsaicingehalt wird heute nicht mehr sensorisch erfasst. Die Analyse erfolgt mittels HPLC mit anschließender massenspektrometrischer oder fluoreszenzspektrometrischer Detektion bzw. optional über ELISA (Müller-Seitz & Petz, 2012). Die Scoville-Einheit findet sich weiterhin in Publikationen, da sich SHU und Gesamtcapsaicingehalt ineinander umrechnen lassen (16,1 SHU = 1 mg Capsaicin/kg).

### **Physiologische Wirkung und Verzehr bei Erwachsenen und kleinen Kindern**

Beim Verzehr von capsaicinhaltigen Produkten entspricht die Wahrnehmung des Schmerzes dem bei der Aufnahme von zu heißer Nahrung. Die Schärfe wird somit nicht in der Weise geschmeckt, wie etwa Salziges wahrgenommen wird. Capsaicin wirkt auf Nozizeptoren im Mundraum ein. Es handelt sich um sensorische Nervenendigungen aus der Familie TRPV1 (Berg, Tymoczko & Stryer, 2012, S. 988f.; Caterina et al., 1997). Sie reagieren zudem auf Temperatur- und pH-Wert-Veränderungen (< 5,4). Bei Kontakt mit Capsaicin-Molekülen kommt es zu einer Depolarisation der Zellmembran, worauf ein Aktionspotenzial folgt, das in den Schmerzverarbeitungszentren in Rückenmark und Gehirn registriert wird. In Mund und Rachen entstehen schmerzhafte Wärmeempfindungen, das typische „Brennen“.

Das BfR hat die auf eine Mahlzeit bezogene maximale Dosis an Capsaicin berechnet, die von Erwachsenen noch als akzeptabel angenommen wird. Der Wert liegt bei 5 mg Capsaicin je kg Körpergewicht (BfR, 2011). Bei Kindern mit geringem Körpergewicht kann eine hohe Capsaicin-Konzentration sehr schädlich sein. In der internationalen Literatur wurden durch Chili hervorgerufene Symptome bei Kindern dokumentiert: Krämpfe, Atembeschwerden, Störungen des Säure-Base-Haushaltes, Schockzustände und Bewusstlosigkeit (ebd.).

### **Einbindung des Themas in den Chemieunterricht**

Bereits vorliegende Praxisvorschläge zeigen, dass sich das Thema Chili/Capsaicin gut in den Unterricht einbinden lässt (vgl. Ostersehl, 2013; Högermann & Ruppolt, 1986). Soll der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung gestärkt werden, bietet es sich an, Versuche mit einzubeziehen. Beispielsweise kann Scovilles Analyse mit Verdünnungsreihen als Versuch mit Tabasco-Soße durchgeführt werden. Dabei lernen die Schülerinnen und Schüler das sorgfältige Messen, Pipettieren und Berechnen der Massen- bzw. Stoffmengenkonzentration. Wenn ausreichend Zeit in einer Projektphase zur Verfügung steht, lohnt es sich, Capsaicin aus Chili-Produkten zu extrahieren und die Capsaicin-Kristalle zu mikroskopieren. Eine sehr schöne populärwissenschaftliche Darlegung zu Chili bietet Zoschke (2014).

### Befunde (Teil B)

Ergänzend zu der YouTube-Analyse (s.o.) wurden 126 junge Erwachsene (Ø-Alter: 22,3) gebeten, zwei Gründe für Jungen und zwei Gründe für Mädchen zu nennen, warum diese Mutproben machten (Prechtl, 2016, S. 154ff.): 112 Antworten (22 %) beinhalten Angaben zu Spaß, Neugier, Langeweile und Kick. Sie wurden zu einem Cluster zusammengefasst. Die meisten Angaben (288, entspr. 57 %) bezogen sich auf die Eigendarstellung vor Peers und auf Peer-Kontakte. Zu diesem zweiten Cluster zählen die Kategorien: sich profilieren, sich vor dem anderen Geschlecht profilieren, männlich sein, cool sein, stark sein, um etwas (Schaden) abzuwenden, Gruppenzwang sowie Integration in Gruppen (vgl. Abb. 2).

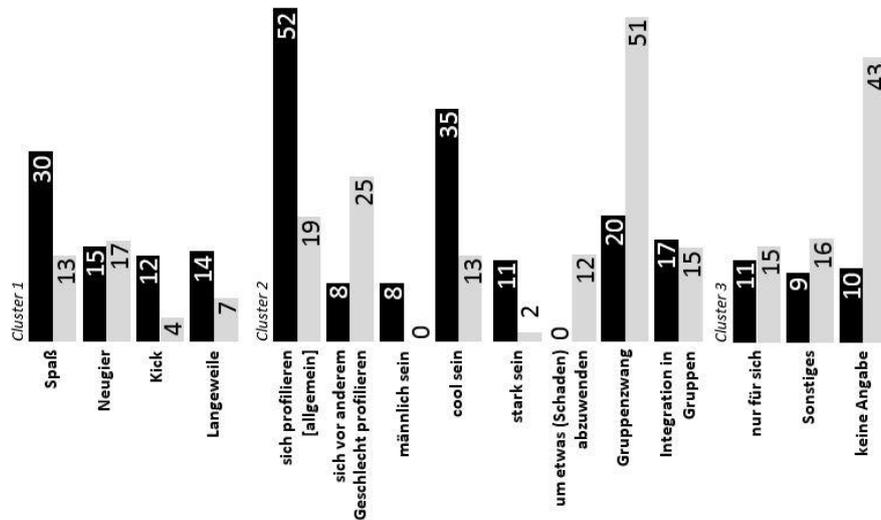


Abb. 2: Absolute Anzahl der 504 angegebenen Gründe für riskantes Verhalten in Mutproben, differenziert nach Angaben für Jungen (schwarz) und Mädchen (hellgrau).

Die Angabe „sich profilieren“ korrespondiert mit dem Hauptmotiv für die Veröffentlichung von Videos auf YouTube: dem Streben nach Aufmerksamkeit und Anerkennung. Aus gendersensibler Sicht ist es bemerkenswert, dass für Jungen angeführt wurde, Mutproben böten die Chance, sich männlich zu geben. Zudem fällt auf, dass nur Frauen angaben, Mädchen wollten über Mutproben den Eindruck von Angst, von langweilig-Sein und von mangelndem Selbstbewusstsein abwenden; dieser Aspekt wurden nie für Jungen genannt. (Für eine Vertiefung der gendersensiblen Auswertung siehe Prechtl, 2016.)

## Literatur

- Berg, J., Tymoczko, J. L. & Stryer, L. (2012). Stryer Biochemie. Heidelberg: Springer
- BfR (2011). Stellungnahme 053: „Zu scharf ist nicht gesund – Lebensmittel mit sehr hohen Capsaicingehalten können der Gesundheit schaden.“
- Busse, M.-H. (2013). Mutproben aus naturwissenschaftlicher Perspektive. Befunde und Interventionsansätze zu einem aktuellen Internetphänomen. Uelvesbüll: Der andere Verlag
- Caterina, M. J., Schumacher, M. A., Tominaga, M., Rosen, T. A., Levine, J. D. & Julius, D. (1997). The capsaicin receptor: a heat-activated ion channel in the pain pathway. *Nature* 389(6653), S. 816-824
- Choi, S.-H., Suh, B.-S., Kozukue, E., Kozukue, N., Levin, C. E. & Friedman, M. (2006). Analysis of the Contents of Pungent Compounds in Fresh Korean Red Peppers and in Pepper-Containing Foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(24), S. 9024-9031
- Cisneros-Pineda, O., Torres-Tapia, L. W., Gutiérrez-Pacheco, L. C., Contreras-Martín, F., González-Estrada, T. & Peraza-Sánchez, S. R. (2007). Capsaicinoids quantification in chili peppers cultivated in the state of Yucatan, Mexico. *Food Chemistry* 104(4), S. 1755-1760
- Högermann, C. & Ruppolt, W. (1986). Schulexperimente mit Gewürzen. (Praxis Biologie, 33). Köln: Aulis
- Kozukue, N., Han, J.-S., Kozukue, E., Lee, S.-J., Kim, J.-A., Lee, K.-R., Levein, C. E. & Friedman, M. (2005). Analysis of Eight Capsaicinoids in Peppers and Pepper-Containing Foods by High-Performance Liquid Chromatography and Liquid Chromatography-Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(23), S. 9172-9181
- Müller-Seitz, E. & Petz, M. (2012). Woher die Schärfe kommt. *Nachrichten aus der Chemie* 60(2), S. 112-117
- Ostersehl, D. (2013). Chili & Co – wie reizend! *Unterricht Biologie* 383, S. 26-27
- Pena-Alvarez, A., Ramirez-Maya, E. & Alvarado-Suárez, L. (2009). Analysis of capsaicin and dihydrocapsaicin in peppers and pepper sauces by solid phase microextraction gas chromatography mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 1216(14), S. 2843-2847
- Prechtl, M. (2016). Geschlechterdifferenzen, -differenzierungen und -diffraktionen. Lesarten von Geschlecht in der Fachdidaktik Chemie am Beispiel von substanzbezogenem Risikoverhalten. In N. Balzter, F. C. Klenk & O. Zitzelsberger (Hrsg.), *Queering MINT. Impulse für eine dekonstruktive Lehrer\_innenbildung* (S. 149-165). Opladen: Budrich
- Prechtl, M. (2015-201X). Substanzbezogene Mutproben. Befunde zum Risikoverhalten von Jugendlichen und Interpretation der Kontexte aus chemischer und biologischer Sicht. Zweite Fassung: 2016. [Die Online-Publikation kann über die Webseite des Fachs Chemie der PH Weingarten bezogen oder über den Autor dieses Beitrags via E-Mail angefordert werden.]
- Roth, K. (2010). Manche mögen's scharf – Die Skala des Wilbur Lincoln Scoville. *Chemie in unserer Zeit* 44(2), S. 138-151
- Scoville, W. L. (1912). Note on Capsicum. *Journal of the American Pharmaceutical Association* 1(5), S. 453-454
- Spitzer, P. & Prechtl, M. (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* (S. 137-163). Bielefeld: Transcript
- Stewart, C. Jr., Kang, B. C., Liu, K., Mazourek, M., Moore, S. L., Yoo, E. Y., Kim, B. D., Paran, I. & Jahn, M. M. (2005). The *Pun1* gene for pungency in pepper encodes a putative acyltransferase. *The Plant Journal* 42(5), S. 675-688
- Suzuki, T. & Iwai, K. (1984). Constituents of red pepper spices: Chemistry, biochemistry, pharmacology and food science of the pungent principles of capsicum species, in the *Alkaloid Chemistry and Pharmacology*, XXIII (S. 227-299). New York: Brossi. Academic Press
- Thiele, R., Müller-Seitz, E. & Petz, M. (2008). Chili pepper fruits: presumed precursors of fatty acids characteristic for capsaicinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(11), S. 4219-4224
- Zewdie, Y. & Bosland, P. (2000). Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annuum* L. *Euphytica* 111(3), S. 185-190
- Zoschke, H. (2014). *Das Chili Pepper Buch 2.0: Wissenswertes, Anbau, Produkte und Rezepte rund um Chili, Paprika & Co.* (Zweite erweiterte Ausgabe). Kressbronn: Seedruck

## Transfer in situierten Lernumgebungen im Chemieunterricht

### Ausgangslage

Verschiedene Studien zeigen, dass traditioneller Unterricht nur geringe Erfolge der Lernenden beim Transfer von Wissen in neue Anwendungsbereiche erzielt (Choi & Hannafin, 1997). Daher lässt sich als internationaler Trend der letzten Jahre eine Umorientierung des traditionellen naturwissenschaftlichen Unterrichts hin zur Ausrichtung an der Lebenswelt der Lernenden beobachten (Bennett, Lubben, & Hogarth, 2007). Beispielsweise zeichnet sich der Kernlehrplan NRW durch die Strukturierung fachlicher Inhalte in situierten Lernumgebungen (Kontexten) sowie der Formulierung von Basiskonzepten zum systematischen Wissensaufbau aus (vgl. Abb.1). Solche Unterrichtskonzeptionen – allgemein als kontextorientierte Ansätze bezeichnet – haben zum Ziel, den Lernenden ein strukturiertes Wissen zu vermitteln und dadurch den Wissenstransfer zu fördern (Gilbert, 2006). Studien bezogen auf den Lerntransfer in kontextorientierten Ansätzen sind jedoch rar und oft nicht ausreichend mit der Transferforschung verzahnt. Somit bleibt unklar, ob und unter welchen Bedingungen Lernende durch die Implementation von kontextbasierten Lernansätzen Fachwissen adäquat in neue Anwendungsbereiche transferieren können. Dori and Sasson (2013) stellen fest, dass „Transferring knowledge [...] to novel learning situations depends on the methods of instruction in previous situations“ (S. 369). Hiervon ausgehend soll die vorliegende Studie einen Beitrag zur Aufklärung der Wirkung kontextorientierter Lernumgebungen auf die abhängige Variabel Transferfähigkeit leisten.

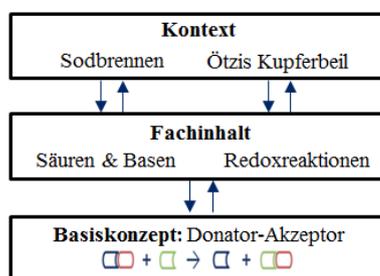


Abb. 1: Interaktionen zwischen Kontext, Fachinhalt & Basiskonzept (basierend auf Parchmann et al.2001)

### Theoretischer Hintergrund

Basis des theoretischen Hintergrundes bilden die Theorien zum situierten Lernen und die Transfertheorien. Transfer bedeutet allgemein gesprochen Übertragung. Unter Lerntransfer wird somit die Fähigkeit gefasst, Wissen von einer Lernsituation auf eine neue zu übertragen (Dori & Sasson, 2013; Ellis, 1965). Ellis (1965) differenziert drei Formen des Lerntransfers: positiven, negativen und Nulltransfer. Diese Studie fokussiert sich auf den positiven Transfer: „... performance on one task may aid or facilitate performance on a second task ...“ (Ellis, 1965, S. 3). In dieser Studie beschreibt die „second task“ einen neuen Kontext. Seit über hundert Jahren ist Lerntransfer ein intensiv erforschtes Feld, in welchem die Theorien durch die differenzierenden wissenschaftlichen Ausrichtung der Autoren geprägt sind (Detterman, 1993). In Bezug auf kontextorientierte Lernansätze wird sich in dieser Studie auf die Transfertheorien aus Sicht der Situiertheitsperspektive bezogen (Greeno, Moore, & Smith, 1993; Lobato, 2006). Diese Theorien greifen, wie auch die Autoren kontextorientierter Ansätze, die Kernaussage der Theorien des *Situated Learning* auf und sehen Wissen an eine konkrete Lernsituation gebunden (Mandl, Gruber, & Renkl, 1997). Kortland (2005) stellt jedoch fest, dass „concepts developed within one specific context are not automatically used by students when solving problems in another – known or unknown – context“ (S. 78 ). Die Konsequenz in kontextorientierten Ansätzen ist, Fachwissen aus seiner

Lernsituation heraus explizit zu dekontextualisieren und anschließend in neuen Zusammenhängen anzuwenden, um als Voraussetzung für einen positiven Lerntransfer ein „situations-unabhängiges Wissensfundament zu entwickeln“ (Parchmann et al., 2001). Im Gegensatz dazu beschreibt van Oers (2001), dass situiertes Wissen von den Lernenden implizit abstrahiert werden kann, indem das Wissen in multiplen situierten Lernumgebungen gelernt wird. Es bleibt also unklar, ob der Zwei-Schritt – Dekontextualisierung, Rekontextualisierung – notwendig ist, um einen positiven Lerntransfer zu beobachten. Folglich ergibt sich folgende Zielstellung für diese Studie.

### Forschungsfragen und Hypothesen

Ziel der Studie ist es zu analysieren, in welchem Maße Lernende ihr Wissen von einer situierten Lernumgebung in eine andere transferieren können. Dabei wird gezielt in den Instruktionen der Lernumgebungen variiert, um Aussagen bezüglich transferförderlicher Maßnahmen treffen zu können. Die Differenzierung erfolgt auf Basis der folgenden Hypothesen:

- Es ist ein hoher Transfereffekt zu erwarten, wenn die Lernenden das chemische Fachwissen in multiplen situierten Lernumgebungen erlernen.
- Es ist ein hoher Transfereffekt zu erwarten, wenn die Lernenden das chemische Fachwissen explizit dekontextualisieren.

Aus den dargestellten Hypothesen ergeben sich zwei verschiedene Designansätze, die sich in der Art der Dekontextualisierung (implizit; explizit) unterscheiden.

### Studiendesign und Methode

Die dargestellten Designansätze werden in einer Interventionsstudie gegenübergestellt. Die Intervention ist in vier Lerneinheiten aufgliedert, wobei die ersten beiden Einheiten thematisch im Inhaltsbereich „Säuren und Basen“ und die folgenden Lerneinheiten im Inhaltsbereich „Redoxreaktionen“ angesiedelt sind. Beiden Inhaltsbereichen liegt das Basiskonzept Donator-Akzeptor als übergeordnetes Konzept zu Grunde (siehe Abb. 1).

In der ersten Einheit des jeweiligen Inhaltsbereiches (Einheit I und III) arbeiten alle



Abb. 2: Design der Intervention

Lernenden in der gleichen situierten experimentellen Lernumgebung. Die Lernenden arbeiten in Paaren und eignen sich das Fachwissen des jeweiligen Inhaltsbereiches mit Hilfe von Interaktionsboxen selbstständig an. Anschließend folgt die Aufteilung der Lernenden in drei Gruppen. Diese Gruppen lernen in unterschiedlich instruierten Lernumgebungen, welche sich in der Art der Dekontextualisierung unterscheiden. Während die Transfergruppe I in einer neuen situierten experimentellen Lernumgebung arbeitet und somit implizit zum Dekontextualisieren angeregt wird (Hypothese 1), wird der Transfergruppe II explizit eine dekontextualisierte instruierte Lernumgebung geboten (Hypothese 2). Die Kontrollgruppe arbeitet währenddessen vertieft mit dem Kontext aus der vorangegangenen situierten Lernumgebung.

Eingebettet ist die Intervention in eine modifizierte Prä- Post Erhebung. Der Prätest dient zur Aufteilung der Lernenden in drei homogene Gruppen. Hier werden unter anderem die Analogieskalen des kognitiven Fähigkeiten Tests nach Heller and Perleth (2000) eingesetzt, da aus der Transferforschung hervorgeht, dass Analogiebildung als Prädiktor für eine hohe

Transferfähigkeit angesehen werden kann (Klauer, 2011). Als wiederkehrendes Element wird ein Fachwissenstest zum Prä- und Posttestzeitpunkt geschrieben, um den Lernerfolg zu dokumentieren. Der selbstentwickelte Transfertest wird ausschließlich zum Posttestzeitpunkt eingesetzt. Durch dieses Vorgehen

folgen wir dem klassischen Versuchsplan der Transferforschung, dem Proaktionsplan (Holding, 1991; Klauer, 2011). Durch den Proaktionsplan wird der Einfluss des Lernens auf eine andere Variable (eine andere situierte Lernumgebung; Kontext) gemessen. Folgernd wird die Fähigkeit zur Rekontextualisierung

und somit die Transferfähigkeit gemessen. Neben den Papiertests werden die Lernenden zusätzlich paarweise bei der Bearbeitung einer Transferaufgabe videographiert, um Einblicke in die Kommunikationsprozesse zu erhalten. Des Weiteren findet eine Erhebung des anteiligen Wissens des Basiskonzeptes statt, um Aussagen über das Abstraktionsvermögen treffen zu können.

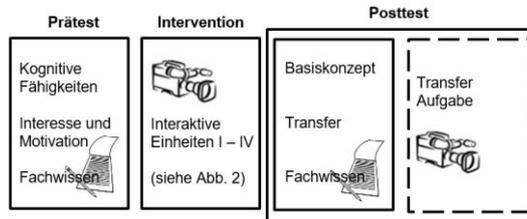


Abb. 3: Methoden

### Stichprobe und Pilotstudie

Bei der Pilotierung des Designs und der Testinstrumente konnte auf eine Stichprobe von  $N = 24$  zurückgegriffen werden. Die SuS haben ein Durchschnittsalter von 14,6 Jahren und besuchen die achte Klasse eines Gymnasiums.

In Bezug auf das Fachwissen konnte über alle Gruppen hinweg über den Prä-Post-Vergleich ein signifikanter Leistungszuwachs beobachtet werden ( $t(21) = -4.76, p < .05, r = .72$ ). Zudem unterscheiden sich die Transfergruppen I und II signifikant untereinander ( $F(2,22) = 3.66, p < .05, \eta_p^2 = .25$ ). Dieses Ergebnis überrascht, da die Transfergruppe II in der Intervention stärker auf das reine Fachwissen fokussiert als die Transfergruppe I. In Bezug auf die Transferleistung waren keine Unterschiede bezogen auf die inhaltliche Richtigkeit zwischen den Gruppen erkennbar. Wie bereits erläutert, wird die Fähigkeit Analogien bilden zu können als Prädiktor für positiven Lerntransfer angesehen. Aufgrund dessen wurden die Transferitems zusätzlich in Bezug auf Analogiebildung analysiert. Hier zeigt sich nochmals ein signifikanter Unterschied zwischen der Transfergruppe I und II ( $F(2,22) = 4.13, p < .05, \eta_p^2 = .27$ ). Aufgrund der geringen Stichprobe müssen die Ergebnisse jedoch lediglich als erste Indizien betrachtet werden.

### Modifikationen für die Hauptstudie

Basierend auf den Ergebnissen der Pilotstudie sind folgende Modifikationen für die Hauptstudie angedacht: In Bezug auf das Design der Studie wird die Kontrollvariable „Lernmethode“ überarbeitet. Hierzu werden Lernaufgaben konzipiert und pilotiert, welche sich im Aufbau an der Struktur von Lösungsbeispielen orientieren, da diese nach Renkl und Schworm (2002) die Transferleistung fördern. Jedoch wird den Lernenden nicht explizit die Problemlösung vorgegeben, vielmehr werden den Transfergruppen verschiedene Instruktionen zur Dekontextualisierung (explizit, implizit) angeboten.

Des Weiteren wird die Kontrollgruppe neu definiert, indem eine Lernumgebung gestaltet wird, welche Möglichkeiten der impliziten sowie expliziten Dekontextualisierung anbietet. Diese Umstrukturierung ergibt sich aus den Ergebnissen der Transfergruppe II, da eine direkte Phase der Dekontextualisierung nach nur einer situierten Lernumgebung anhand der vorläufigen Ergebnisse für die Lernenden als schwer umsetzbar einzustufen ist.

**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.
- Choi, J.-I., & Hannafin, M. (1997). The effects of instructional context and reasoning complexity on mathematics problem-solving. *Educational Technology Research and Development*, 45(3), 43–55.
- Detterman, D. K. (1993). The case for the prosecution: Transfer as an epiphenomenon. In D. K. Detterman & R. J. Sternberg (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (pp. 1–24). New Jersey: Ablex Publishing.
- Dori, Y. J., & Sasson, I. (2013). A three-attribute transfer skills framework – part I: Establishing the model and its relation to chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 363–375.
- Ellis, H. C. (1965). *The transfer of learning*. New York: Macmillan.
- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of "context" in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957–976.
- Greeno, J. G., Moore, J. L., & Smith, D. R. (1993). Transfer of situated learning. In D. K. Detterman & R. J. Sternberg (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (pp. 99–167). New Jersey: Ablex Publishing.
- Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (KFT 4-12 + R)*: Beltz Testgesellschaft.
- Holding, D. H. (1991). Transfer of training. In J. E. (Morrison (Ed.), *Training for performance: Principles of applied human learning* (pp. 93–126). New York: Wiley.
- Klauer, K. J. (2011). *Transfer des Lernens: Warum wir oft mehr lernen als gelehrt wird*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Kortland, K. (2005). Physics in personal, social and scientific contexts: A retrospective view on the Dutch Physics Curriculum Development Project PLON. In P. Nentwig & D. Waddington (Eds.), *Making it relevant. Context based learning of science* (pp. 67–90). Münster: Waxmann.
- Lobato, J. (2006). Alternative perspectives on the transfer of learning: History, issues, and challenges for future research. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(4), 431–449.
- Mandl, H., Gruber, H., & Renkl, A. (1997). Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In L. J. Issing & P. Klimsa (Eds.), *Informationen und Lernen mit Multimedia* (2nd ed., pp. 166–178). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Parchmann, I., Demuth, R., Ralle, B., Paschmann, A., & Huntemann, H. (2001). Chemie im Kontext: Begründung und Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, (50), 2–7.
- Renkl, A., & Schworm, S. (2002). Lernen, mit Lösungsbeispielen zu lehren. In M. Prenzel & J. Doll (Eds.), *Bildungsqualität von Schule. Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen* (pp. 259–270). Weinheim: Beltz.
- van Oers, B. (2001). Contextualisation for abstraction. *Cognitive Science Quarterly*, 1, 279–305.

## Chemische und physikalische Inhalte im Bildungsangebot von Naturparks

Ob regenerative Energien, Schallausbreitung oder Wärmetransport – viele Themen des Chemie- und Physikunterrichts bieten großes Potential für phänomenbezogenes Lernen in der Natur. In Form von außerschulischen naturnahen Lerneinheiten in Naturparks soll dieses Potential genutzt werden, um Interesse und Motivation für naturwissenschaftliche Fragestellungen zu fördern und der Naturdistanz bei Kindern und Jugendlichen entgegenzuwirken (vgl. Brämer, 2014).

Naturparks sind Großschutzgebiete und haben als Ziel, den Schutz und die Nutzung der Natur und Landschaft nachhaltig zu verbinden. Mit ihren oft vielfältigen Unterstützungsmöglichkeiten und ihrer Expertise stellen Naturparks geeignete Partner für naturnahen naturwissenschaftlichen Unterricht dar. Durch ihre weite Verbreitung in Deutschland (ca. ¼ der Bundesfläche) sind die Naturparks für viele Schulen zudem gut erreichbar.

### Vorerhebung

Eine Erforschung der schulbezogenen Bildungsangebote der deutschen Naturparks hat bisher in der Fläche nicht stattgefunden. Dabei ist ein Wissen um die Struktur der Bildungsangebote die Grundlage für eine weitere Potentialnutzung und Optimierung der Angebote. Das Ziel der Vorerhebung war deshalb den Status quo der Angebote zu erheben. Im Dez. 2015 und Jan. 2016 wurde zu diesem Zweck eine Telefonbefragung aller 102 deutschen Naturparks durchgeführt. Dabei gaben 27 Naturparks an, keine Bildungsangebote zu besitzen bzw. nur solche, die durch externe Partner übernommen werden. 16 der Naturparks konnten nicht kontaktiert werden. Es blieben somit 59 Datensätze zur weiteren Auswertung.

Es zeigt sich, dass der Großteil der schulischen Bildungsangebote mit ca. 68% auf die Jgst. 1 bis 4 ausgerichtet sind. Darüber hinaus kann Tabelle 1 die Ausprägung der einzelnen Fachgebiete in den Bildungsangeboten der Naturparks entnommen werden.

(Likert-Skala: 1 = besonders niedrig bis nicht vorhanden; 5 = besonders hoch)

	Biologie	Chemie	Geologie	Geschichte	Physik	Sozialwissenschaften	Technik
Mittelwert	4,66	1,73	3,59	3,09	1,7	2,09	1,98
SD	0,55	0,67	1,19	1,13	0,76	1,0	0,90

Tab. 1: Ausprägung der Fachgebiete im Bildungsangebot der Naturparks

Der Schwerpunkt der schulischen Bildungsangebote der deutschen Naturparks liegt den Ergebnissen zufolge im Bereich der Primarstufe sowie auf den Fächern Biologie, Geologie und Geschichte.

### Untersuchungsdesign und Methodik der Delphi-Studie

Um das in der Vorerhebung untersuchte Angebot zu erweitern und geeignete Themenfelder für den naturwissenschaftlichen Unterricht der fünften und sechsten Jgst. zu finden, die bestmöglich auf den naturwissenschaftlichen Unterricht wie auch auf die praxisnahen Rahmenbedingungen der Naturparks abgestimmt sind, wurde die Untersuchungsmethodik Delphi-Studie gewählt (vgl. Burkard & Schecker, 2014). Abbildung 1 veranschaulicht den Ablauf der hier vorgestellten Delphi-Studie zum naturwissenschaftlichen Unterricht in

Naturparks. Die Expertengruppen bildeten naturwissenschaftliche Lehrkräfte, DidaktikerInnen im Bereich der Naturwissenschaften und bildungsverantwortliche Personen in Naturparks. Es wurde dabei versucht, die Zusammensetzung der Stichprobe in Bezug auf die drei Expertengruppen annähernd gleich groß zu gestalten. An den beiden Delphi-Runden nahmen je rund 75 Personen teil.

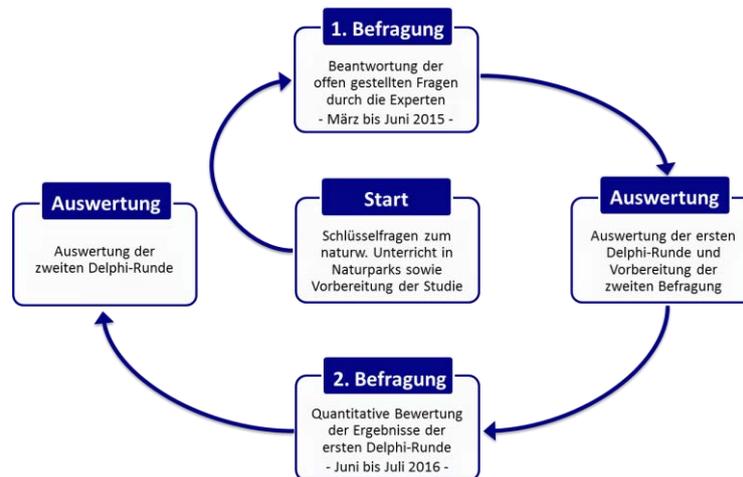


Abb. 1: Ablauf der Delphi-Studie

### 1. Delphi-Runde

In der ersten Delphi-Runde wurden die ExpertInnen in einer offen zu beantwortenden Frage nach naturwissenschaftlichen Themen und inhaltlichen Aspekten gefragt, die sich ihrer Meinung nach – unabhängig vom aktuellen Lehrplan – für außerschulischen naturwissenschaftlichen Unterricht der fünften und sechsten Jahrgangsstufe in Naturparks eignen. Die Auswertung geschah mittels der inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (vgl. Kuckartz, 1999). Die Kategorien wurden dabei induktiv gebildet. Als Hauptkategorien wurden folgende Themenfelder eruiert: Ökologie, Zoologie und Botanik, Klima und Wetter, Bodenkunde und Geologie, Technische und (astro)physikalische Phänomene, Umweltanalytik, Mensch – Natur – Wirtschaft.

Neben einigen erwartbaren Themenfeldern fiel bei der Auswertung insbesondere die Kategorie *Mensch – Natur – Wirtschaft* mit den Verknüpfungen natur- und gesellschaftswissenschaftlicher Aspekte auf. In der Kategorie spiegelt sich beispielweise ein Spannungsfeld aus der Umweltbildungsforschung wider. So kommt einer reflektierten Beziehung zur Natur sowie dem Wissen um die Einheit 'Mensch – Natur' eine hohe Bedeutung für das Umwelthandeln zu (vgl. Meske, 2011, S. 270). Die Kategorie lässt sich zudem dem internationalen Forschungskonzept *Socio-Scientific-Issues* zuordnen (vgl. Zeidler & Nichols, 2009) und wurde im Rahmen der zweiten Delphi-Runde näher untersucht.

### 2. Delphi-Runde

Die zentrale Fragestellung für die zweite Runde lautete: Welche der Themen aus dem Bereich *Mensch – Natur – Wirtschaft* sind für den naturwissenschaftlichen Unterricht der Jgst. 5 und 6 im Naturpark geeignet? Dafür wurden die bei der Auswertung der ersten Delphi-Runde gebildeten Subkategorien aus dem Bereich *Mensch – Natur – Wirtschaft*

durch die ExpertInnen quantitativ mittels einer Likert-Skala in ihrer Eignung bewertet. Diese Subkategorien (in Abb. 2 als „Themenfelder“ bezeichnet) sind:

**1.** Mensch und Landschaft **2.** Nachhaltigkeit, Umwelt- und Naturschutz **3.** Abbau und Weiterverarbeitung von Bodenschätzen **4.** Landwirtschaft **5.** Forstwirtschaft und Jagd **6.** Naturprodukte **7.** Erneuerbare Energie **8.** Tourismus und Erholung.

Aus Abbildung 2 lassen sich die Einschätzungen der Befragten zur Eignung der einzelnen Themenfelder in Bezug auf das Gesamtkonzept entnehmen.

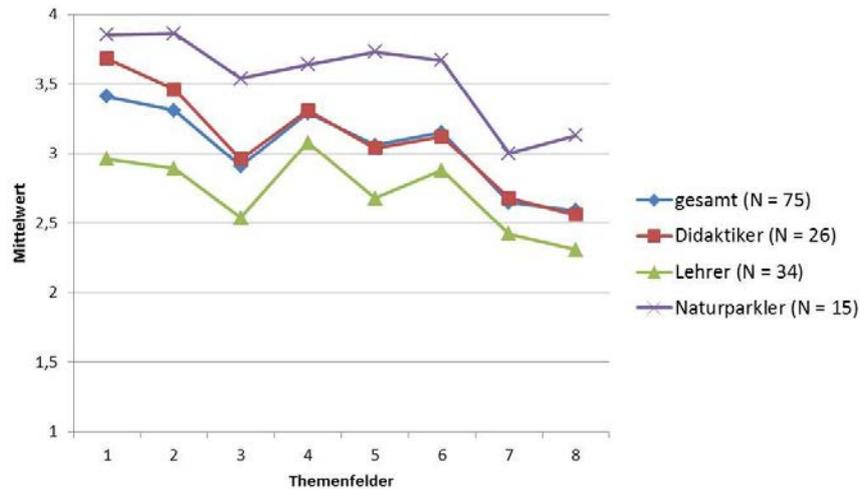


Abbildung 2: Eignung der Themenfelder für das Gesamtkonzept

Insgesamt werden alle Themenfelder als für das Gesamtkonzept eher geeignet bis geeignet bewertet (vgl. Skalenmittelwert von 2,5). Dabei schätzen die LehrerInnen die Themenfelder durchweg geringer in ihrer Eignung ein als die NaturparklerInnen. Der Graph der DidaktikerInnen bildet weitestgehend auch die Antworten der Gesamtstichprobe ab. Die Graphen der LehrerInnen und DidaktikerInnen verlaufen ähnlich, wenn auch auf verschiedenen Höhen.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen weisen darauf hin, dass insbesondere die Themenfelder 1 (Mensch und Landschaft), 2 (Nachhaltigkeit, Umwelt- und Naturschutz) und 4 (Landwirtschaft) hohes Potential für den naturwissenschaftlichen Unterricht der fünften und sechsten Jahrgangsstufe in Naturparks besitzen. Die Themenfelder 7 (Erneuerbare Energie) und 8 (Tourismus und Erholung) werden im Vergleich zu den anderen Themenfeldern eher geringer in ihrer Eignung eingeschätzt.

### Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der Delphi-Studie wurden Ansichten von ExpertInnen aus Schule, Naturparks und universitärer Forschung zu einem naturwissenschaftlichen Unterricht der fünften und sechsten Jgst. in Naturparks näher untersucht. Es zeigt sich, dass einige Themenbereiche im Spannungsfeld *Mensch – Natur – Wirtschaft* durch die ExpertInnen identifiziert werden konnten, die für den fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht im Naturpark als geeignet erachtet werden. Aufbauend auf diesen Daten sollen die Inhaltsfelder weiter ausdifferenziert und beispielhafte Vorschläge für die Umsetzung im Rahmen außerschulischer Lerneinheiten gemacht werden.

**Literatur**

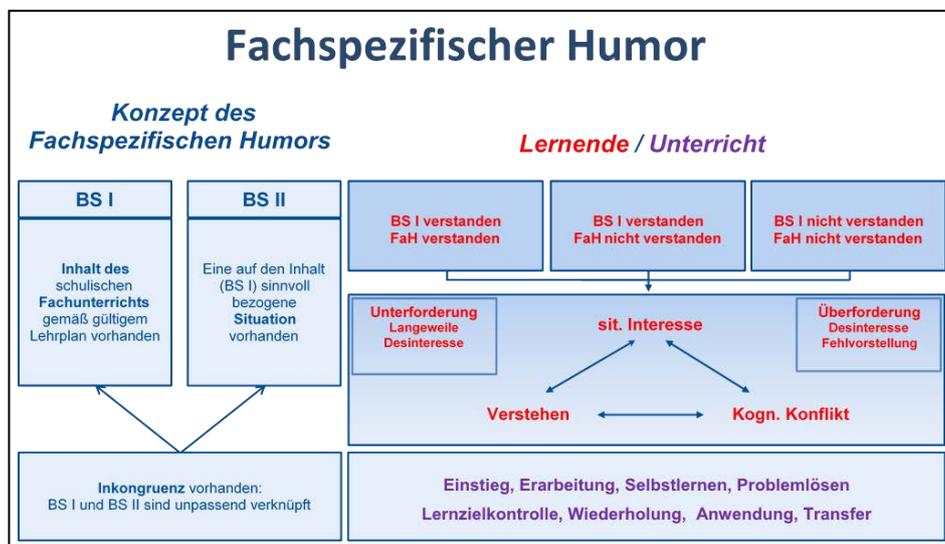
- Brämer, R. (2014). Ist die Naturentfremdung noch zu stoppen? In H. Böttger & L. Eckinger (Hg.), Sind wir noch zu retten? Bildung und Erziehung; Probleme, Analysen, Perspektiven. München: Domino-Verl., 159-161
- Burkard, U. & Schecker, H. (2014). Curriculare Delphi-Studien. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer Spektrum, 159-168
- Kuckartz, U. (1999). Computergestützte Analyse qualitativer Daten. Eine Einführung in Methoden und Arbeitstechniken. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Meske, M. (2011). "Natur ist für mich die Welt". Lebensweltlich geprägte Naturbilder von Kindern. Univ., Diss. Marburg, 2010. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Zeidler, D.L. & Nichols, B.H. (2009). Socioscientific Issues: Theory and Practice. In Journal of Elementary Science Education 21 (2), 49-58. Online verfügbar unter <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ849716.pdf>, zuletzt geprüft am 14.07.2016

## Gesundheitserziehung im Übergang der Primarstufe zur Sekundarstufe I

### Theoretischer Hintergrund

Gesundheitserziehung muss spätestens im Grundschulunterricht beginnen und an den weiterführenden Schulen aufgegriffen und vertieft werden. Dabei ist das Ziel, das Interesse an Gesundheitsthemen und letztendlich das Verhalten der Kinder und Jugendlichen positiv zu beeinflussen, da früh erworbenes Verhalten häufig auch im Erwachsenenalter beibehalten wird. Der Übergang von der Grundschule in die Sekundarstufe I bringt durch den Wechsel der Schulform immer auch eine Veränderung der Lernumgebung und des Schulalltags mit sich. Daher ist es wichtig diesen Übergang entsprechend schülerorientiert zu gestalten. Hierzu kann den Schülerinnen und Schülern beispielsweise durch eine Kontinuität der Methode Struktur geboten werden.

Eine innovative Methode ist der Einsatz von einheitlich gestaltetem Lernmaterial mit Fachspezifischem Humor (FaH) in beiden Schulformen. Das *Konzept* des Fachspezifischen Humors nach Dickhäuser (2015) ist angelehnt an die Inkongruenztheorie (Koestler 1964) und den Pädagogischen Humor (Kassner 2002). Es zeichnet sich dadurch aus, dass zwei Bezugssysteme (BS I und BS II) inkongruent miteinander verknüpft sind. Das Bezugssystem I stellt einen Inhalt des schulischen Fachunterrichts dar und das Bezugssystem II ist eine sinnvoll auf BS I bezogene Situation. Erweiternd beschreibt das *Modell* des Fachspezifischen Humors (*Abb.1*) den möglichen Einsatz Fachspezifischem Humor im Unterricht.



*Abb. 1: Angenommenes Modell des Fachspezifischen Humors (FaH)*  
 links: Konzept des Fachspezifischen Humors – nach Dickhäuser (2015)  
 rechts: Einsatz von Material mit FaH im Unterricht – theoretische Überlegung

Der Lernerfolg hängt maßgeblich davon ab, ob der fachspezifische Humor verstanden wird. Dies setzt voraus, dass die beiden Bezugssysteme erkannt werden und die Inkongruenz aufgelöst wird. Das Bezugssystem II ist immer schüler- bzw. alltagsnah und sollte daher kaum zu Verständnisschwierigkeiten führen. Für BS I und FaH sind folgende Fälle möglich: BS I und FaH werden verstanden. Dies kann im idealen Fall zur Ausbildung von situationalem Interesse führen. Denkbar ist jedoch auch, dass sich die Schülerinnen und Schüler unterfordert fühlen und sich daher langweilen oder Desinteresse ausbilden. Das Verstehen von BS I und das gleichzeitige Nichtverstehen des FaH oder das Nichtverstehen von BS I und FaH könnten zu einem kognitiven Konflikt führen, der dann wiederum in situationalem Interesse mündet. Es ist jedoch auch denkbar, dass es in diesen Fällen, insbesondere im letzteren, zu einer Überforderung kommt und die Schülerinnen und Schüler Desinteresse ausbilden. Im schlimmsten Fall kommt es hierdurch zu Fehlvorstellungen, was in jedem Fall vermieden werden muss.

Bild-Text-Materialien mit FaH können vielseitig im Unterricht eingesetzt werden. Ist BS I, also der fachliche Inhalt, den Lernenden unbekannt, können die Materialien im Einstieg zur Erzeugung von Interesse eingesetzt werden. In der Phase der Erarbeitung ist der Einsatz in Form von Selbstlernmaterial denkbar. Die Lernenden kennen BS I noch nicht und erarbeiten dieses selbstständig mit Hilfe des Bild-Text-Materials mit FaH, das durch einen Fachtext sinnvoll ergänzt wird. Wurde BS I bereits erarbeitet, lassen sich diese Materialien auch zur Lernzielkontrolle nutzen. Die Lernenden können BS I benennen, erläutern oder Aufgaben dazu bearbeiten.

### **Empirische Untersuchung**

Im Projekt werden Selbstlernmaterialien mit FaH für die Jahrgangsstufen 4 und 6 zum Thema Sonnenschutz entwickelt.

In einer Pilotstudie werden diese Selbstlernmaterialien und Testinstrumente eingesetzt und anschließend vor dem Hintergrund der folgenden Forschungsfrage und der dazugehörigen Hypothese evaluiert:

**FF1** *Sind Selbstlernmaterialien mit und ohne fachspezifischen Humor zum Thema Sonnenschutz für den Einsatz in den Jahrgangsstufen 4 und 6 geeignet?*

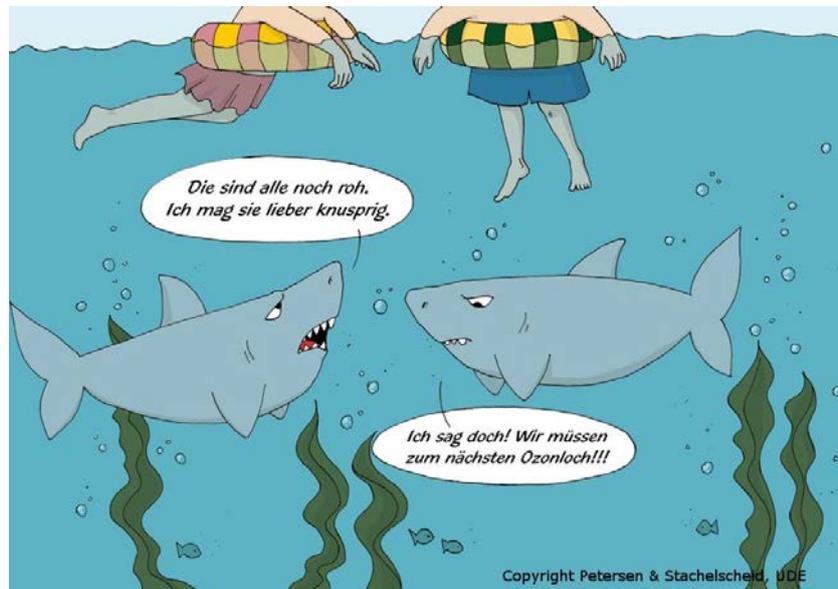
**HI** *Der Einsatz von Selbstlernmaterialien mit fachspezifischem und ohne fachspezifischen Humor zum Thema Sonnenschutz verbessert bei Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 4 und 6*  
 ... die *Verhaltenseinstellung*;  
 ... das *Interesse*;  
 ... den *Lernerfolg*.

Auf der Basis der Ergebnisse der Pilotstudie werden die Selbstlernmaterialien und die Testinstrumente für die anschließende Hauptstudie optimiert. Die Hauptstudie erfolgt quantitativ im Pre-Post-Follow-Up Design und untersucht die folgende Forschungsfrage:

**FF2** *Welche Unterschiede in der Wirksamkeit von Selbstlernmaterialien mit fachspezifischem und ohne fachspezifischen Humor zum Thema Sonnenschutz, eingesetzt in den Jahrgangsstufen 4 und 6, gibt es?*

Mit Hilfe der Forschungsfrage 2 wird überprüft, ob der Einsatz von Selbstlernmaterial mit Fachspezifischem Humor zum Thema Sonnenschutz die *Verhaltenseinstellung*, das *Interesse* und den *Lernerfolg* stärker positiv beeinflusst, als vergleichbares Selbstlernmaterial ohne Fachspezifischen Humor.

Zur Beantwortung dieser zweiten Forschungsfrage wird in beiden Jahrgangsstufen zunächst das Vorwissen zum Thema Sonnenschutz sowie die Verhaltenseinstellung und das Interesse am Thema abgefragt. Ergänzend werden noch Kontrollvariablen, wie zum Beispiel die kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler, erhoben. Im Anschluss daran erfolgen zwei Interventionen zu denen die Schülerinnen und Schüler jeweils Selbstlernmaterial zum Thema Sonnenschutz erhalten. Dieses Selbstlernmaterial enthält Bild-Text-Material und einen dazu passenden Fachtext. Getestet wird im Kontrollgruppendesign, es gibt eine Interventionsgruppe, die Selbstlernmaterial mit Bild-Text-Material mit fachspezifischem Humor (z.B. *Abb. 2*) erhält und eine Kontrollgruppe, die Selbstlernmaterial mit vergleichbarem Bild-Text-Material ohne Humor bearbeitet. Die Fachtexte der jeweiligen Selbstlernmaterialien bleiben gleich.



*Abb. 2: Abbildung mit FaH zum Thema Sonnenschutz*

Im Anschluss an jede Intervention wird das Fachwissen zu den jeweiligen Materialien sowie das Interesse und die Verhaltenseinstellung zum Thema Sonnenschutz erhoben. Einige Wochen nach der zweiten Intervention erfolgt ein Follow-Up Test mit denselben Testinstrumenten.

**Literatur**

- Dickhäuser, A. (2015). Chemiespezifischer Humor: Theoriebildung, Materialentwicklung, Evaluation. Berlin: Logos.
- Eid, M. (2002). Sonnenschutzverhalten. In: R. Schwarzer, M. Jerusalem & H. Weber (Hrsg.). Gesundheits-psychologie von A bis Z. Ein Handwörterbuch. Göttingen: Hogrefe, 536-538.
- Eid, M. & Schwenkmezger, P. (1997). Sonnenschutzverhalten. In: R. Schwarzer (Hrsg.). Gesundheits-psychologie. Ein Lehrbuch. Göttingen: Hogrefe, 93-115.
- Kaiser, A. & Albers, S. (2015). Empirische Wirksamkeitsüberprüfung von Unterrichtseinheiten zum Inhalt „Ernährung“ im Sachunterricht der Grundschule. *Widerstreit Sachunterricht* (Ausgabe 21).
- Kassner, D. (2002). Humor im Unterricht. Bedeutung – Einfluss – Wirkungen. Hohengehren: Schneider.
- Koestler, A. (1964). *The Act of Creation*. New York: Penguin Books.
- Lohaus, A. (2001). Gesundheitsverhalten und Gesundheitserziehung. In: D.H. Rost, (Hrsg.). *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz PVU-Verlag, 219-225.
- McGhee, P.E. (1979). *Humor: Its Origin and Development*, San Francisco: Freeman.
- Neumann, J., Stachelscheid, K. (2014). Gesundheitsförderung durch Humor. Eine Intervention im Sonnenschutz. In: S. Bernholt (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht*. Berlin: Lit, 246-248.
- Neumann, J., Stachelscheid, K. & Dickhäuser, A. (2013). Humorforschung und ihr Nutzen für die Unterrichtspraxis. *Theorie. Modelle. Unterrichtsforschung*. MNU 66/8, 497-501.
- Simon, T. (2013). Gesundheitsförderung in der Schule und im Sachunterricht zur schulischen Inklusion, *Widerstreit Sachunterricht* (Ausgabe 19).
- Wicki, W. (2000). Humor und Entwicklung: Eine kritische Übersicht, *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* (Ausgabe 32(4)).

**Grafik** (Abb.2): Ti-Van Banh, Hakusai Design & Photography, Düsseldorf.

Frederik Bub<sup>1</sup>  
 Thorid Rabe<sup>1</sup>  
 Olaf Krey<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Martin-Luther-Universität  
 Halle-Wittenberg

## Das Verhältnis von Physik, Technik und Verantwortung

### Motivation und Zielstellung

*„Die Wechselwirkung zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und technischer Anwendung bewirkt Fortschritte auf vielen Gebieten [...] birgt aber auch Risiken und kann ungeplante Wirkungen erzeugen. [...] Bei der Betrachtung gesellschaftsrelevanter Themen aus unterschiedlichen Perspektiven erkennen die Schülerinnen und Schüler, dass Problemlösungen von Werteentscheidungen abhängig sind [...] und treffen Entscheidungen sachgerecht, selbstbestimmt und verantwortungsbewusst.“* (Ministerium für Bildung Sachsen-Anhalt, 2016)

Diese Ziele aus dem Fachlehrplan Physik für Gymnasien in Sachsen-Anhalt finden sich in ähnlicher Form bundesweit in den Lehrplänen für das Fach Physik. Schülerinnen und Schüler sollen sich die gesellschaftliche Dimension von Naturwissenschaft und Technik erschließen und so zu Verantwortungsträgerinnen und -trägern werden. Der Frage, wie Physikunterricht dies zu erreichen versucht, soll sich im Rahmen der hier beschriebenen Untersuchung angenähert werden. Im Folgenden werden der theoretische Rahmen des Wirkungsgefüges Physik-Technik-Verantwortung erläutert und die geplanten Arbeitsschritte zu einer empirischen Studie in diesem Themenfeld skizziert.

### Physik und Technologie: Ein nicht mehr auflösbarer Komplex

Eine scharfe Trennung zwischen den Unternehmungen Physik – im Sinne einer reinen Naturwissenschaft – und der Technologie – verstanden als Wissenschaft der Technik – ist nur schwer möglich, da beide eng miteinander in Beziehung stehen. Auffassungen über die Art der Wechselwirkung zwischen den beiden Wissenschaftszweigen reichen von unidirektionalen Wirkzusammenhängen, wie der Technologie als Anwendung von Physik und der Technologie als Voraussetzung für neue physikalische Erkenntnisse, bis hin zu einem interdependenten Wirkungsgeflecht, wonach physikalische und technologische Entwicklungen sich stark gegenseitig beeinflussen (Constantinou, Hadjilouca & Papadouris, 2010; Gardner, 1994).

Trotz dieser Nähe können einige Unterscheidungskategorien für Naturwissenschaft und Technologie angeführt werden, wovon die **Zielperspektive** die am weitesten akzeptierte ist. Hiernach ist Naturwissenschaft erkenntnisorientiert (kausal), Technologie dagegen bedürfnisorientiert (final) tätig (Spiegel, 1999; Tesch, 2010). Bezüglich der **Arbeitsweise** werden als zentrale Tätigkeiten der Naturwissenschaft das Experimentieren zur Überprüfung von Theorien und der Technologie das Konstruieren zur Entwicklung und Optimierung von Artefakten genannt (Tesch, 2010). Diese Unterscheidung ist weniger auf einer Handlungsebene beobachtbar, als in der bereits genannten Zielstellung der Tätigkeit anzunehmen (Helen Quinn et al., 2012; Wagenschein, 1976). Der **Forschungsgegenstand** (Natur vs. Artefakt), als Unterscheidungskategorie zum Beispiel von Schülerinnen und Schülern angeführt (Constantinou et al., 2010), eignet sich nur bedingt, da Naturwissenschaft nicht (mehr) als reine Beobachtung natürlich ablaufender Phänomene zu charakterisieren ist (Tala, 2009).

Die (fortschreitende) Verflechtung von „science“ und „technology“ verbunden mit der beschleunigten Entwicklung der beiden Wissenschaftszweige wird mit dem Begriff „technoscience“ zu fassen versucht (Graube, 2014; Tala, 2009). Innovation und Erkenntnis sind demnach in technowissenschaftlichen Unternehmungen nicht getrennt zu betrachten

und auch Grundlagenforschung erhält ihre Legitimation nicht durch das generierte Verständnis von Natur, sondern durch die perspektivische Anwendung, also technische Nutzbarmachung der Forschungsergebnisse (Dürr, 1990; Graube, 2014).

### Konzeption von Verantwortung

Verantwortung, kann als mehrstelliger Relationsbegriff aufgefasst werden: „Jemand (Subjekt) ist für etwas (Gegenstand) vor oder gegenüber jemandem (Instanz) aufgrund bestimmter normativer Standards (Normhintergrund) [...] verantwortlich.“ (Düwell, Werner & Hübenthal, 2006, S. 543) Diese grundsätzliche Fassung des Verantwortungsbegriffs ist in Abbildung 1 schematisch gezeigt.

Als **Verantwortungssubjekte** kommen Individuen ebenso wie Kollektive in Frage. Bei Arten kollektiver Verantwortung sind vielfältige Formen der Verantwortungsattribution möglich, von der Verantwortungslosigkeit bis zur ungeteilten Verantwortung jedes Einzelindividuums (Heidbrink, 2003; Nida-Rümelin, 2011). Je nach Orientierung an den konkreten Folgen (für Personen oder Güter) einer Handlung oder an den einer Handlung zugrunde liegenden Motiven kann zwischen einer Folgenverantwortung und einer Gesinnungsverantwortung unterschieden werden (Hubig, 1993). Die der Verantwortungsattribution zugrundeliegenden **Normen** können neben moralischen Wertvorstellungen auch Gesetze, Verträge oder gesellschaftlich geteilte Erwartungen sein. Als **Verantwortungsinstanzen**, gegenüber denen Verantwortungssubjekte eine Rechtfertigungspflicht haben, werden neben einzelnen oder Kollektiven von (vernunftbegabten) Wesen, auch Güter wie Natur oder das eigene Gewissen angeführt. (Düwell et al., 2006).

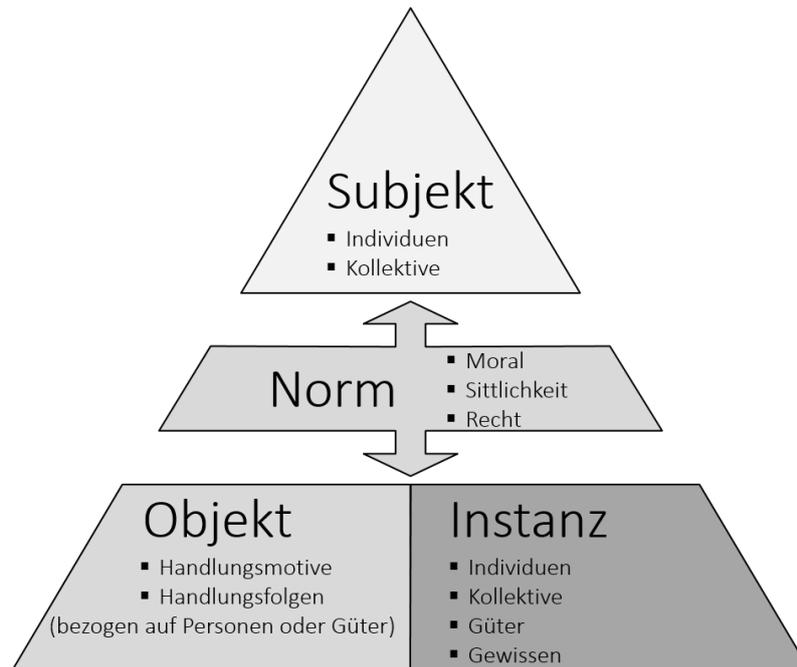


Abb. 1: Konzeption von Verantwortung als vierstelliger Relationsbegriff.

### **Wissenschaftsverantwortung**

Je nach angenommener Reichweite der Verantwortung kann zwischen einer internen und einer externen Seite von Wissenschaftsverantwortung unterschieden werden. Die interne Verantwortung kann als eine Art innerwissenschaftliche Sorgfaltspflicht zu guter wissenschaftlicher Arbeit verstanden werden, die die Grundlage für den wissenschaftlichen Diskurs darstellt. Von einem weiter gefassten Wirkungsgefüge ausgehend, in dem (Natur-) Wissenschaft, Technologie und Gesellschaft in einem interdependenten Verhältnis zueinander stehen (vgl. z.B. Vesterinen, Manassero-Mas & Vázquez-Alonso, 2014), ergibt sich eine externe, als gesamtgesellschaftlich verstehbare Form kollektiver Verantwortung (Heidbrink, 2003; Nida-Rümelin, 2011). Kritisch hierbei ist das Problem einer eindeutigen Zuschreibung von Verantwortung (**Subjektebene**) für Handlungsergebnisse, die durch die Entgrenzung sozialer Systeme wie Politik, Wirtschaft und Wissenschaft erschwert wird. Des Weiteren haben sich der menschliche Wirkungskreis und damit auch der zeitliche wie örtliche Verantwortungshorizont durch die Dynamisierung der wissenschaftlich-technischen Entwicklungen ausgeweitet (**Objektebene**) und umfassen letztlich das gesamte Ökosystem (Dürr, 1990; Jonas, 1992).

### **Untersuchungsschwerpunkte und Methoden**

Wie das Verhältnis von Physik, Technik und Verantwortung im Physikunterricht konzipiert wird, soll unter der Perspektive des dargestellten Theorierahmens auf zwei Ebenen untersucht werden:

*Wie wird das Verhältnis von Physik, Technik und Verantwortung in Schulbüchern dargestellt?*

Schulbücher bieten vielseitige Funktionen für Lehrende wie für Lernende und können als Abbild des Lehrplans den Unterricht strukturieren (Bölsterli Bardy, 2015; Merzyn, 1994). Als „Produkt und Faktor gesellschaftlicher Prozesse“ sind sie immer verbunden mit Setzungen, die sich aus verschiedenen, unter anderem wissenschaftlichen, politisch-ökonomischen und pädagogisch-didaktischen Diskursen ergeben (Wiater, 2003, S. 12). Neben den häufig klar formulierten expliziten Lernzielen, transportieren die Texte auch implizites Wissen an Schülerinnen und Schüler (Geuenich, 2015), welches im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden soll. Beispielhaft für tiefergehend zu analysierende Themenbereiche seien hier aus einem Physiklehrbuch für die 9. Klasse Verkehrssicherheit, Energienutzung im Alltag und Kernenergie genannt, wo Konzeptionen von Verantwortungssubjekten („Fahrer und Beifahrer“, „Physiker“) sowie von Verantwortungsobjekten (Sicherheit von VerkehrsteilnehmerInnen, Energieverbrauch, Kernspaltungsbombe) zu finden sind (Gau, Meyer & Schmidt, 2005).

*Welche Vorstellungen zum Verhältnis von Physik, Technik und Verantwortung sind bei Physiklehrenden rekonstruierbar?*

Den gesellschaftlich ausgehandelten Konstrukten aus den Schulbüchern, sollen vergleichend Vorstellungen Physiklehrender zum Verhältnis von Physik, Technik und Verantwortung gegenübergestellt werden. Erhoben werden die Vorstellungen mit Hilfe narrativer Interviews. Als Auswertemethode ist ein rekonstruktiv, interpretatives Verfahren angedacht, welches ein umfassendes Verständnis der Vorstellungen der Lehrenden ermöglichen soll.

Ergebnisse der beschriebenen Untersuchungsvorhaben können eine Grundlage für die kritische Reflexion des Umgangs mit Technik und Technikwissenschaften im Rahmen der Lehrmittelgestaltung, der Lehramtsausbildung und des Physikunterrichts bilden.

**Literatur**

- Bölsterli Bardy, K. (2015). Kompetenzorientierung in Schulbüchern für die Naturwissenschaften: Eine Analyse am Beispiel der Schweiz. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Constantinou, C., Hadjilouca, R. & Papadouris, N. (2010). Students' Epistemological Awareness Concerning the Distinction between Science and Technology. *International Journal of Science Education*, 32 (2), 143-172.
- Dürr, H.-P. (1990). *Das Netz des Physikers: Naturwissenschaftliche Erkenntnis in der Verantwortung*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Düwell, M., Werner, M. H. & Hübenthal, C. (2006). *Handbuch Ethik* (2. Auflage). Stuttgart, Weimar: J.B. Metzler'sche Verlagsbuchhandlung und Carl Ernst Poeschel Verlag GmbH.
- Gardner, P. (1994). Representations of the Relationship between Science and Technology in the Curriculum. *Studies in Science Education*, 24 (1), 1-28.
- Gau, B., Meyer, L. & Schmidt, G.-D. (2005). *Physik: Lehrbuch für die Klasse 9 Sachsen-Anhalt Gymnasium* (1. Aufl.). Berlin: Duden-Patec-Schulbuchverlag.
- Geuenich, H. (2015). Migration und Migrant(inn)en im Schulbuch: Diskursanalysen nordrhein-westfälischer Politik- und Sozialkundebücher für die Sekundarstufe I. Wiesbaden: Springer VS.
- Graube, G. (2014). Wissenschaft und Technik. Zur Reflektion von Technoscience und Interdisziplinarität in der Allgemeinbildung. *Journal of Technical Education*, 2 (1), 129-148.
- Heidbrink, L. (2003). *Kritik der Verantwortung: Zu den Grenzen verantwortlichen Handelns in komplexen Kontexten* (1. Aufl.). Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.
- Helen Quinn, Heidi Schweingruber, and Thomas Keller, Editors, Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards & National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Hubig, C. (1993). *Technik- und Wissenschaftsethik: Ein Leitfadens*. Berlin: Springer.
- Jonas, H. (1992). *Das Prinzip Verantwortung: Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation* (2. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Merzyn, G. (1994). *Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht: Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer*. Kiel: IPN.
- Ministerium für Bildung Sachsen-Anhalt (2016). *Fachlehrplan Gymnasium Physik*.
- Nida-Rümelin, J. (2011). *Verantwortung*. Stuttgart: Reclam.
- Spiegel, R. (1999). *Technikbezug im Physikunterricht der mittleren und höheren Schulen: Eine Untersuchung zu den historischen Wurzeln, zum didaktischen Anspruch und zur Realität*. Dissertation. Köln: Universität zu Köln, Erziehungswissenschaftliche Fakultät.
- Tala, S. (2009). Unified View of Science and Technology for Education: Technoscience and Technoscience Education. *Science & Education*, 18 (3-4), 275-298.
- Tesch, M. (2010). Experimentieren oder Konstruieren?: Zur Differenzierung naturwissenschaftlicher und technischer Bildung aus fachdidaktischer Perspektive. In *Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*. Hannover.
- Vesterinen, V.-M., Manassero-Mas, M.-A. & Vázquez-Alonso, Á. (2014). History, Philosophy, and Sociology of Science and Science-Technology-Society Traditions in Science Education: Continuities and Discontinuities. In M. R. Matthews (Hrsg.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (S. 1895-1925). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Wagenschein, M. (1976). *Die pädagogische Dimension der Physik* (4. Aufl.). Braunschweig: Westermann.
- Wiater, W. (2003). Das Schulbuch als Gegenstand pädagogischer Forschung. In W. Wiater (Hrsg.), *Schulbuchforschung in Europa: Bestandsaufnahme und Zukunftsperspektive* (S. 11-22). Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt.

## Ein Weiterbildungsstudiengang für integrierte Naturwissenschaften

### Einführung und Problemdarstellung

Seit vielen Jahren wird im deutschsprachigen Raum über einen integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht bildungspolitisch wie fachdidaktisch diskutiert (vgl. Deutscher Bildungsrat, 1969; Kremer & Stäudel, 1997; Labudde, 2003; Rehm et al., 2008). Doch mit der Implementation fächerübergreifender Naturwissenschaftscurricula mit integrativem Charakter stehen Lehrer in Deutschland mangels adäquater Weiterbildungsangebote vor der Herausforderung, diese Fächer sowohl fachwissenschaftlich wie fachdidaktisch und damit auch experimentell zu gestalten. Im Rahmen des hier vorgestellten Promotionsvorhabens wird ein Weiterbildungsstudiengang konzipiert, der Lehrer auf das Unterrichten integrierter Fächer vorbereiten soll, um den Anteil von Lehrkräften zu erhöhen, der fachlich qualifiziert und fachdidaktisch kompetent naturwissenschaftliche Fächer interdisziplinär unterrichtet.

### Forschungsdesign

Im Zentrum des Vorhabens steht die Konzeption der Weiterbildung. Der Rahmen der fachdidaktischen Forschung wird durch das Design der didaktischen Rekonstruktion gelegt, das von Kattmann et al. 1997 diskutiert wurde (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997) und in der aktuellen naturwissenschaftsdidaktischen Forschungslandschaft immer noch eine wichtige Position einnimmt (Parchmann, 2013). In Abbildung 1 ist das zu Grunde liegende Forschungsdesign aufgeführt. Dargestellt ist das Prinzip der didaktischen Rekonstruktion im Rahmen des hier vorgestellten Vorhabens. Weiterhin ist eine erste Pilotierungsphase der Weiterbildung als Vorarbeit aufgeführt, die aus fünf Veranstaltungen besteht. Zu jeder Einheit sind die zugrundeliegenden Konstruktionskriterien aufgeführt.

Zur Erhebung der Lehrervorstellungen werden zunächst induktive Interviews mit den Schwerpunkten auf

- Kriterien guten fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht,
- Eigen- und Fremdeinschätzung möglicher Defizite,
- Vorstellungen über eine gelungene Weiterbildung und
- allgemeine Stellungnahme zu fächerübergreifendem Naturwissenschaftsunterricht
- durchgeführt.

Die aus den Interviews gewonnenen Erkenntnisse fließen dann in eine Fragebogenstudie ein, bei der alle Thüringer Naturwissenschaftslehrkräfte befragt werden. Ziel ist es dabei, auf fachbezogene Selbstwirksamkeitsüberzeugungen, Stellungnahmen zu fächerübergreifendem Unterricht sowie strukturelle, methodische und inhaltliche Anforderungen an eine Weiterbildung aus Sicht der Lehrkräfte zu schließen.

Neben den in den Interviews induktiv erarbeiteten Erkenntnissen wird der Fragebogen auch deduktiv konstruiert, um so einen Abgleich der Lehrervorstellungen mit den theoretischen Perspektiven zu fächerübergreifendem Naturwissenschaftsunterricht und Lehrerfort- bzw. weiterbildungen zu erreichen. Aber auch die Ergebnisse der Interviews werden, bevor sie in

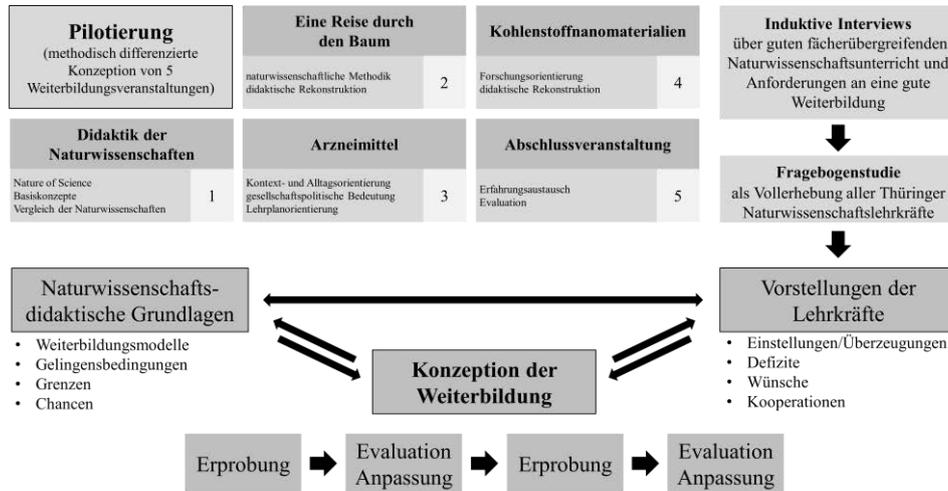


Abb. 1: Zugrundeliegendes Studiendesign.

die landesweise Erhebung integriert werden, mithilfe bestehender Forschungsperspektiven verglichen, etwa mit Aussagen zu gutem Naturwissenschaftsunterricht (Wilhelm, 2007). Nachfolgend wird die Konstruktion des Fragebogens ohne Einbezug der Interviews dargestellt.

Der Fragebogen ist in sechs Blöcke aufgeteilt. Die einzelnen Items enthalten Aussagen, zu denen die Lehrkräfte auf einer vierstufigen Likert-Skala aufgefordert sind, Stellung zu beziehen. Die Vierstufigkeit wurde gewählt, um definitive Entscheidungen der Lehrkräfte einzufordern. Zudem wurde jedoch ein Feld mit „keine Angabe“ hinzugefügt, um keine Verfälschungen durch die Vierstufigkeit zu verursachen. Auf jeden Block des Fragebogens folgt ein kurzes Freitextfeld, in denen die Lehrkräfte weitere Anmerkungen vornehmen können. Diese wurden zum einen eingefügt, um etwaige nicht aufgeführte Aussagen zuzulassen und zum anderen, um den Lehrkräften zu verdeutlichen, dass die Weiterbildung unter Einbezug der Lehrervorstellungen konstruiert wird. Dadurch soll die Akzeptanz und das Interesse an der Weiterbildung erhöht werden.

Die Itemkonstruktion zur fachbezogenen Selbstwirksamkeitsüberzeugung ist an die Arbeiten von Riese und Reinhold zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von Physiklehrkräften angelehnt (Riese, 2009; Riese & Reinhold, 2010). Zu diesem Bereich wurden sechs Items formuliert. Den Stellungnahmen zu fächerübergreifendem Unterricht liegen die „Bausteine“ für die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften von Labudde zugrunde (Labudde, 2004). Die darin aufgeführten Begründungen für fächerübergreifenden Unterricht wurden zu Aussagen umformuliert, zu denen die Lehrkräfte Stellung nehmen. Die Merkmale der Weiterbildung werden auf drei Blöcke aufgeteilt. Bei den inhaltlichen Merkmalen wird etwa auf Aspekte wie „Lehrplanorientierung“ und die Einzelphasen einer Veranstaltungseinheit (fachlicher Input, Erprobung und Reflexion) eingegangen (Lipowsky & Rzejak, 2012). Strukturell wird vor allem auf die Dauer der Weiterbildung an sich, aber auch der Einzelveranstaltungen eingegangen, die nach Lipowsky eine relevante, die Wirksamkeit der Weiterbildung beeinflussende Größe darstellt (Lipowsky, 2009). Die methodischen Merkmale beziehen sich auf die Methodik von Einzelveranstaltungen, in denen die Relevanz von Einheiten zum Erfahrungsaustausch, zu konkreten Unterrichtsplanungen und zum Expertisebezug durch Referenten aus den entsprechenden Disziplinen erfragt wird. Zuletzt beinhaltet

der Fragebogen eine allgemeine Interessenbekundung an einer Weiterbildung zu fächerübergreifenden Naturwissenschaften.

Parallel zu dieser Befragung findet eine erste Pilotierung für einen Weiterbildungsstudiengang im November 2016 statt (siehe Abbildung 1). Mit dieser wird den teilnehmenden Lehrkräften ein Angebot von fünf Halbtagsveranstaltungen angeboten. Jede Veranstaltung wird dabei konzeptionell nach unterschiedlichen Kriterien konstruiert. Die erste Veranstaltung bietet neben einem Blick auf den aktuellen Forschungsstand und Umsetzungsstrategien zu fächerübergreifendem Unterricht vor allem einen Bezug zu den Basiskonzepten der Biologie, Chemie und Physik. Die zweite Veranstaltung wurde an das forschend-entdeckende Lernen angelehnt und deckt dabei die Klassenstufe 5/6 ab. Die dritte Einheit zum Thema Arzneimittel (Klassenstufe 9/10) weist eine starke Kontextorientierung auf und thematisiert die gesellschaftspolitische Bedeutung der Naturwissenschaften. Als vierte Einheit werden inhaltlich Kohlenstoff- und Kohlenstoffnanomaterialien behandelt, die sich auf den Oberstufenunterricht (Klassenstufe 11/12) beziehen. Diese Einheit greift den Blick auf die Basiskonzepte nochmals auf und ist sehr stark an den Prinzipien der didaktischen Rekonstruktion angelehnt. Die letzte Veranstaltung dient dem Erfahrungsaustausch der Teilnehmenden und der Evaluation der Weiterbildung. Die Einheiten werden jeweils durch ein umfangreiches Praktikum und eine Reflexionsphase ergänzt. Die Begleitforschung zu dieser Pilotierung umfasst eine schriftliche Beurteilung der Einzeltermine sowie Gruppendiskussionen mit den teilnehmenden Lehrkräften.

Ausgehend von den Erkenntnissen aus der Pilotierung und der Lehrerbefragungen wird ein umfangreicheres Weiterbildungsangebot mit evaluativer Begleitforschung konstruiert, das jeweils im Sommer 2017 und im Herbst 2017 erprobt wird. Zudem wird eine Lehrhandreichung konzipiert, die die entsprechenden Inhalte didaktisch rekonstruiert darstellt und dabei neben Sachanalysen auch zahlreiche Experimentiervorschriften und Übungsaufgaben enthält. Das Material wird dabei vom jeweiligen Thema abhängig nach bestimmten Kriterien konstruiert, z. B. durch Kontextbezüge, wie sie bei Chemie im Kontext angedacht sind (Parchmann, 2008), die Vernetzung des Themas innerhalb der drei Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik, den Bezug zu Basiskonzepten, die gesellschaftspolitische Bedeutung der Naturwissenschaften oder das forschend-entwickelnde Lernen. Das entworfene Material wird durch die Lehrkräfte, die an der Pilotierung und später an den umfangreicheren Weiterbildungsmaßnahmen teilnehmen, evaluiert, weiterentwickelt und unter Berücksichtigung der Lehrervorstellungen angepasst.

Durch die in diesem Artikel beschriebene Vorgehensweise zur Konstruktion einer Weiterbildung für fächerübergreifende Naturwissenschaften soll letztlich ein nachhaltiges Qualifizierungsangebot für Lehrkräfte entstehen, das zahlreiche praxisnahe Angebote und Ideen aufzeigt, um Naturwissenschaften interdisziplinär sinnstiftend zu unterrichten.

**Literatur**

- Deutscher Bildungsrat (1969). Einrichtung von Schulversuchen mit Gesamtschulen. In: Empfehlungen der Bildungskommission. Bonn: Deutscher Bildungsrat, S. 53, 61f.
- Kattmann, U., Duit, R., Großengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *ZfDN*, 3 (3), 3-18
- Kremer, A., Stäudel, L. (1997): Zum Stand des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Bundesrepublik Deutschland. Eine vorläufige Bilanz. *ZfDN*, 3 (3), 52-66
- Labudde, P. (2003). Fächer übergreifender Unterricht in und mit Physik. Eine zu wenig genutzte Chance. *PhyDid* 1/2 (2003), S. 48-66
- Labudde, P. (2004). Fächer übergreifender Unterricht in Naturwissenschaften: 'Bausteine' für die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 22 (1), 54-68
- Lipowsky, F. (2009). Unterrichtsentwicklung durch Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen für Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 27 (3), 346-360
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2012). Lehrerinnen und Lehrer als Lerner - Wann gelingt der Rollentausch? Merkmale und Wirkungen wirksamer Lehrerfortbildungen. *Schulpädagogik heute*, 3 (5), 1-17
- Parchmann, I. (2013). Wissenschaft Fachdidaktik – eine besondere Herausforderung. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 31 (1), 31-41
- Parchmann, I., Ralle B. & Di Fuccia, D. (2008). Entwicklung und Struktur der Unterrichtskonzeption Chemie im Kontext. In R. Demuth, C. Gräsel, I. Parchmann & B. Ralle (Hrsg.), *Chemie im Kontext – Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann, 9-48
- Rehm, M., Bündler, W., Haas, T., Buck, P., Labudde, P., Brovelli, D., Østergaard, E., Rittersbacher, C., Wilhelm, M., Genseberger, R. & Svoboda, G. (2008). Legitimationen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs Science. In: *ZfDN*, 14, S. 99-123
- Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *ZfDN*, 16, 167-187
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Dissertation. Berlin: Logos Verlag.
- Wilhelm, M. (2007). Was ist guter Naturwissenschafts-Unterricht?. *chim. etc. did.*, 33 (98), 67-86

Clemens Hoffmann<sup>1</sup>  
 Volker Woest<sup>1</sup>  
 Uwe Hoßfeld<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Friedrich-Schiller-Universität Jena

## Konzeption einer Ausbildung in integrierten Naturwissenschaften

### Überblick

Als eines von fünf Bundesländern führte Thüringen den fächerübergreifenden Unterricht für Naturwissenschaften als gesondertes Unterrichtsfach in den höheren Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I ein. In den Klassen neun und zehn wird seit dem Schuljahr 2013/14 das Fach „Naturwissenschaften und Technik“ (NWuT) im Wahlpflichtbereich angeboten und stellt damit eine fakultative naturwissenschaftliche Vertiefung dar. Das Wahlpflichtfach hat integrierten Charakter und im Rahmen dieses Unterrichts sollen komplexe naturwissenschaftliche und technische Fragestellungen unter Zuhilfenahme der Fachdisziplinen Biologie, Chemie und Physik bearbeitet werden (TMBWK, 2013). Nur die wenigsten Lehrkräfte können eine Lehrbefähigung in allen drei der klassischen Naturwissenschaften vorweisen, weshalb der Unterricht in NWuT meist von Lehrpersonen gestaltet wird, die in mindestens einer Fachdisziplin nicht auf grundlegende Kenntnisse aus ihrer Ausbildung zurückgreifen können. Diese Lehrkräfte empfinden oft Hemmungen und Schwierigkeiten (Labudde 2003). In der Praxis klafft demzufolge eine Lücke zwischen den Anforderungen, die in Bezug auf integrierten Naturwissenschaftsunterricht (intNaWiU) an die Lehrpersonen gestellt werden, und den Voraussetzungen, mit denen sie diesen Unterricht gestalten. Es ist somit notwendig, die universitäre Lehramtsausbildung anzupassen.

### Ausgangspunkt

Betrachtet man die Lehramtsausbildung deutschlandweit, sind derzeit nur an etwa zehn Universitäten fächerübergreifende bzw. integrierte Ansätze im Bereich Naturwissenschaften zu finden. Auch an der Friedrich-Schiller-Universität Jena gibt es derzeit keine ausgewiesenen Studienangebote für Integrierte Naturwissenschaften. Im Rahmen des Projekts ProfJL (Professionalisierung von Anfang an im Jenaer Modell der Lehrerbildung), das durch das BMBF gefördert wird, arbeitet das Teilprojekt „Naturwissenschaften integrativ“ daran, dieses Defizit zu beheben. Ziel ist es, unter besonderer Berücksichtigung der Situation an Thüringer Schulen ein Ausbildungskonzept zu entwickeln, das einen Beitrag zur Förderung professioneller Handlungskompetenz im Bereich des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichtens leistet. Dadurch lässt sich der Anteil an Lehrkräften erhöhen, die fachlich qualifiziert und fachdidaktisch kompetent naturwissenschaftliche Fächer interdisziplinär unterrichten. An deutschen Universitäten, wie an der Universität Regensburg (Naturwissenschaft und Technik) oder den Universitäten Bayreuth und Würzburg (MINT-Lehramt PLUS), wird meist ein gesonderter Studiengang angeboten, in dem Studierende eine Lehrbefähigung für integrierte Naturwissenschaften erhalten. Für den Standort Jena ist hingegen ein Ausbildungsmodul geplant, das Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften in ihren regulären Studienverlauf integrieren können.

Als Zielgruppe des Ausbildungskonzepts werden Studierende betrachtet, die ihr Praxissemester (Halbjahrespraktikum im fünften oder sechsten Semester) bereits abgeschlossen haben, da diese bereits über erste Erfahrungen im Unterrichten und über erste Erfahrungen mit integriertem Naturwissenschaftsunterricht verfügen. Zumindest in Thüringen hat derzeit noch kein Studierender diese Unterrichtsform selbst als Schülerin oder Schüler erlebt. Trotz der Empfehlungen von Busch und Woest (2016), möglichst frühzeitig Erfahrungen mit fächerübergreifendem Naturwissenschaftsunterricht zu ermöglichen, erscheint die Auswahl in Hinblick auf die Zielsetzung sinnvoll. Es wird ein schulwirklichkeitsbezogenes und praxis-

orientiertes Modul entwickelt, in dem Studierende selbst planerisch aktiv werden. Busch und Woest empfehlen weiterhin den Anfangsunterricht als Rahmen für Praxiserprobungen, um den Studierenden einen leichteren Zugang zur Aufbereitung fachfremder Bezüge und Inhalte zu ermöglichen. In Thüringen wird der naturwissenschaftliche Anfangsunterricht durch das Fach Mensch-Natur-Technik (MNT) ebenfalls integriert gestaltet. Um die Einstellungen von Lehrpersonen zu fächerübergreifendem Naturwissenschaftsunterricht gezielt verbessern zu können, sollten zusätzlich Strukturen für einen überfachlichen Austausch und eine Kooperation der Naturwissenschaften ausgebaut werden (ebd., 2016, S. 276). Diese Einstellungen lassen sich in Form einer geringen Bereitschaft zur Übernahme von integriertem Unterricht feststellen, welches durch fehlendes elementares Interesse, Angst vor Versuchen, Gerätschaften und Chemikalien, sowie eine geringe Tiefe und Breite des angeeigneten Wissens bedingt ist (Fruböse et al., 2011, S. 434).

### **Ausgestaltung**

Um die Bereitschaft der zukünftigen Lehrkräfte für die Beschäftigung mit fächerübergreifenden Naturwissenschaftsthemen und das integrative Unterrichten zu erhöhen, sollen diese Ängste und Hemmungen abgebaut und alternative Zugänge sowie Möglichkeiten zur Vertiefung des Wissens aufgezeigt werden. Im Mittelpunkt steht dabei der intensive überfachliche Austausch zwischen Studierenden unterschiedlicher naturwissenschaftlicher Disziplinen. Dies umfasst nicht nur das fachwissenschaftliche und fachdidaktische Erschließen von integrierten Naturwissenschaftsthemen, wie bspw. regenerative Kraftstoffe, Arzneimittel oder Mikroskopie, sondern schließt ebenso damit verbundene naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sowie das jeweilige Naturwissenschaftsverständnis ein. Ein Zugang zu komplexen Themen aus dem NWuT-Lehrplan wird über verwandte Themen im Fach MNT (Anfangsunterricht) gefunden. Ein möglichst hohes Maß an Handlungsorientierung wird durch die Arbeit an konkreten Unterrichtsmaterialien durch eigene Materialentwicklung gewährleistet. Zusätzlich ist eine Kooperation mit Lehrern und Schulen geplant.

### **Wissenschaftliche Begleitung**

Die Konzeption und Durchführung des geplanten Ausbildungsmoduls werden wissenschaftlich begleitet. Dazu wurden bereits im Sommersemester 2016 Pilotierungen durchgeführt. Eine weitere Erprobung folgt im Wintersemester 2016/17. Diese insgesamt vier Pilotierungen weisen unterschiedliche Schwerpunkte auf. In den ersten drei Durchläufen arbeiteten jeweils fachhomogene Gruppen. Den Physik-Lehramtsstudierenden (LAS) des vierten Fachsemesters (FS) (N=10) wurde nach einer kurzen Einführung ein konkretes Thema für integrierten Naturwissenschaftsunterricht mit Experimenten und Materialien vorgestellt. Die Chemie-LAS (6. FS, N=10) wählten selbstständig ein Thema des NWuT-Lehrplans aus und erarbeiteten dafür eine Unterrichtsplanung, während sich die Biologie-LAS (4. FS, N=34) nach Bruns (2009) und Günther (2006) mit ihrem eigenen Verständnis von Naturwissenschaft auseinandersetzten. Am Ende dieser Erprobungen wurde ein Feedbackfragebogen ausgefüllt, der sechs Items mit vierstufiger Likert-Skala von „stimme nicht zu“ bis „stimme voll zu“ und zwei Items mit offenem Antwortformat umfasst. Im Ergebnis zeichnet sich ein positives Meinungsbild der Studierenden ab. 95 % der Befragten halten eine Veranstaltung dieser Art für empfehlenswert. Ebenso viele erachten sie als sinnvoll und geben an, etwas Neues kennengelernt zu haben. Es zeigt sich allerdings auch, dass eine Veranstaltung im Umfang von zwei bis vier Einheiten nicht ausreicht, um eine genaue Vorstellung von integriertem Naturwissenschaftsunterricht zu entwickeln. In Bezug auf die offenen Items geben einige Studierende an, dass für einen tiefen Einblick zu wenig Zeit und der Gewinn im Sinne einer Vorbereitung auf eigene Unterrichtsplanung zu gering sind. In gleichem Maße werden Wünsche geäußert, selbst konkrete Materialien und Unterrichtsentwürfe zu konzipieren und sich mit Lehramtsstudierenden der anderen Naturwissenschaften auszutauschen. Als positiv

werden der Praxisbezug und die Thematisierung des Wissenschaftsverständnisses betrachtet. In der nächsten Pilotierungsphase wird eine fachheterogene Gruppe (5. bis 7. FS) eine alternative Einführung in integrierte Naturwissenschaften erhalten und über Materialien für MNT und NWuT zu einer Diskussion über guten integrierten Naturwissenschaftsunterricht angeregt. Alle Erprobungen wurden und werden durch eine Gruppendiskussion abgeschlossen, in der die Einstellungen der Studierenden zu integriertem Unterricht und ihre Bereitschaft, diesen zu übernehmen, sowie die damit zusammenhängenden Begründungsmuster erfasst werden. Diese motivationalen und volitionalen Haltungen und Fähigkeiten sollen dann in der Hauptstudie näher betrachtet werden.

### Modulentwurf

Das Modul „integrierte Naturwissenschaften“ wird im Sommersemester 2017 im ersten Durchlauf in Form eines Seminars für Lehramtsstudierende der Fächer Biologie, Chemie und Physik angeboten. Dieses wird sich in drei Teile untergliedern. Zunächst wird eine Einführung in integrierten Naturwissenschaftsunterricht im Allgemeinen und in die Fächer MNT und NWuT im Besonderen gegeben und dabei das Verständnis der Teilnehmer von Naturwissenschaft und von sich selbst als Naturwissenschaftler thematisiert. Im zweiten Teil stehen Erfahrungsberichte und bereits erprobte Materialien aus der Schulpraxis im Mittelpunkt, an denen Merkmale eines guten Naturwissenschaftsunterrichts erarbeitet werden. Abschließend verwenden die Studierenden ihre gewonnenen Kenntnisse dazu, in fachheterogenen Gruppen angeleitet selbst Materialien für das Fach NWuT zu entwickeln. Abbildung 1 zeigt den entwickelten Seminarplan schematisch.

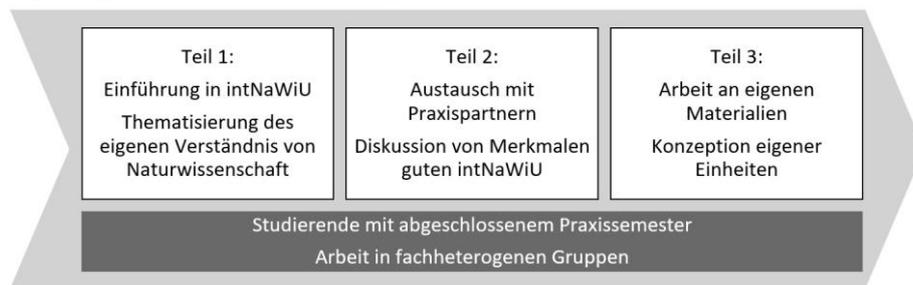


Abb. 1: Grobplanung des Seminars „integrierte Naturwissenschaften“

**Literatur**

- Bruns, Jürgen (2009): Auf dem Weg zur Förderung naturwissenschaftsspezifischer Vorstellungen von zukünftigen Chemie-Lehrenden. Chancen und Grenzen eines kombinierten theoretisch-expliziten und praktisch-reflektierten Ansatzes. Univ., Diss.--Köln, 2009. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 92).
- Busch, Marian; Woest, Volker (2016): Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht. Empirische Befunde zu Potenzial und Grenzen aus Lehrerperspektive. In: MNU 69 (4), S. 269–277.
- Fruböse, Christian; Illgen, Jan; Kohm, Lavinia; Wollscheid, Renate (2011): Unterricht im integrierten Fach Naturwissenschaften. Erfahrungen aus gymnasialer Sicht. In: MNU 64 (7), S. 433–439.
- Günther, Johannes (2006): Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften. Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften. Univ., Diss.--Würzburg, 2006. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 52). Online verfügbar unter [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2833483&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=2833483&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm).
- Labudde, Peter (2003): Fächerübergreifender Unterricht in und mit Physik: Eine zu wenig genutzte Chance. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 1 (2), S. 48–66.
- Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (2013): Lehrplan für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife. Wahlpflichtfach Naturwissenschaften und Technik. Erprobungsfassung. Online verfügbar unter <https://www.schulportal-thueringen.de/web/guest/media/detail?tspi=3702>, zuletzt geprüft am 13.09.2016.

## Contemporary Science in der Lehrerbildung Entwicklung und Evaluation einer Lernumgebung zur Förderung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte

### Theoretische Anbindung

Ziel des hier vorgestellten Projekts ist die Förderung der Professionsentwicklung angehender Physiklehrkräfte durch Thematisierung aktueller physikalischer Forschung unter Einbezug fachdidaktischer Perspektiven. Shulman (1986) sowie Baumert und Kunter (2006) unterscheiden in ihrem Modell zur Beschreibung der professionellen Kompetenz von Lehrkräften die drei Wissensbereiche Fachwissen (Content Knowledge [CK]), fachdidaktisches Wissen (Pedagogical Content Knowledge [PCK]) und allgemeines pädagogisches Wissen (General Pedagogical Knowledge [GPK]). Auf empirischer Ebene konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Fachwissen und dem fachdidaktischen Wissen ( $r = 0.68$ ) nachgewiesen werden, wohingegen nur geringe oder aber nicht signifikante Korrelationen mit dem allgemeinen pädagogischen Wissen bestehen (Krauss et al., 2008, Großschedl et al., 2015). Ein noch offenes Feld stellt die Entwicklung empirisch überprüfter Lernumgebungen dar, die eine gezielte Förderung des Professionswissens möglich machen. Das vorliegende Projekt ist in diesem Kontext zu verorten. Am Beispiel eines Seminars zur modernen Physik wird untersucht, inwiefern die Verknüpfung von fachlicher und fachdidaktischer Auseinandersetzung mit aktuellen physikalischen Forschungsthemen geeignet ist, die Professionsentwicklung von angehenden Physiklehrkräften voranzutreiben.

### Die universitäre Lernumgebung

Gegenstand des Seminars ist die aktuelle Forschung der Laborastrophysik an der Universität Kassel. Das Seminar wird als Wahlpflichtseminar für Lehramtsstudierende ab dem fünften Semester angeboten. Die Seminarstruktur ist der Abb. 1 zu entnehmen. Die erste Hälfte des Seminars ist der fachlichen, die zweite Hälfte der didaktischen Auseinandersetzung gewidmet. Zu Beginn des Seminars erhalten die Studierenden einen Überblick über die Forschungsgruppe, deren Forschungsschwerpunkte und deren Labore. Anschließend führen die Studierenden einen Versuch aus dem Fortgeschritten-Praktikum zum Thema Infrarotspektroskopie (am Bsp. Treibhauseffekt) durch, der von der Laborastrophysik betreut wird. Durch diesen Versuch erhalten die Studierenden Einblicke in die

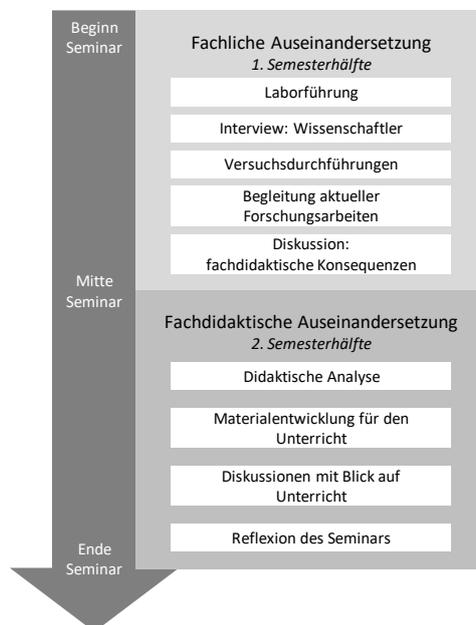


Abb. 1: Darstellung der Seminarstruktur.

Laborastrophysik, die helfen sollen, Forschungsfragen und Aufbauten der Laborastrophysik besser zu verstehen. Darüber hinaus lernen die Studierenden den Alltag der WissenschaftlerInnen kennen, indem sie an Arbeitsgruppentreffen teilnehmen, Interviews mit WissenschaftlerInnen führen und die Durchführung von aktuellen Experimenten der Arbeitsgruppe beobachtend begleiten.

Die didaktische Auseinandersetzung beginnt mit einer Gruppendiskussion zur Bedeutung moderner Physik für den Unterricht. Danach entwickeln die Studierenden erste Ideen, Laborastrophysik zum Gegenstand von Unterricht zu machen und führen dazu didaktische Analysen durch. Im ersten Durchlauf des Seminars im Sommersemester 2016 wurden didaktische Analysen zu den Themen Treibhauseffekt, Spektroskopie und Wissenschaftsverständnis angefertigt.

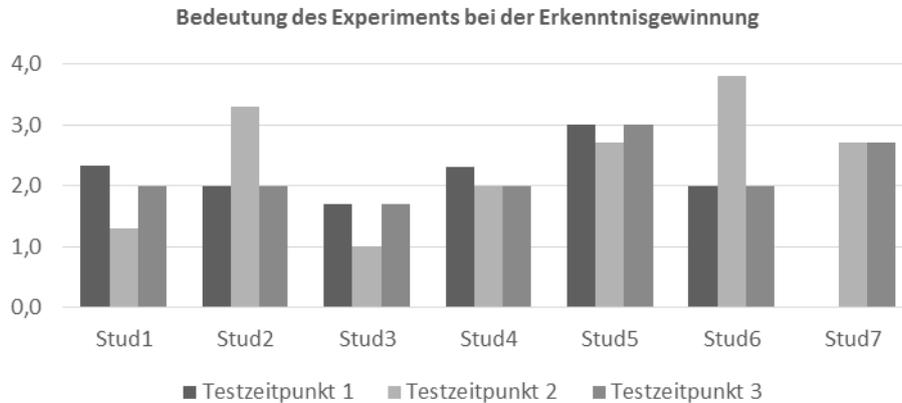
### **Begleitende Forschung**

Die begleitende Forschung geht der Frage nach, inwiefern die Lernumgebung einen Einfluss auf die Entwicklung von Professionswissen hat. Im Speziellen soll untersucht werden, inwieweit die Lernumgebung dazu beiträgt, bereits erworbenes Fachwissen zu vertiefen und fachdidaktische Kompetenzen, insbesondere bei der didaktischen Aufarbeitung von Inhalten der modernen Physik, zu entwickeln. Darüber hinaus wird erwartet, dass sich durch den unmittelbaren Kontakt mit der Forschungsgruppe das Wissenschaftsverständnis verändert. Demnach untersucht die dritte Forschungsfrage, inwieweit das Wissenschaftsverständnis der Studierenden durch die Lernumgebung beeinflusst wird.

Zur Klärung der Fragen werden zu drei Messzeitpunkten das Fachwissen und das Wissenschaftsverständnis erhoben: zu Beginn des Semesters, nach der fachlichen Auseinandersetzung und dem Aufenthalt in der Laborastrophysik und am Ende des Seminars, nachdem die Studierende die didaktische Analyse durchgeführt haben. Das Fachwissen wird dabei anhand eines Fragebogens mit klausurähnlichen Fragen und das Wissenschaftsverständnis mit Items vom Riese (2009) erhoben. Parallel zum Seminar verfassen die Studierenden ein Portfolio, welches mit wiederholten fachdidaktischen Prompts Stellungnahmen zu verschiedenen Themen verlangt. Anhand dieses Portfolios soll die Wirkung des Seminarkonzeptes auf die fachdidaktischen Kompetenzen und das Wissenschaftsverständnis untersucht werden.

### **Erste Erfahrungen**

Das Seminarkonzept wurde im Sommersemester 2016 zum ersten Mal erprobt. Es nahmen sieben Studierende (zwei weiblich, fünf männlich) des vierten Semesters teil. Bis auf eine Studentin, die am ersten Erhebungszeitpunkt abwesend war, nahmen alle Studierenden an allen Tests teil und erstellten ein begleitendes Portfolio. Aufgrund der kleinen Stichprobe können die Ergebnisse nur als erste Tendenzen interpretiert werden. Bei allen sechs Studierenden gab es einen – wenn auch geringen – Fachwissenszuwachs, der darauf hindeutet, dass die Lernumgebung eine Vertiefung zuvor erworbenen Wissens ermöglicht. Im Fragebogen zum Wissenschaftsverständnis lassen sich die drei Bereiche *Wissenschaftstheoretische Begriffe* (3 Items), *Eigenschaften der Naturwissenschaften* (6 Items) und *Bedeutung des Experiments bei der Erkenntnisgewinnung* (3 Items) unterscheiden. Ungewöhnlich sind die Ergebnisse zum 3. Bereich. Die Daten sind in Abb. 2 dargestellt: Die Werte zum ersten Messzeitpunkt und zum dritten Messzeitpunkt sind bei fünf Studierenden gleich. Bei den anderen beiden nimmt der Wert für die Bedeutung des Experimentes bei der Erkenntnisgewinnung ab. Überraschend ist außerdem, dass zum zweiten Messzeitpunkt der Wert für die Bedeutung des Experimentes bei der Erkenntnisgewinnung bei zwei Studierenden deutlich zunimmt und bei den vier anderen Studierenden jedoch deutlich abnimmt.



*Abb. 2: Daten zum Wissenschaftsverständnis des Bereiches „Bedeutung des Experiments bei der Erkenntnisgewinnung“*

*1=geringes Wissenschaftsverständnis, 4=sehr gutes Wissenschaftsverständnis.*

Da der zweite Messzeitpunkt unmittelbar nach dem Kontakt mit der Laborastrophysik stattgefunden hat, liegt die Vermutung nahe, dass die Einschätzungen durch die konkreten Erlebnisse in der Forschungsgruppe beeinflusst wurden, jedoch im Laufe der didaktischen Phase sich wieder auf das vorherige Maß einpendeln. Ergänzende Informationen geben die Portfolios der Studierenden. Sechs Studierende erwähnen insgesamt elf Mal, dass der eigenaktive Anteil bei den Durchführungen der Experimente in der Laborastrophysik sehr gering war. So schreibt eine Studentin, dass „menschliches Zutun insgesamt nur in geringem Maß nötig war“, da lediglich ein Knopf gedrückt werden musste, um wenige Minuten später einen Datensatz zu erhalten. Ähnlich beschreibt ein weiterer Student die Situation: „Oft ist es dem Anschein nach so, dass per Knopfdruck ein Versuch gestartet wird, die Ergebnisse (bspw. ein Spektrum) dann an einen Rechner weitergegeben werden und letztendlich ausgewertet werden können.“ Dies führte unter anderem dazu, dass drei Studierende die Experimente als „relativ unspektakulär“ und „relativ langweilig“ empfanden. Zwei der drei Studierenden erwähnen in diesen Zusammenhang, dass der eigentliche Experimentiervorgang in Geräten „versteckt sei“ und lediglich die Daten am Schluss auf dem Rechner zu sehen seien. Diese Aussagen lassen vermuten, dass diese Eindrücke dafür verantwortlich sind, dass dem Experiment eine geringe Bedeutung bei der Erkenntnisgewinnung zugewiesen wurde.

#### **Ausblick**

Der erste Durchlauf hat gezeigt, dass noch Optimierungen nötig sind, um das Potenzial der Verknüpfung von fachlichen und fachdidaktischen Aspekten voll zu entfalten. Interessant erscheint die Frage, wie Studierende die Bedeutung des Experiments für die Erkenntnisgewinnung aus Sicht der erlebten Forschungspraxis und aus didaktischer Sicht miteinander in Zusammenhang bringen. Ein Ansatz wird die genauere Erhebung der Vorstellungen von Studierenden zum Experimentieren in der Forschung sein. Es ist angedacht, das Seminar nach einer Überarbeitung in den kommenden Semestern zu wiederholen und abschließend zu evaluieren.

Das hier vorgestellte Projekt ist ein Teilprojekt von PRONET, einem im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung geförderten Projekt der Universität Kassel.

**Literatur**

- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 469–520
- Großschedl, J., Harms, U., Kleickmann, T., & Glowinski, I. (2015). Preservice Biology Teachers' Professional Knowledge: Structure and Learning Opportunities. *Journal of Science Teacher Education*, 26 (3), 291–318
- Krauss, S., Neunbrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M., & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 29 (3/4), 223–258
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Berlin: Logos
- Shulman, L. S. (1986): Those who understand: Knowledge growth in teaching. In: *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14

Andreas Henke<sup>1</sup>  
Horst Schecker<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Bremen, Zentrum für Lehrerbildung  
<sup>2</sup>Universität Bremen, Didaktik der Physik

## **Studien-Praxis-Projekte - Schulentwicklung mit Lehramtsstudierenden**

Ein wesentliches Professionalisierungsziel der ersten Phase der Lehrerausbildung besteht darin, universitäre Wissensbestände zu vernetzen und Lehramtsstudierende zu befähigen, diese in schulpraktischem Handeln (selbst)reflexiv zu nutzen. Ob gängige Praxisphasen („Schulpraktika“) diese/n „Reflective Practitioner“ (Schön 1983) ausreichend anbahnen, ist umstritten (Arnold, Gröschner und Hascher 2014). So bleibt in der ersten Phase der Lehrerbildung eine ernsthafte Beteiligung der Studierenden an Schul- und Unterrichtsentwicklung sowie deren professionelle Reflexion zumeist aus. Studien-Praxis-Projekte (SPP) sollen an der Universität Bremen diese Lücke schließen und gleichzeitig eine reflexive Grundhaltung der Studierenden befördern:

In Studien-Praxis-Projekten entwickeln Studierenden-Teams (Masterphase) praktikable Lösungen zu von Schulen benannten Problemstellungen in Zusammenarbeit mit Lehrkräften und betreut durch Lehrende der Universität. SPP sollen relevante Beiträge zur Schul- und Unterrichtsentwicklung leisten und die Kooperation zwischen Schule und Universität stärken. In universitären Begleitseminaren wird die Entwicklung eines professionell-reflexiven Selbstbildes angeregt. Weitere Informationen: [www.uni-bremen.de/studien-praxis-projekte](http://www.uni-bremen.de/studien-praxis-projekte)

### **Projektstand**

Die ersten Studien-Praxis-Projekte werden im Wintersemester 2016/17 durchgeführt, danach turnusmäßig im Zeitraum zwischen November und März. Im ersten Durchlauf liegt der Fokus auf Projekten im MINT Bereich.

### **SPP und Lehrerbildung**

„Studien-Praxis-Projekte“ sind Teilprojekt im Vorhaben „Schnittstellen Gestalten“ der Universität Bremen im Zuge der Qualitätsoffensive Lehrerbildung (BMBF). Das Teilprojekt greift zwei zentrale Probleme der praxisrelevanten Gestaltung einer forschungsorientierten Lehrerbildung auf:

*1. Entwicklung geeigneter Formate zur Theorie-Praxis-Verzahnung:* Die Wirksamkeit von Praxisphasen in der universitären Lehrerbildung auf die Professionalisierung gilt bis dato allerdings als umstritten. Noch zu wenig erforscht sind bisher passgenaue Formate, um die Trennung zwischen den Ausbildungsorten zu überwinden und Brückenschläge zwischen Theorie und Praxis sowie den an der Lehrerbildung beteiligten Disziplinen zu ermöglichen mit dem Ziel der Förderung von Reflexionskompetenz als Grundlage professioneller Handlungskompetenz.

*2. Anschlussfähigkeit an die Bedarfe der Schulen:* Die Bremer Schulreform sowie Beschlüsse auf nationaler (z.B. Kompetenzorientierung) und internationaler Ebene (z.B. Inklusion) stellen Schulen und Lehrkräfte vor große Herausforderungen bei der Gestaltung von Schule und Unterricht. Bereits im lehrerbildenden Studium sollen diese Bedarfe in der Schul- und Unterrichtsentwicklung aufgegriffen und Synergie-Effekte zwischen Schule und Universität nutzbar gemacht werden, um drängende Fragen gemeinsam zu identifizieren und forschungsbasiert zu bearbeiten.

## Zustandekommen eines SPP

Das Zustandekommen eines Studien-Praxis-Projektes setzt die Passung universitärer Expertise und schulischer Entwicklungsinteressen voraus. Der Prozess wird in der folgenden Grafik dargestellt:

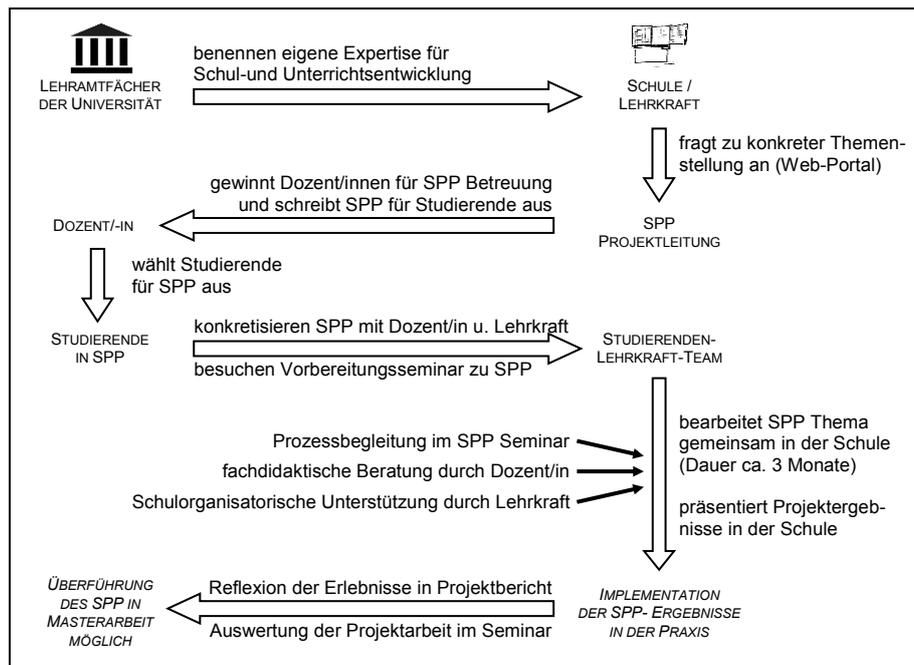


Abb.1: Prozess des Zustandekommens von Studien-Praxis-Projekten

## Von Schulen benannte Problemstellungen

Die von Schulen bisher für SPP benannten Problemstellungen reflektieren die bereits angeführten Herausforderungen der Schul- und Unterrichtsgestaltung im Land Bremen:

- Unterrichts- und Materialentwicklung...
  - ...im Zuge der Etablierung von Profulfächern und von Förderkursen;
    - in Niedersachsen: im Zuge der Wiedereinführung von G9
  - ...zur Leistungs- und Sprachdifferenzierung in heterogenen Lerngruppen (auch: Integration Geflüchteter in den Regelunterricht)
  - ...im Zuge der Einrichtung von Freiarbeitsphasen / Wochenplanarbeit / Lernbüros
- Entwicklung und Durchführung von kooperationsfördernden Maßnahmen für gemischt-professionelle Teams (Zusammenarbeit von Fachlehrkräften und Sonderpädagog/-innen)
- Entwicklung und Einsatz von Erhebungsinstrumenten für die Erfassung steuerungsrelevanter Indikatoren (u.a. Verbleibserfassungen, Kursanwahlverhalten)
- Entwicklung und Durchführung von schulinternen Lehrerfortbildungen für fachfremd unterrichtende Lehrkräfte (Fächer u.a. Naturwissenschaften und Mathematik)

## Begleitveranstaltung zu SPP

Die Begleitveranstaltung zu Studien-Praxis-Projekten soll die Studierenden auf die kooperative und projektbasierte Entwicklungsarbeit in professionellen Teams vorbereiten, ihre Reflexionsfähigkeit weiterentwickeln und ihre Entwicklungsarbeit in SPP beratend begleiten.

#### *Inhalte der Begleitveranstaltung*

- Vorbereitend:
- Schul- und Unterrichtsentwicklungsprojekte managen
  - Kooperation und Teamarbeit in Schule
  - Theorien der Professionsentwicklung bei Lehrkräften
  - Struktur- und Qualitätsmerkmale professioneller Reflexion
  - Modelle Kollegialer Fallberatung (KFB)
- Begleitend:
- Durchführung von KFB zu (Problem)Situationen aus den eigenen SPP
- Nachbereitend:
- Gruppendiskussion und Reflexionspapier zum SPP

Ein Schwerpunkt der Begleitveranstaltung liegt in der Einübung professioneller (strukturierter, theorieinformierter, multiperspektivischer) Reflexion auf eigenes und fremdes Lehrerhandeln – speziell im Kontext Schul- und Unterrichtsentwicklung. Das dabei eingesetzte Reflexionsmodell ist angelehnt an das von Kost, Kirschner und Aufschnaiter (in diesem Band) entwickelte.

#### **Begleitforschung**

Zwei Forschungsprojekte untersuchen die Bedeutsamkeit von Studien-Praxis-Projekten für die Professionalisierung der teilnehmenden Lehramtsstudierenden aus verschiedenen Perspektiven. Dabei soll folgenden Fragen nachgegangen werden:

- *Inwiefern tragen Studien-Praxis-Projekte zur Professionalisierung der Studierenden bei?* SPPs sollen als der Praxisforschung ähnliche Entwicklungsprojekte die Vernetzung von Theorie und Praxis in der ersten Phase der LehrerInnenbildung ermöglichen (Idel und Thünemann 2014). Den theoretischen Rahmen bilden die Bedeutung von Reflexion sowie die Bearbeitung von Entwicklungsaufgaben für die eigene Professionalisierung.
- *Welche für inklusive Lerngruppen relevanten Merkmale des „reflective practitioner“ zeigen und entwickeln sich in Kooperations- und Teamprozessen von SPP?* Es wird davon ausgegangen, dass die kooperative Bearbeitung von Problemstellungen in SPP Ressourcen für die professionelle Entwicklung mobilisiert, indem sie die Vernetzung von Wissensbeständen und eine reflexive Haltung fördert.

#### **Ausblick**

Eine flächendeckende – d.h. alle Lehramtsfächer betreffende – Implementation von SPP ist bis zum Wintersemester 2019/20 angestrebt. Bis dahin soll ein Agentursystem zur Anfrage und Vergabe von SPP aufgebaut und die Durchführung von SPP studienstrukturell verankert sein.

**Literatur**

- Schön, D.A. (1983). *The Reflective Practitioner. How Professionals Think in Action*. New York: Basic Books.
- Idel, T. & Thünemann, S. (2014). Hineinstolpern ins Feld der Praxisforschung - Überlegungen zu möglichen Transfereffekten in der Pilotphase von Praxisforschung. *TriOS - Forum für schulnahe Forschung, Schulentwicklung und Evaluation* 9(1), 75-90.
- Arnold, K.-H., Gröschner, A., Hascher, T. (2014). *Schulpraktika in der Lehrerbildung - Theoretische Grundlagen, Konzeptionen, Prozesse und Effekte*. Münster, Westf: Waxmann.

## **Interaktive Simulationen im Chemiestudium: Bridging Imagination and Representation in Chemistry (BIRC)**

### **Einleitung**

Die Abbruchquote des Studiengangs Chemie ist von 23 % in 1999 auf 41 % in 2012 gestiegen (vgl. Heublein et al, 2008, S. 10 und 2014, S. 17). In keinem anderen Fach gaben so viele Studienabbrecher fachliche Probleme (49 %) als Abbruchgrund an (vgl. Heublein et al, 2010, S. 156). Gerade der Studienbeginn ist oft eine anforderungsreiche Transitionsphase: Neben heterogenen Vorkenntnissen in Chemie stellen die mathematischen Kompetenzen eine Herausforderung an die Studierenden dar (ebd.). Laut einer aktuellen Studie manifestieren sich die Probleme zu Studienbeginn auch im Fach Physikalische Chemie (vgl. Schwedler 2015). Gerade die Bearbeitung der Übungsaufgaben wird als Auslöser von Überforderung genannt. Motivational werden seitens der Studierenden insbesondere der Wunsch nach Verstehen und das Interesse an der molekularen Ebene nicht ausreichend bedient (ebd.).

Die mangelnde molekulare Betrachtung hängt damit zusammen, dass physikochemische Konzepte häufig auf dem dynamischen Verhalten statistischer Gesamtheiten (vgl. Cartier 2009) beruhen. Im Gegensatz zu anderen chemischen Kontexten reicht es hier nicht aus, Eigenschaften und Charakteristika einzelner oder weniger Moleküle zu durchdringen. Dem entsprechend liegt dieser Studie die Annahme zugrunde, dass die Entwicklung eines korrekten mentalen Modells, eines „subjektiven, anschaulichen, mentalen Vorstellungsbilds als Ausschnitt der Realität“ (Reinfried 2006, S. 39) auf molekularer Ebene für solche Konzepte häufig nicht gelingt, und daher eine ausreichende Verknüpfung zwischen submikroskopischer und symbolischer Ebene nach Johnstone (vgl. 1991, S. 77f.) nicht gelingen kann.

Daher wurden Lerneinheiten entwickelt, die gezielt die von den Studierenden gewünschten molekularen Vorstellungen zum dynamischen Verhalten statistischer Entitäten aufbauen sollen. Sie sollen das konzeptuelle Verständnis sowie die Verknüpfung zwischen den Ebenen stärken, und so das Überforderungspotential dieser Lernphase vermindern. Das Konzept von BIRC wird am Beispiel der Maxwell'schen Geschwindigkeitsverteilung (vgl. Atkins, 1996, S 36ff.) dargelegt – zwei weitere Einheiten wurden entwickelt und ebenfalls evaluiert.

### **Konzept von BIRC**

*Phase 1, Imagine:* Zu Beginn setzen sich die Studierenden mit einer submikroskopischen Situation auseinander. Als Imaginationshilfe dient eine ikonische Abbildung der Teilchenebene. Im vorliegenden Beispiel stellt sich den Studierenden die Frage, was diese vergleichend über die Geschwindigkeit zweier Argonatome wissen, die beliebig aus zwei verschiedenen temperierten Argonbehältern ausgewählt wurden. Im zweiten Schritt beziehen die Studierenden im Rahmen einer Multiple-Choice-Frage Position. In der Phase *Imagine* geht es – ähnlich wie in der Positionierungsphase des Konzepts Choice2learn (vgl. Marohn 2008) insgesamt darum, Vorwissen zu aktivieren, sich über eigene Vorstellungen bewusst zu werden und die Involviertheit der Studierenden zu stärken.

*Phase 2, Try:* Anschließend sollen die Studierenden durch die Auseinandersetzung mit einer interaktiven Echtzeitsimulation (siehe Abb. 1) die von ihnen gewählte Position überprüfen. Gleichzeitig erhalten sie einen Einblick in dynamische Modelle auf atomarer Ebene. Die Simulationen wurden mit Hilfe des Interfaces *molecular workbench* (vgl. Tinker & Xi 2008) erstellt, und berechnen das Verhalten der einzelnen Atome als *cutoff* Lennart-Jones-Potential unter Berücksichtigung von Energie- und Impulserhaltung. Beobachtungsaufgaben, Zusatzfragen, Hilfen und Lösungen sollen einen individuellen Lernprozess anregen und zum Aufbau korrekter mentaler Modelle beitragen. Die Datenausgabe in Echtzeit zeigt die im Rah-

men der Simulation errechneten Daten, in diesem Fall eine diskontinuierliche Geschwindigkeitsverteilung. Auf diese Weise findet eine erste Verknüpfung der submikroskopischen Phänomenologie mit der mathematischen Repräsentation statt.

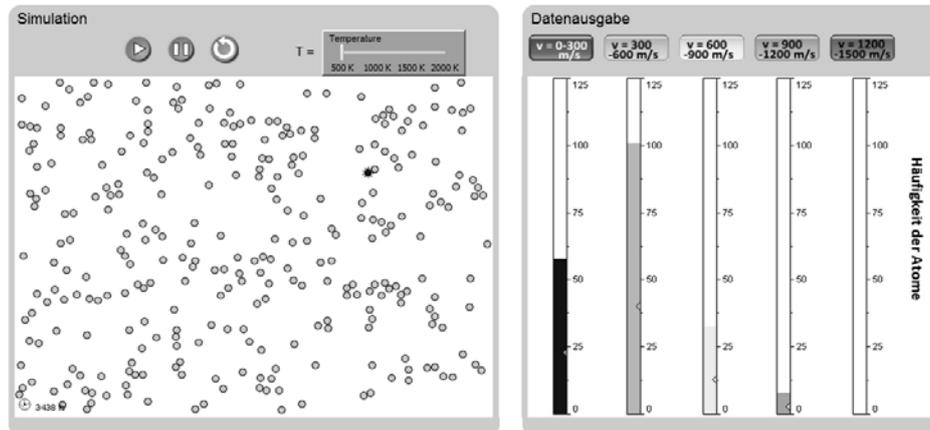


Abb. 1: Simulation (links) und Datenausgabe (rechts)

*Phase 3, Bridge:* Anschließend werden die Studierenden mit der mathematischen Repräsentation vertraut gemacht, wobei das Aufzeigen von Analogien zur Datenausgabe in Phase 2 ein besonderes Anliegen ist. Durch Variation der Parameter, z.B. Temperatur und Molmasse, wird dem Einfluss der verschiedenen Parameter interaktiv nachgespürt. In Denk- und Knobelaufgaben mit Hilfen und ggf. Lösungen werden sowohl Gültigkeitsbedingungen von Simulation und theoretischer Formel thematisiert, als auch auf die rechnerische Bearbeitung der Übungszettel vorbereitet.

### Design der empirischen Pilotstudie

Es stellen sich folgende Forschungsfragen:

- Fördert BIRC das konzeptuelle Verständnis, den Aufbau mentaler Modelle sowie die Verknüpfung mit mathematischen Repräsentationen?
- Kann BIRC der Überforderung entgegenwirken, also als Ressource (vgl. Fabian & Hornung 2001) zu Studienbeginn dienen?

Diesen Fragen, sowie der Frage nach der handwerklichen Qualität von BIRC wird in einer Pilotstudie mit Studierenden im 1. Studienjahr ( $N = 29$ ) nachgegangen. In Labortests bearbeiten die Studierenden eine der drei bereits erstellten BIRC-Einheiten nach der Methode „Think Aloud“ (vgl. Van Someren et al, 1994). Dabei werden neben der didaktischen Qualität gerade auch Lernervorstellungen und Lernerfolg ersichtlich. Im anschließenden, qualitativen Interview werden Lernerfolg, didaktische Qualität sowie Vorerfahrungen in Physikalischer Chemie erhoben. Ein abschließender Fragebogen trianguliert den Lernerfolg und fasst die antizipierte Unterstützung durch die Lerneinheit.

### Erste Ergebnisse

Insbesondere am Beispiel der Maxwell-Verteilung wird das diagnostische Potential von BIRC in Kombination mit „Think Aloud“ deutlich. Die Phase „Imagine“ ermöglicht tiefe Einblicke in die Vorstellungen der Studierenden. Obwohl alle Studierenden zum Zeitpunkt der Erhebung bereits die zugehörige Vorlesung, die Übungsaufgaben, und zum Teil sogar die Klausur erfolgreich absolviert haben, wählen nur 43 % der Probanden die korrekte Antwort. Stattdessen überwiegen einfache Kausalschlüsse, die das statistische Prinzip der Geschwindigkeitsverteilung ignorieren. Von den korrekten Antworten beruht zudem ein erheb-

licher Teil auf Raten, Vermuten und fehlerhafter Ausschlusslogik. Offensichtlich fehlt hier ein grundlegendes, konzeptionelles Verständnis des Themas. Sowohl durch „Think Aloud“ als auch in den Interviews wird sehr deutlich, dass BIRC einen positiven Effekt auf das Konzeptverständnis der Studierenden hat, wie ein Zitat von Proband A14BC verdeutlicht:

„Ich bin davon ausgegangen, dass alle Moleküle die gleiche Geschwindigkeit haben [...]. Die Geschwindigkeitsverteilung ist mir klarer. Das werde ich jetzt meinen Lebtag nicht vergessen.“

Die Probanden sehen die Stärke von BIRC gerade im Bereich der molekularen Anschauung. 69 % der Befragten stimmen der Aussage genau zu, dass sie sich die molekulare Ebene jetzt besser vorstellen können (siehe Abb. 2). Geringe Zustimmung liegt nur bei Probanden vor, die bereits vor der Bearbeitung der Lerneinheit keine Schwierigkeiten damit hatten. Dabei gibt es Hinweise darauf, dass gerade die Verknüpfung von submikroskopischer Anschauung mit nachfolgender Theorie besonders hilfreich ist. So äußert Proband D4Ch:

„[Ich fand] gut, dass man das Bild vom Anfang vor Augen hatte, [...] und dann hat man die Theorie darauf aufgebaut.“

Auch ist die Zustimmung zur gelungenen Verknüpfung zwischen submikroskopischen Verhalten und der Formel zwar zurückhaltender (69 % stimmen eher, aber nicht genau zu), aber insgesamt noch relativ groß.

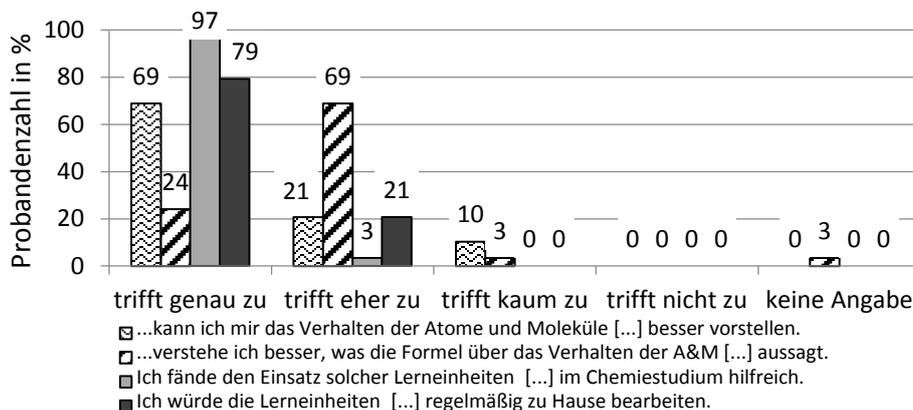


Abb. 2: Ergebnisse des Kurzfragebogens

Insgesamt scheint BIRC dem Bedarf der Studierenden zu entsprechen. Dabei wird auch das gute Verhältnis von Zeitaufwand zu Lernertrag hervorgehoben. Eine große Mehrheit findet die Lerneinheiten hilfreich und würde sie regelmäßig zu Hause bearbeiten. Proband B19BC beschreibt dies folgendermaßen:

„Wenn es das gäbe, würde ich definitiv die Lerneinheit machen, weil das dann genau das ist, was man braucht.“

### Zusammenfassung und Ausblick

Die vorgestellte Pilotstudie mit geringer Stichprobe kann unter Laborbedingungen die tatsächliche Unterstützungswirkung von BIRC sicherlich nicht abschließend belegen, dazu ist auch die Gefahr von Gefälligkeitsantworten zu hoch. Aber sie zeigt, dass der Einsatz von BIRC-Lerneinheiten die Vorstellungen von Studierenden auf der submikroskopischen Ebene korrigieren und das konzeptuelle Verständnis stärken kann. Es gibt Hinweise darauf, dass BIRC die Verknüpfung zwischen submikroskopischer Darstellung und mathematischer Repräsentation stärkt, und als Ressource in überfordernden Situationen nützlich sein könnte. Diese beiden Aspekte, sowie die Effizienz von BIRC im Feld, müssen in Zukunft genauer untersucht werden.

**Literatur**

- Atkins, P. W. (1996): *Physikalische Chemie*, 2. Auflage, Weinheim: VCH.
- Cartier, S. F. (2009): An Integrated, Statistical Molecular Approach to the Physical Chemistry Curriculum, In: *JoCE* 12 (86) S. 1397-1402.
- Fabian, C. & Hornung, R. (2001): Ressourcen und Belastungen im Studium. In: Holm-Hadulla, Rainer (Hg.). *Psychische Schwierigkeiten von Studierenden und ihre Behandlung*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht. S. 133-157.
- Heublein, U. et al (2008): Die Entwicklung der Studienabbruchquote an den deutschen Hochschulen, HIS-Projektbericht, Hannover.
- Heublein, U et al (2014): Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen, HIS-Projektbericht, Hannover.
- Heublein, U et al (2010): Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen, HIS-Projektbericht, Hannover.
- Johnstone, A. H. (1991): Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. In: *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, S. 75-83.
- Marohn, A. (2008): „Choice2learn“ – eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernvorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: *ZfDN*, 14, S. 57-83.
- Reinfried, S. (2006): Alltagsvorstellungen – und wie man sie verändern kann. Das Beispiel Grundwasser. In: *Geographie Heute*, S. 38-43.
- Schwedler, S. (2015): Wie überfordert sind Erstsemester der (Bio-)Chemie und warum? Eine qualitative Studie zu Ausprägung und Ursachen fachlicher Überforderung. Posterbeitrag (inkl. einseitigem Abstract, kein Tagungsband). Jahrestagung der GDCh, Fachgruppe Chemieunterricht vom 31.08 bis 02.09.2015 in Dresden.
- Tinker, R. & Xie, Q. (2008): Applying Computational Science to Education: The Molecular Workbench Paradigm, In: *Computing in Science and Engineering*, Band 10, Nr 5, S. 24-27.
- Van Someren, M. ; Barnard, Y. F.; Sandberg, J. A. C. (1994): *The think aloud method – a practical guide to modelling cognitive processes*, London: Academic Press.

## **Motivationssteigerung durch Fokussierung auf das vertiefte Schulwissen im Rahmen der Fachvorlesungen Physik**

### **Einleitung**

Die Abbruchquoten sind im Fach und Lehramtsstudium Physik noch immer hoch (z.B. Heublein et al. 2014; Nienhaus 2010) während im Fach Physik ein besonders hoher Lehrermangel erwartet wird (Klemm 2015). Ein Teil des Problems ist die Motivation der Lehramtsstudierenden beim fachlichen Lernen. Lehramtsstudierenden haben oft Schwierigkeiten die Verbindung zwischen dem in den universitären Fachveranstaltungen vermitteltem Wissen und dem Unterricht zu sehen: „*Natürlich sollen die Lehrer mehr wissen als die Schüler, aber uns wird soviel Fachwissen vermittelt, das keine Relevanz für die Schüler hat*“ (AG Studienqualität 2011). Evaluationen des Lehramtsstudiums an der Universität Potsdam zeigen zudem, dass sich die Studierenden eine bessere Verknüpfung zwischen fachdidaktischen und fachlichen Anteilen wünschen. Gewünscht wird eine „*Stärkung der fachdidaktischen und erziehungswissenschaftlichen Ausbildung bzw. bessere Verknüpfung von Fachwissenschaften und Fachdidaktiken (z.B. Stoffdidaktische Begleitseminare zu den Fachvorlesungen)*“ (AG Studienqualität 2011). Das vertiefte Schulwissen – eine Kategorie des Fachwissens – kann das Bindeglied zwischen universitärem Wissen und Schulwissen bilden und ist charakteristisch für ein vernetztes Verständnis (Ball et al. 2008; Baumert und Kunter 2006; Loch 2015; Riese 2009; Woitkowski et al. 2011). Mit Hilfe einer neuen Modellierung des vertieften Schulwissens, auf Basis von theoretischen Vorarbeiten zum Professionswissen und bereits existierende Definitionsansätze, sollen gezielt die Inhalte verschiedener Lehrformate an der Universität Potsdam geändert werden: das vertiefte Schulwissen soll explizit in verschiedenen Lehrveranstaltungen vermittelt werden. Die Erwartung ist, dass dies zu einer Steigerung der Motivation der Lehramtsstudierenden führt.

### **Theoretischer Hintergrund**

Das Professionswissen von (angehenden) Lehrkräfte wurde bereits von Shulman (1986) beschrieben. Das Fachwissen („*content knowledge unique to teaching*“) wurde von ihm vom fachdidaktischen Wissen („*pedagogical content knowledge*“) und pädagogischen Wissen („*pedagogical knowlegde*“) abgegrenzt. Für mehrere Fächer konnte nachgewiesen werden, dass die zwei Wissensbereiche Fachwissen und fachdidaktisches Wissen empirisch voneinander trennbar sind (Baumert und Kunter 2006; Hill et al. 2004; Jüttner et al. 2013; Kirschner 2013). Das Fachwissen wurde in mehrere Studien (u.a. Ball et al. 2008; Baumert und Kunter 2006; Loch 2015; Riese 2009) zur Untersuchung des Professionswissens der (angehenden) Lehrkräfte weiter spezifiziert. Neben den Kategorien *Schulwissen* und *universitäres Wissen* hat sich eine dritte Kategorie etabliert: das *vertiefte Schulwissen* (Ball et al. 2008; Baumert und Kunter 2006; Loch 2015; Riese 2009; Riese et al. 2015; Woitkowski et al. 2011)<sup>1</sup>. Diese Fachwissenskategorie umschreibt das Wissen, das Lehrperson-Spezifisch ist. Im Projekt PSI-Potsdam<sup>2</sup> wurde das vertiefte Schulwissen in einer multi-disziplinären Gruppe für mehrere Fächer modelliert (Abb. 1) (Wohlecke, Massolt, Glowinski et al. In Vorbereitung).

<sup>1</sup> Teilweise auch andere Bezeichnungen als *vertieftes Schulwissen*

<sup>2</sup> vom BMBF im Rahmen der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ gefördert



Abb. 1, Das vertiefte Schulwissen als Fachübergreifendes Konstrukt

Es beschreibt ein überblickartiges und konzeptartiges Wissen; es ist ein reflektiertes, auf schulische Kontexte bezogenes Fachwissen. Das vertiefte Schulwissen ist zum tieferen Verständnis schulrelevanter Inhalte notwendig und bereitet auf die fachliche Planung, Durchführung und Analyse von Physikunterricht vor.

Laut Heublein et al. (2010) kann eine Distanzierung von den Berufsfeldern (hier die von den Lehramtsstudierenden nicht wahrgenommen Relevanz der fachwissenschaftliche Inhalte) abbruchfördernd wirken. Das vertiefte Schulwissen kann die Brücke zwischen Fachwissen und fachdidaktischem Wissen schlagen und deshalb die wahrgenommen Relevanz steigern.

### Fragestellung

Im Teilprojekt der Physik werden reguläre Übungszettel und Klausuren von fachwissenschaftlichen Veranstaltungen so geändert, dass einige Aufgaben auf dem vertieften Schulwissen basieren. Die Übungszettel werden von Lehramtsstudierenden als auch von Monofachphysiker in wöchentliche Übungsgruppen bearbeitet. Weil die neue Aufgaben andere Aufgaben ersetzen und sie für alle Studierenden wichtig zur Vorbereitung auf der Klausur sind, muss das Niveau der Übungszettel erhalten bleiben.

Die folgenden Forschungsfragen ergeben sich hieraus:

- FF1a: Inwiefern beurteilen Experten Aufgaben aus dem Bereich des vertieften Schulwissens als Aufgaben, die auf die fachliche Planung, Durchführung und Analyse von Physikunterricht vorbereiten?
- FF1b: Inwiefern akzeptieren Hochschuldozenten Aufgaben aus dem Bereich des vertieften Schulwissens als Aufgaben, die für alle Studierenden (Lehramt- und Mono-Physik) wichtig sind zur Vernetzung des Fachwissens?
- FF2: Inwiefern erhöhen Aufgaben aus dem Bereich des vertieften Schulwissens die Motivation der Lehramtsstudierenden beim fachlichen Lernen?

Durch die explizite Verbindung zur Schule wird erwartet, dass die neuen Aufgaben einen positiven Einfluss auf die Motivation von Lehramtsstudierenden haben. Die Erwartung ist auch, dass Hochschuldozenten die Aufgaben akzeptieren als Aufgaben die wichtig sind für alle Studierenden.

### Design

Die 13 wöchentlichen Übungszettel zu den Fächern Experimentalphysik 1 und 2 (N= ca. 100 Studierenden, wovon N= ca. 50 Lehramtsstudierenden) werden so geändert, dass zwei Aufgaben zu den Übungszetteln neu konstruiert werden. Eine Aufgabe kommt hierbei aus dem vertieften Schulwissen und bei einer Aufgabe geht es um das Kreieren des richtigen Lösungsansatzes, ohne Bezug zum vertieften Schulwissen (siehe zwei Beispiele unten). Beide neue Aufgaben werden gleichwertig zu den übrigen Aufgaben in den Übungsgruppen bearbeitet und besprochen. Am Anfang jeder Übungsgruppe werden die Studierenden über einen Fragebogen nach der Rangfolge der Aufgaben bezüglich die Motivation befragt, gemessen über u.a. Interesse, wahrgenommenen Relevanz und Herausforderung.

**Beispielaufgaben***Aufgabe zum vertieften Schulwissen:*

Das Gravitationsgesetz ist Falsch! (Nach: Redish 2003)

Eine kluge Schülerin hat Newtons Gravitationsgesetz studiert. Sie kam zu einer interessanten Aussage: „Ich kann beweisen dass Newtons Gravitationsgesetz falsch ist! Die Sonne ist 320 000 mal so schwer wie die Erde, aber nur 400 mal so weit von der Erde entfernt wie der Mond. Deshalb muss die Gravitationskraft von der Sonne auf den Mond zweimal so groß sein wie die Gravitationskraft von der Erde auf den Mond und der Mond muss deshalb um die Sonne drehen und nicht um die Erde! Weil das nicht der Fall ist, muss Newtons Gravitationsgesetz falsch sein!“

Erklären Sie was mit dieser Argumentation nicht stimmt.

*Klassische, neue Aufgabe:*

Take us into orbit! (Nach: Moore 2003)

Sie sind der Kommandant eines Raumschiffes. Derzeit haben Sie eine Standard-Umlaufbahn um einen M-Klasse Planeten mit Masse  $m = 4,4 \times 10^{24}$  kg und Radius  $r_M = 6100$  km. Die derzeitige kreisförmige Umlaufbahn hat einen Radius  $R = 50\,000$  km. Ihr Exo-Biologe will gerne näher an den Planeten kommen, um nach Leben zu suchen. Er hätte gerne einen Radius von  $10\,000$  km, also  $R/5$ . Ihr planetarer Geologe will in der heutigen Umlaufbahn bleiben. Er möchte gerne die ganze Oberfläche des Planeten auf einmal scannen.

Weil Sie die Streiterei satt haben, versuchen Sie das Raumschiff in eine elliptische Umlaufbahn mit einem minimalen Abstand zu dem Planeten von  $R/5$  und einem maximalen Abstand von  $R$  zu bringen. Natürlich sind Ihre Bordcomputer kaputt. Sie müssen also manuell berechnen, wie Sie in diese neue Umlaufbahn kommen. Ihre Antriebssysteme können das Schiff mit einer Beschleunigung von  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  beschleunigen.

- a) Erklären Sie in welche Richtung (vorwärts- oder rückwärtsgerichtet?) Sie Ihre Motoren wirken lassen müssen, um in diese Umlaufbahn zu kommen.
- b) Berechnen Sie wie lange Sie die Motoren laufen lassen müssen.

**Literatur**

- AG Studienqualität. (2011). Allgemeiner Bericht Onlinebefragung Professionsorientierung / Berufsqualifizierung im Lehramtsstudium an der Universität Potsdam. [https://pep.uni-potsdam.de/media/reports/up\\_zfl\\_umfrage-professionsorientierung-lehramt\\_2011.pdf](https://pep.uni-potsdam.de/media/reports/up_zfl_umfrage-professionsorientierung-lehramt_2011.pdf). Zugegriffen: 1. September 2016
- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389–407.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- 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, 8, 32–101.
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2014). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. *Forum Hochschule*. Hannover.
- Hill, H. C., Schilling, S. G., & Ball, D. L. (2004). Developing Measures of Teachers' Mathematics Knowledge for Teaching. *The Elementary School Journal*, 105(1), 11–30.
- Jüttner, M., Boone, W., Park, S., & Neuhaus, B. J. (2013). Development and use of a test instrument to measure biology teachers' content knowledge (CK) and pedagogical content knowledge (PCK). *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 25(1), 45–67.
- Kirschner, S. (2013). Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften. Logos Verlag, Berlin.
- Klemm, K. (2015). Lehrerinnen und Lehrer der MINT-Fächer : Zur Bedarfs- und Angebotsentwicklung in den allgemein bildenden Schulen der Sekundarstufen I und II am Beispiel Nordrhein-Westfalens. Gutachten im Auftrag der Deutsche Telekom Stiftung [www.telekom-stiftung.de/Klemm-studie](http://www.telekom-stiftung.de/Klemm-studie).
- Loch, C. (2015). Komponenten des mathematischen Fachwissens von Lehramtsstudierenden. Dr. Hut, München.
- Moore, T. A. (2003). Six ideas that shaped physics. Unit N. The laws of physics are universal (2nd Aufl.). New York: McGraw-Hill.
- Nienhaus, G. U. (2010). Fast 10 000 Neueinschreibungen. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2010. *Physik Journal*, 9(8/9), 26–29.
- Redish, E. F. (2003). Teaching physics with the physics suite. John Wiley & Sons, Inc.
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Logos Verlag, Berlin.
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gramzow, Y., et al. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. *Zeitschrift für Pädagogik*, Beiheft 61, 55–79.
- Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Woehlecke, S., Massolt, J., Goral, J., Hassan-Yavuz, S., Seider, J., Apelojg, B., Borowski, A., Fenn, M., Kortenkamp, U., Glowinski, I., (In Vorbereitung). Das vertiefte Schulwissen als fachübergreifendes Konstrukt und die Anwendung in der universitären Lehramtsausbildung.
- Woitkowski, D., Riese, J., & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 289–314.

### Entwicklung von fachdidaktischem Wissen Physik-Lehramtsstudierender

Anhand des Münchner Mechanikkurses (Wiesner, Wilhelm, Rachel, Waltner, Tobias & Hopf, 2011) erarbeiten sich Physik-Lehramtsstudierenden im Praktikum für Schulversuche an der Universität Wien einen Unterrichtsgang zur Einführung in die Mechanik (siehe Abbildung 1). Dabei bearbeiten Studierende in vier 90-minütigen Einheiten den Lehrgang selbstständig mittels Leitfragen, Experimentierphasen und Protokollen.

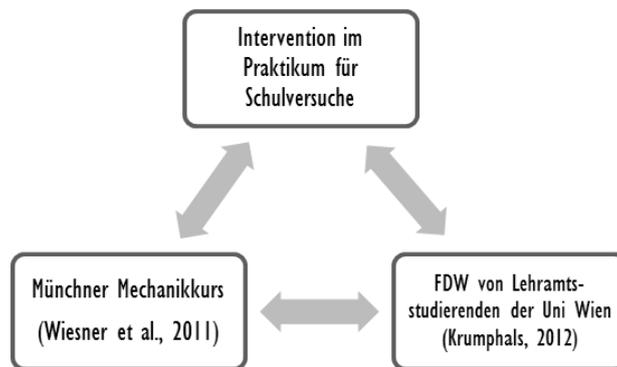


Abb. 1: Modell der Didaktischen Rekonstruktion für die Intervention im Praktikum für Schulversuche (entwickelt nach ERTE (Van Dijk, 2007))

In einer begleitenden Interviewstudie in drei aufeinanderfolgenden Semestern (Wolny & Hopf, 2015), wird die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens im Bereich „Wissen über Instruktionsstrategien und Planung von Lernprozessen“ sowie „Wissen über den Einsatz von Experimenten“ untersucht.

Die Entwicklung einzelner Studierender wird aus Interviews vor und nach den 4 Praktikumseinheiten mittels qualitativer Inhaltsanalyse und einem teils deduktiven, teils induktiven Kategoriensystem herausgearbeitet. Im Sinne eines Forschungs- und Entwicklungsprojektes (DBR Collective, 2013) wird dieser Evaluationsschritt verwendet, um den nächsten Designzyklus für die Intervention im Praktikum für Schulversuche zu definieren.

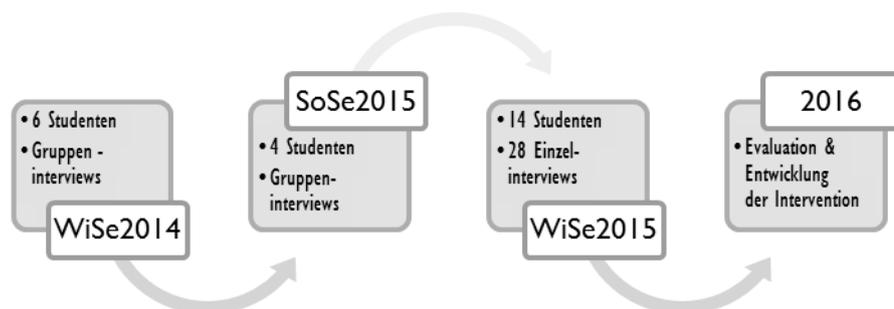


Abb. 2: Überblick über das Forschungs- und Entwicklungsprojekt im Praktikum

### **Entwicklungsschritt**

Die Ergebnisse zu den Vorstellungen der Studierenden (WiSe2014 und SoSe2015, siehe Abbildung 2) zeigen, dass der Einsatz des Schülerheftes zum Lehrgang (Hopf, Wilhelm, Waltner, Tobias & Wiesner, 2011) als akzeptable Hilfestellung für praktische Unterrichtsbeispiele angesehen wird. Es bildet den roten Faden zur fachdidaktischen Erarbeitung dieses Themas im Praktikum für Schulversuche. Zusammen mit fachdidaktischen Leitfragen (siehe unten), die begleitend beantwortet werden, arbeiten Studierende nun in 4er Teams an der Einbindung von Experimenten in den vorgegebenen Lehrgang „Münchner Mechanikkurs“. Es wird vermutet, dass durch diese Intervention Studierende sowohl ihr konzeptuelles mechanisches Wissen als auch ihr fachdidaktisches Wissen erweitern können. Mit der Einführung der vorzubereitenden Fragestellungen wird ein vertieftes Reflektieren der Materialien angestrebt. Die Erhöhung der Gruppengröße von 2 auf 4 Studierende ermöglicht ein aktives Diskutieren und kooperatives Arbeiten im Praktikum. Mit diesen beiden Veränderungen: Gruppenarbeit und zusätzliche fachdidaktische Fragestellungen, wird ein erhöhter Grad der Beschäftigung mit dem Thema bezweckt.

### **Fachdidaktische Leitfragen zur Vorbereitung der jeweiligen Praktikumseinheiten**

- Mechanik 1: Erste Aufgabe ist es, die Seiten 1-20 im Schülerheft zur Einführung in die Mechanik durcharbeiten, die Aufgaben zu lösen und sich sechs gezielte experimentelle Lernumgebungen einfallen zu lassen, die zu diesem Unterrichts-Konzept passen!
- Mechanik 2: Welche Grundideen können Sie in diesem Unterrichtskonzept Einführung in die Mechanik feststellen? Welche Begriffe werden eingeführt, welche ausgelassen? Wie und warum werden diese Begriffe eingeführt? Wie geht das Unterrichtskonzept mit bekannten Schülervorstellungen aus der Mechanik um?
- Mechanik 3: Welche Einteilung von Schülervorstellungen in der Mechanik wird getroffen? Welche Experimente (drei auswählen bitte), die Sie bereits durchgeführt haben, adressieren welche Schülervorstellungen? Wieso kann ein Schüler/eine Schülerin mit der von Ihnen vorbereiteten Lernumgebung (siehe die oben ausgewählten) besser Mechanik lernen?
- Mechanik 4: Wie adressieren die von Ihnen gewählten Lernumgebungen (für Mechanik 4) folgende drei Schülervorstellungen:
  - o 1) „Die Kräfte (Actio-Reactio-Paar) greifen an einem Körper an!“
  - o 2) „Der Körper mit der größeren Masse impliziert die größere Kraft!“
  - o 3) „Der „aktivste“ Körper produziert die größte Kraft!“
 Beschreiben Sie dies mit drei begründeten Beispielen (je eines pro Vorstellung)!

### **Untersuchungsdesign**

Um die Auffassung der Studierenden hinsichtlich Lernprozessen von Jugendlichen zu erfassen, wird in der Hauptstudie (WiSe2015, siehe Abbildung 2) weiter mit leitfadengestützten Interviews evaluiert. Vor und nach dem Praktikum für Schulversuche erzählen Studierende über ihre Erfahrungen zur Einführung von Mechanik im Physikunterricht. Mittels Tafelbildimpulsen reflektieren Studierende über Einführungsmöglichkeiten des Geschwindigkeitsbegriffs in der Sekundarstufe I. Diese Interviews werden transkribiert und mit Hilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) analysiert. Hierbei dienen die induktiv entwickelten Codes der Vorstudie und die Codes von Krumpal (i.V.) als Grundlage zur Auswertung der Daten. Die Beschreibung der einzelnen Fälle, sowie eine zusammenfassend beschreibende Analyse des Entwicklungsstandes von Teilaspekten fachdidaktischen Wissens ist angestrebt.

**Erste Ergebnisse**

Die begleitende Beobachtung im Praktikum ergab ein erhöhtes Maß an Interaktionen der Studierenden untereinander, womit die Annahme einer intensiveren Auseinandersetzung mit dem Themenbereich bestätigt werden konnte. Während das konzeptuelle Fachwissen im Bereich Mechanik nur geringfügig steigt (FCI Prä/Post-Test der Untersuchungsgruppe (Schecker & Gerdes, 1999)), entwickeln Physik-Lehramtsstudierende wichtige Aspekte von fachdidaktischem Wissen. Instruktionsstrategien und die Planung von Lernprozessen werden von den Studierenden teilweise reflektiert. Die Interviews zeigen, dass Studierende eher einen Mix aus ihren Vorstellungen vor dem Praktikum und den kennengelernten Ideen des Mechaniklehrgangs bilden, als das Mechanikkonzept zur Anwendung zu bringen. Die Beschreibung von Bewegungen wird deutlich detaillierter formuliert und die Beachtung von Ortspunkten und Zeitpunkten als wichtig erkannt. Der Geschwindigkeitsbegriff wird verbal und konzeptionell in seine zwei Aspekte aufgespalten, was sich aus den Formulierungen der Studierenden zu Tempo und Richtung feststellen lässt. Studierende lassen sich auf eine Diskussion der Schülervorstellungen zu mechanischen Problemen ein und versuchen mehr mit empirisch fundierten Ergebnissen zu argumentieren, als mit ihrer eigenen Erfahrung aus der eigenen Schulzeit. Das Einbinden von alltäglichen Beispielen zu den gewählten Experimenten wird öfter genannt.

**Ausblick**

Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Fälle (14 Studierende) ist Hauptteil der entstehenden Dissertation. Die Triangulation der Interviewdaten mit den schriftlichen Antworten der Studierenden zu den fachdidaktischen Vorbereitungsfragen ist geplant. Eine Auswertung der Protokolle zu den 4 Mechanikeinheiten bedingt eine konkrete Auswahl derjenigen Bereiche, die tatsächlich „Instruktionsstrategie und Planung von Lernprozessen“ (Vgl. Vogelsang, 2013) abbilden können und ist auch vorgesehen. Im Wintersemester 2016 läuft das Praktikum unter Einbindung der 4 Mechanikeinheiten mit neuen BetreuerInnen und wird so einem weiteren Praxistest unterzogen. Eine umfassende Auswertung der fachdidaktischen Wissensentwicklung wird für Wintersemester 2017 erwartet.

**Literatur**

- Hopf, M., Wilhelm, T., Waltner, C., Tobias, V. & Wiesner, H (2011). Einführung in die Mechanik. München, Würzburg, Wien. Self published in large numbers, 4. Edition
- Krumphals, I. (i.V.), Vorstellungen von Physiklehrantsstudierenden zu Physikunterricht und Studium. Dissertation Universität Wien
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11. Auflage. Weinheim: Beltz
- Schecker, H., & Gerdes, J. (1999). Messung von Konzeptualisierungsfähigkeit in der Mechanik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 5(1), 75-89.
- The Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. Educational Researcher, 5-8.
- Vogelsang, C., & Reinhold, P. (2013). Zur Handlungsvalidität von Tests zum professionellen Wissen von Lehrkräften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 129-157.
- Van Dijk, E. M., & 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.
- Wiesner, H., Wilhelm, T., Rachel, A., Waltner, C., Tobias, V., & Hopf, M. (2011). Mechanik I: Kraft und Geschwindigkeitsänderung. Reihe Unterricht Physik, Band 5, Aulis-Verlag
- Wolny, B., & Hopf, M. (2015) Einsatz des Münchner Mechanik-Konzeptes in der Lehramtsausbildung. In: Maurer, C.(Hg.): Authentizität und Lernen-das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Berlin 2015. Regensburg (2016) S. 113–115.

André Dorn<sup>1</sup>  
Martin Gröger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Siegen

## **Bildung für nachhaltige Entwicklung im Sachunterricht - Erste Ergebnisse einer Begleituntersuchung zu einem Vertiefungsmodul über BNE im Sachunterrichtsstudium**

### **Einleitung**

In der Lehramtsausbildung nehmen Studienangebote zur Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) insgesamt noch eher eine marginale Rolle ein, obwohl der Lehrer/-innenbildung eine entscheidende Rolle bei der Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung zugeschrieben wird (Hellberg-Rode & Schrüfer 2016). Diese Angebote beruhen auf dem Engagement einzelner Akteure oder Institutionen (Adomßent & Henze 2006) und wissenschaftliche Untersuchungen dazu bleiben ebenso ein Desiderat sachunterrichtsdidaktischer Forschung.

An der Universität Siegen besteht für Sachunterrichtsstudierende im Bachelorstudium die Möglichkeit, im Lernbereich Sachunterricht ein viersemestriges Vertiefungsmodul zu besuchen, in dem schwerpunktmäßig Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung und einer Bildung für nachhaltige Entwicklung thematisiert werden.

### **Fragestellungen**

In einer Begleituntersuchung zum Modul werden die berufsbezogenen Einstellungskomponenten und Erwartungen der angehenden Sachunterrichtslehrerinnen und -lehrer in Bezug auf eine Bildung für nachhaltige Entwicklung in den Blick genommen, da Einstellungen von Lehrkräften, die im Zuge von Professionalisierung innovative Ansätze entwickeln, eine wesentliche Rolle bei der Implementation in Schulen zugesprochen werden (Schneider & Bolte, 2013).

Folgenden Forschungsfragen werden hierbei näher untersucht:

- Welche berufsbezogenen Einstellungen zeigen Sachunterrichtsstudierende zu Beginn des „Vertieften Studiums“ gegenüber BNE?
- Wie verändern sich diese berufsbezogenen Einstellungen im Verlauf des Studiums?
- Zeichnen sich charakteristische Profile innerhalb der Studierendengruppen ab?

### **Methodisches Vorgehen**

Zur Erhebung und Nachbildung der berufsbezogenen Einstellungsveränderungen der Sachunterrichtsstudierenden verwenden wir das Stages-of-Concern-Modell (Hall & Hord, 2011) (SoC) mit einem modifizierten deutschsprachigen Fragebogen (Pant et al., 2008).

Mit Hilfe dieses Ansatzes möchten wir herausfinden, wie einzelne angehende Lehrkräfte mit dem neuen Leitbild BNE umgehen und welche Betroffenheit (Concerns) durch die Beschäftigung mit BNE evoziert werden. Die Begleitstudie ist in einem Interventions- und Kontrollgruppendedesign angelegt. Die Studierenden der Kontrollgruppe besuchten eine andere Vertiefung, z. B. im Lernbereich Religion oder mathematische Grundbildung. Die Studierenden wurden im Vertiefungsstudium Sachunterricht zu zwei Testzeitpunkten im Pre-Post-Design mit den SoC-Fragen (z. B. Kooperationsbereitschaft: „Ich bin gerne bereit, andere in BNE zu unterstützen“) konfrontiert. Als Kontrollgruppe dienten alle Sachunterrichtsstudierenden der gleichen Semester, die nicht das Vertiefte Studium im Sachunterricht gewählt hatten. Die Studie wurde bisher mit zwei Kohorten durchgeführt.

Auf Basis aller teilnehmenden Studierenden (N = 96) ergab die Reliabilitätsanalyse für die einzelnen SoC-Skalen Werte (Cronbachs Alpha), die sich mit internationalen Studien vergleichen lassen.

### Erste Ergebnisse

Die Analysen der Vertiefer-Gruppe und der Nicht-Vertiefer-Gruppe zeigen, dass sich die Ergebnisse und die Stages-of-Concern-Profile zu Beginn nicht unterscheiden (Abb.1). Nach Abschluss des Vertieften Studiums weisen die Ergebnisse klar aus, dass die berufsbezogenen Einstellungen der "Vertiefer" positiv das Leitbild BNE beeinflussen, wohingegen bei der Kontrollgruppe keine signifikanten Unterschiede zu beobachten waren.

Die weitere Analyse der SoC-Profile ergibt, dass die grafische Darstellung der Ergebnisse die Vertiefer-Gruppe einem wünschenswerten „M-Profil“ ähnelt. Dieses Profil wird in anderen Studien bereits als "Kooperierer" beschrieben (Fiedlander et al., 2004). Ebenso ähneln die Ergebnisse der Kontrollgruppe einem Profil, welches als „Nicht-Anwender“ gekennzeichnet wird (Abb. 2).

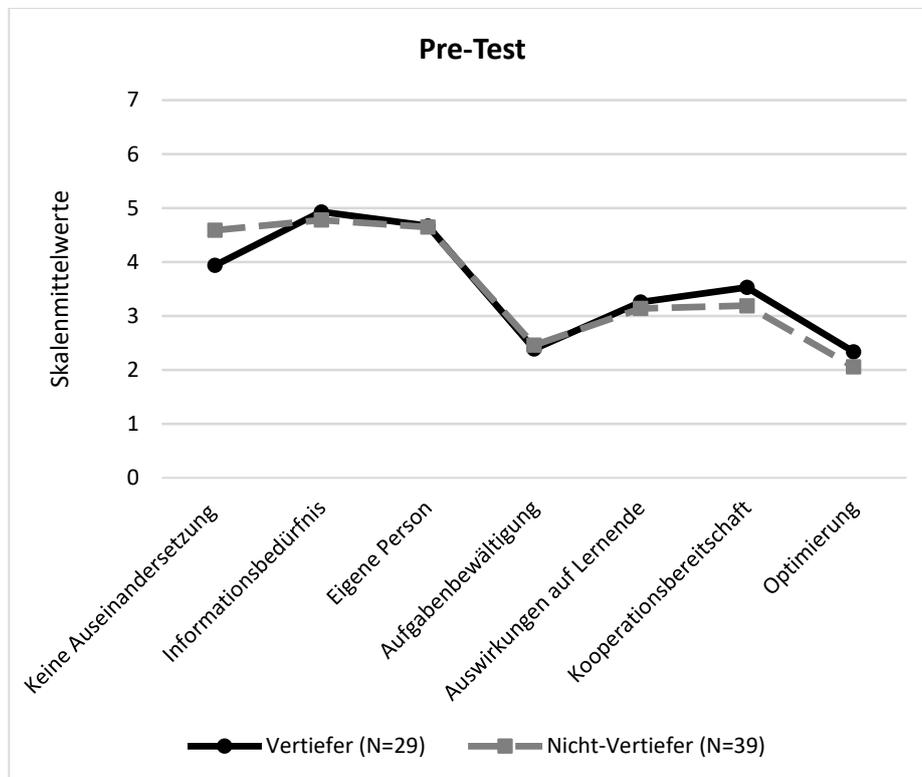


Abbildung 1: Skalenmittelwerte und SoC-Profile beider Gruppen vor dem Vertiefungsmodul

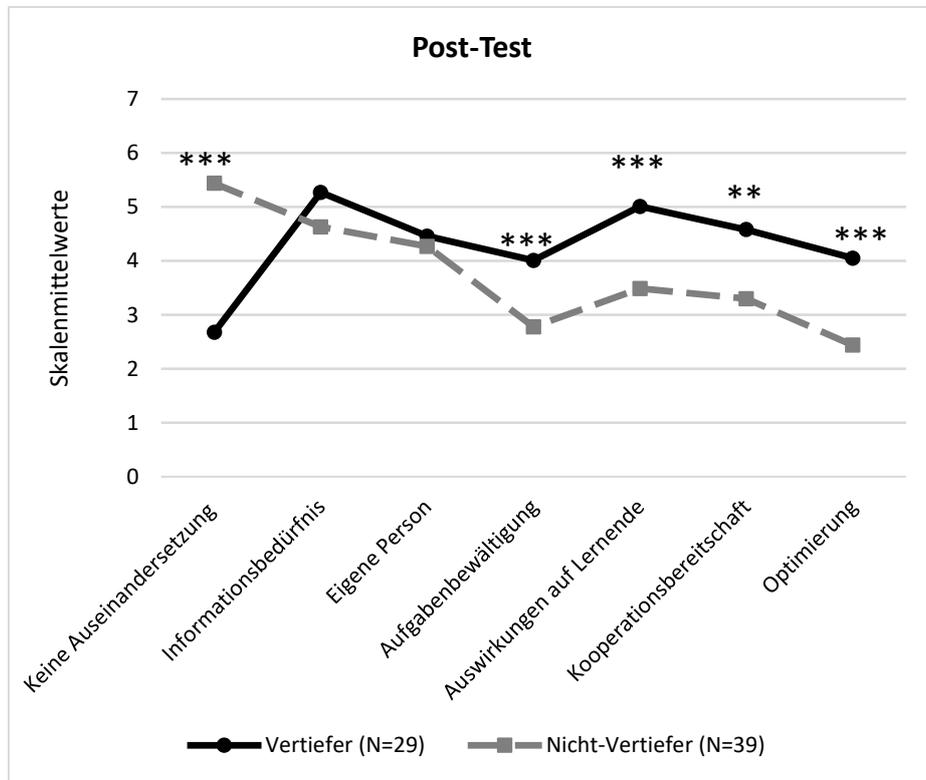


Abb. 2: Skalenmittelwerte und SoC-Profile beider Gruppen nach dem Vertiefungsmodul

### Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich für die beiden Gruppen festhalten, dass es mit dem beschriebenen Vertiefungsmodul offenbar gelungen ist, die berufsbezogenen Einstellungen der angehenden Sachunterrichtslehrerinnen und -lehrer gegenüber einer Bildung für nachhaltige Entwicklung positiv zu beeinflussen. Das Modul bietet damit Anregungen, wie Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Struktur des Bildungssystems verankert und wie es mit Sachunterricht verknüpft werden kann.

Wird das Durchschnittsprofil der Vertiefer im Sachunterricht in den Blick genommen, so kann angenommen werden, dass die Studierenden viel offener und informierter mit der Bildung für nachhaltige Entwicklung umgehen werden. Bei ihnen besteht - im Gegensatz zu ihren Kommilitonen - ein grundlegender Wunsch nach gemeinsamer Umsetzung und kooperativem Austausch mit BNE. Diese Bereitschaft ist ein entscheidender Faktor, wenn es darum geht, BNE in der Schule zu implementieren.

Das Profil der Studierenden der Nicht-Vertiefer-Gruppe zeigt klassisch ein Ergebnis, welches als „Nicht-Anwender“ beschrieben wird. Dies ist nachvollziehbar, wenn Teilnehmer/-innen sich nicht mit einer Innovation auseinandergesetzt haben und diese unter den bisherigen Voraussetzungen nicht anwenden werden. Daran wird deutlich: Wenn der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung und den Lehrerinnen und Lehrern ein Schlüsselrolle bei der Umsetzung zukommen soll, dann darf dieses Konzept nicht nur in der primären Lehrerbildungsphase eine Rolle spielen, sondern muss die anderen Bereiche der Lehrerbildung mit einschließen.

**Literatur**

- Adom̄bent, Maik; Henze, Christa (2006): Ein optimales Zeitfenster für den Fortschritt? In: *Ökologisch Wirtschaften* 21 (3), S. 18–19.
- Ajzen, Icek (2005): *Attitudes, personality, and behavior*. 2nd ed. Maidenhead, Berkshire, England, New York: Open University Press (Mapping social psychology).
- Bitan-Friedlander, N., Dreyfus, A., Milgrom, Z. (2004): Types of “teachers in training”: the reactions of primary school science teachers when confronted with the task of implementing an innovation. *Teaching and Teacher Education*, 20(6), S. 607-619
- George, Archie A.; Hall, Gene E.; Stiegelbauer, Suzanne M. (2006): *Measuring implementation in schools. The stages of concern questionnaire*. Austin, TX: Southwest Educational Development Laboratory.
- Hall, Gene E.; Hord, Shirley M. (2011): *Implementing change. Patterns, principles, and potholes*. 3rd ed. Boston: Pearson.
- Hellberg-Rode, G., Schrüfer, G. (2016): Welche spezifischen professionellen Handlungskompetenzen benötigen Lehrkräfte für die Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)? In: *Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für die Didaktik der Biologie*, 20/2016, S. 1-29
- Mummendey, H.D. (1988): *Verhalten und Einstellung – Untersuchung der Einstellungs- und Selbstkonzeptänderung nach Änderung des alltäglichen Verhaltens*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York
- Pant, Hans Anand; Vock, Miriam; Pöhlmann, Claudia; Köller, Olaf (2008): Offenheit für Innovationen. Befunde aus einer Studie zur Rezeption der Bildungsstandards bei Lehrkräften und Zusammenhänge mit Schülerleistungen. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 54 (6), S. 827–845.
- Schneider, V. & Bolte, C. (2013). Stages of Concern angehender Chemielehrer/-innen hinsichtlich IBSE . In: S. Bernholt (Hrsg.): *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen*. Gesellschaft für die Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2012, Kiel: IPN-Verlag, S. 197-199
- 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 die Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN-Verlag, S. 426-428

Barbara Steffentorweihen<sup>1</sup>  
 Rebecca Duscha<sup>1</sup>  
 Friederike Kaiser<sup>1</sup>  
 Christine Florian<sup>1</sup>  
 Stefan Rumann<sup>1</sup>  
 Angela Sandmann<sup>1</sup>  
 Philipp Schmiemann<sup>1</sup>  
 Heike Theyßen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen

### ***PraxisLab*: Lehr-Lern-Labore in der naturwissenschaftlichen Lehrerausbildung**

#### **Hintergrund und Ausgangslage**

Vor dem Hintergrund einer erfolgreichen Professionsentwicklung in der Lehrerausbildung wird eine stärkere Vernetzung von Theorie- und Praxis-Anteilen im Lehramtsstudium sowie eine kohärentere Verzahnung der verschiedenen Phasen der Lehrerausbildung gefordert (vgl. Bennack & Jürgens, 2002; Blömeke, Müller & Felbrich, 2006; Kolbe, F.-U. & Combe, A., 2008).

Insbesondere die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens nimmt in diesem Kontext einen hohen Stellenwert ein (z.B. Magnusson, Krajcik & Borko, 1999; Baumert & Kunter 2006; Kleickmann et al., 2013; Koehler & Mishra, 2014). Während an Universitäten maßgeblich theoriebasiertes und konzeptuell-analytisches Professionswissen vermittelt wird (vgl. Kunina-Habenicht et al., 2012; Terhart et al., 2012), wird anwendungsbezogenes bzw. prozedural-konditionales Wissen und der Theorie-Praxis-Transfer immer noch unzureichend in den Blick genommen (vgl. König et al., 2014; Racherbäumer & Liegmann, 2012).

Zur Aneignung einer theoretisch fundierten sowie methodisch begründeten Unterrichtspraxis ist es jedoch entscheidend, dass Lehramtsstudierende - auf der Basis von wissenschaftlichen Erkenntnissen - zur Planung, Gestaltung und Begleitung sowie zur Reflexion von Lehr-Lern-Prozesse befähigt werden (Weber & Achtenhagen, 2009; KMK, 2014).

#### **Ziele und Konzept**

Um eine stärkere Integration von Theorie und Praxis während der universitären Lehrerausbildung zu ermöglichen, wird im Projekt *ProViel* im Teilprojekt *PraxisLab* an der Universität Duisburg-Essen (UDE) der Aufbau von drei Lehr-Lern-Laboren in den Fächern Biologie, Chemie und Physik und die Einbindung in die Lehrerausbildung verfolgt.

In den *PraxisLabs* können die SchülerInnen mit ihren Lehrkräften und mit Unterstützung durch Studierende und FachdidaktikerInnen innovative naturwissenschaftliche Experimente an der Universität durchführen. Die Lehramtsstudierenden profitieren dabei durch die unmittelbare Erprobung ihrer innerhalb der universitären fachdidaktischen Ausbildung geplanten Lehr-Lern-Settings. (Abb. 1).

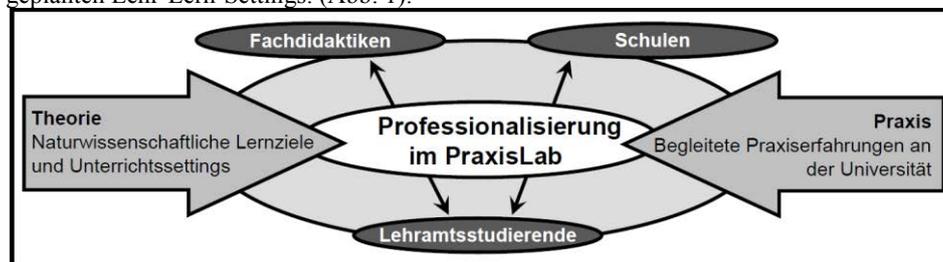


Abb. 1: Professionalisierung im PraxisLab

Die *PraxisLabs* werden zunächst in das außerschulische Berufsfeldpraktikum der drei Fächer eingebunden. Das Angebot richtet sich an Bachelorstudierende im fünften Fachsemester. Im weiteren Verlauf wird das Angebot für Masterstudierende innerhalb des Praxissemesters ausgeweitet. Langfristig wird die Konzeption unter Einbeziehung von ReferendarInnen erweitert. Diese sollen die Möglichkeit erhalten, zusammen mit erfahrenen Lehrenden und Studierenden eigene Unterrichtskonzepte zu erproben.

Ziel der *PraxisLabs* im Rahmen der naturwissenschaftlichen Lehrerbildung an der UDE ist die Förderung der Professionsentwicklung von Studierenden mit Fokus auf ausgewählte fachdidaktische Fähigkeiten. Zunächst stehen die Fähigkeiten zur Diagnose und individuellen Förderung (vgl. Black & Wiliam, 1998; Maier, 2010) sowie die Reflexionsfähigkeiten von Studierenden im Vordergrund (vgl. Racherbäumer & Liegmann, 2012; Wyss, 2008). Des Weiteren werden Qualitätsmerkmale (u.a. bezogen auf Ausstattung und Lehrkonzepte) identifiziert, die die *PraxisLabs* innerhalb der naturwissenschaftlichen Lehrerbildung für den fachdidaktischen Lernzuwachs von Studierenden haben sollten.

Für die Umsetzung der Lehrangebote werden innerhalb der Fächer Lehr-Lern-Konzeptionen entwickelt. Diese sollen den Studierenden in einzelnen Bereichen der Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht im Rahmen von Microteaching-Zyklen (vgl. Klinzing, 2002; Stift, 2009) universitär begleitete Praxiserfahrungen mit SchülerInnen ermöglichen (Abb. 2).

Die Studierenden erhalten in den *PraxisLabs* die Möglichkeit, kleine Unterrichtssequenzen sowie selbst entwickelte Unterrichtsmaterialien mit SchülerInnen zu erproben. In diesem Zusammenhang sollen die Studierenden ihr eigenes lehr-lernbezogenes Handeln in einer geschützten Umgebung reflektieren und theoriebasiert weiterentwickeln.

Im Fokus stehen dabei die Diagnose von und der Umgang mit fachspezifischen Lernschwierigkeiten. Die Entwicklung der fachdidaktischen Fähigkeiten der Studierenden wird untersucht. Insbesondere wird der Fragestellung nachgegangen, wie sich einzelne Fähigkeiten von Studierenden, die Diagnose und Förderung sowie Reflexion betreffen, über mehrere Microteaching-Zyklen entwickeln.

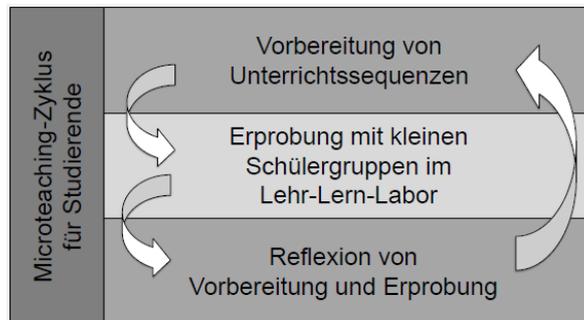


Abb. 2: Microteaching-Zyklus für Studierende

Der fachdidaktische Wissenszuwachs wird u.a. durch Videoanalysen von Erprobungs- und Reflexionsphasen, Portfolios, Reflexionsbögen sowie Interviews zu Erprobungs- und Reflexionsphasen erhoben und analysiert.

**Fachspezifische Forschungs- und Angebotsschwerpunkte**

In den drei Fächern werden einzelne fachspezifische Forschungs- und Angebotschwerpunkte im Rahmen der jeweiligen *PraxisLabs* sowohl auf der Ebene der SchülerInnen als auch auf der Ebene der Studierenden weiter verfolgt.

*Biologie*

Die Biologie nimmt die Entwicklung der professionellen Handlungskompetenz der Studierenden in den Blick. Dabei steht i. S. des Formativen Assessments v. a. die adaptive Gestaltung von Lernprozessen im Fokus (Bell & Cowie, 2001). Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Umgang mit Schülerfehlern beim Experimentieren als Teil der naturwiss. Erkenntnisgewinnung. Inhaltlich bezieht sich die Lernumgebung auf die Anpasstheit von Tieren an ihre Lebensräume.

*Chemie*

In der Chemie werden auf der Ebene der Studierenden die Analyse von und der Umgang mit Schülervorstellungen in ausgewählten Bereichen des Fachwissens fokussiert. Auf der Ebene der SchülerInnen werden experimentelle Lernumgebungen entwickelt, deren Schwerpunkte auf ausgewählten Schülervorstellungen, insbesondere aus dem Bereich der Kontinuums- und Diskontinuumsvorstellungen, liegen (vgl. Johnstone, 1991; Barke, 2006).

*Physik*

In der Physik liegt der Forschungsschwerpunkt auf der Diagnostik fachinhaltlicher Lernschwierigkeiten der SchülerInnen durch die Studierenden sowie auf deren Umgang mit diesen Lernschwierigkeiten. Die zu unterrichtenden Sequenzen sind experimentbasiert und auf bekannte Lernschwierigkeiten in der Optik (z.B. nach Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2015) sowie in der Elektrizitätslehre (z.B. nach Koller, Waltner & Wiesner, 2008, 6-18) abgestimmt.

**Erwarteter Ertrag**

Innerhalb der *PraxisLabs* entstehen zum einen evaluierte Lehr-Lernmaterialien. Zum anderen entstehen institutionelle Strukturen, die verschiedene Akteure innerhalb der Lehrerbildung theorie- und praxisorientiert miteinander verbinden. Zur Qualitätssicherung und stetigen Weiterentwicklung der *PraxisLabs*-Angebote erfolgen prozessbegleitend fachspezifische und fächerübergreifende Evaluationen.

**Anmerkung**

Das Vorhaben *PraxisLab* ist Teil des Projekts *ProViel*, das im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Länder aus Mitteln des Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird.

**Literatur**

- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin: Springer-Verlag.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469-520.
- Bell, B. & Cowie, B. (2001). The characteristics of formative assessment in science education. *Science Education*, 85(5), 536-553.
- Bennack, J. & Jürgens, E. (2002). Schulpraktika in Lehramtsstudiengängen. In: Otto, H.-U., Rauschenbach, T. & Vogel, P. (Hrsg.), *Erziehungswissenschaft: Lehre und Studium*. Bd. 2, Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Black, P. & Wiliam, D. (1998). Inside the Black Box: Raising Standards Through Classroom Assessment. *Phi Delta Kappan*, 80 (2), 139-148.
- Blömeke, S., Müller, C., & Felbrich, A. (2006). Forschung – Theorie – Praxis. Einstellung von Lehramtsstudierenden und Referendaren zur Lehrerbildung. *Die Deutsche Schule*, 98(2), 178-189.
- Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (Hrsg.). (2015). *Neue Ideen für den Optikunterricht*. Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule, 64 (5).
- Johnstone, H. G. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning* (7), 75-83.
- Kleickmann et al. (2013). Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge: The Role of Structural Differences in Teacher Education. In: *Journal of Teacher Education* 64 (1), 90-106.
- Klinzing, Hans Gerhard (2002). Wie effektiv ist Microteaching? Ein Überblick über fünfunddreißig Jahre Forschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 48 (2), 194-214.
- KMK (2014). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i.d.F. vom 12.06.2014.
- Koehler, M.J. & Mishra, P. (2014). The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework. In: J.M. Spector et al. (eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. New York: Springer.
- Koller, D., Waltner, C., & Wiesner, H. (2008). Zur Einführung von Stromstärke und Spannung. *Praxis der Naturwissenschaften/Praxis in der Schule*, 57 (6), 6-18.
- König, J., Blömeke, S., Klein, P., Suhl, U., Busse, A., & Kaiser G. (2014). Is teachers' general pedagogical knowledge a premise for noticing and interpreting classroom situations? A video-based assessment approach. In: *Teaching and Teacher Education*, 38, 76-88.
- Kolbe, F.-U. & Combe, A. (2008). *Lehrerbildung*. In W. Helsper & J. Böhme (Hrsg.), *Handbuch der Schulforschung*, Wiesbaden: VS, Verlag für Sozialwissenschaften, 877-901.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Hrsg.): *Examining pedagogical content knowledge. The construct and its implications for science education*, 95 -132. Dordrecht: Kluwer Academic.
- Maier, U. (2010). Formative Assessment – Ein erfolgsversprechendes Konzept zur Reform von Unterricht und Leistungsmessung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 13 (2), 293-308.
- Racherbäumer, K. & Liegmann, A. (2012). Theorie-Praxis-Transfer: Anspruch und Wirklichkeit in Praxisphasen der Lehrerbildung. In: Hascher, T. & Neuweg, H.-G., *Forschung zur (Wirksamkeit der) LehrerInnenbildung*. Wien: LIT-Verlag.
- Stift, Daniela (2009). *Microteaching und Peerteaching in der Lehreraus- und -fortbildung. Aktuelle Forschungsbefunde im deutsch und englischsprachigen Raum*. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller.
- Weber, S. & Achtenhagen, F. (2009). Forschungs- und evidenzbasierte Lehrerbildung. In Zlatkin-Troitschanskaia, O., Beck, K., Sembill, D., Nickolaus, R. & Mulder, R. (Hrsg.), *Lehrerprofessionalität. Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messungen*. Weinheim: Beltz. 477-487.
- Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften*. Münster: Waxmann.

## Förderung des akademischen Verständnisses der Struktur der Materie

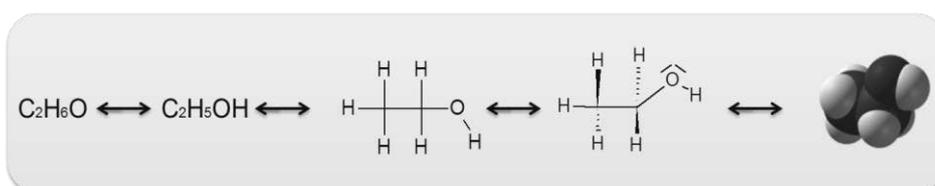
### Theoretischer Hintergrund

Bei der Vermittlung von fachwissenschaftlichen Inhalten in der Chemie spielen Abbildungen eine zentrale Rolle. Die Behandlung von Fachinhalten innerhalb der Naturwissenschaften ist ohne Abbildungen praktisch nicht realisierbar (Gilbert, 2007). Gerade im Bereich der Struktur der Materie, welcher sich mit den grundlegenden Eigenschaften, dem Aufbau und dem Ursprung von Stoffen und Verbindungen befasst (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008), wird eine Vielzahl verschiedener Darstellungsformen verwendet. Diese variieren je nach intendiertem Ziel.

Für die Lernenden ist es dabei wichtig, dass sie die dargebotene Darstellungsart erkennen und mit ihr umgehen können. So müssen sie dazu fähig sein, die Bedeutung hinter den jeweiligen Bildinhalten zu erfassen (Weidenmann, 1994) um enthaltene Informationen richtig zu entnehmen. Hierbei gilt jedoch zu beachten, dass Abbildungen zumeist auf vielfältige alternative Arten dargestellt werden können. So gibt es eine Vielzahl konkurrierender Darstellungsformen mit jeweils eigenen Bedeutungen und spezifischen Bildsprachen (Schnotz, 2010).

Grundsätzlich lassen sich Darstellungen, durch ihren Informationsgehalt, in dekorative und instruktionale Visualisierungen unterteilen (Niegemann, 2008). Dekorative Abbildungen erfüllen nur schmückende Funktionen und dienen nicht direkt dem Erwerb von Fachwissen. Instruktionale Abbildungen hingegen enthalten Fachinformationen und können als Lerngegenstand eingesetzt werden.

Instruktionale Abbildungen lassen sich, anhand ihres Abstraktionsgrades, weiter differenzieren. Hierbei kann unterschieden werden, zwischen ikonischen und symbolischen Darstellungen. Ikonische Visualisierungen weisen eine strukturelle Gemeinsamkeit zum Realobjekt auf. Sie sind abbildende Darstellungen des Referenzobjektes (Schnotz, 2005). Symbolische Visualisierungen hingegen weisen keinerlei Gemeinsamkeit mit dem Realobjekt auf. Sie sind beschreibende Abbildungen und präsentieren ihre Informationen in kondensierter und abstrakter Form (Schnotz, 2005).



*Abb. 1: Verschiedene Darstellungsformen des Ethanols. Von links nach rechts sinkt der symbolische Darstellungsanteil und der ikonische steigt an*

Zusätzlich zu den beiden erwähnten Extremausprägungen sind auch Mischformen möglich. Die Mischformen enthalten sowohl ikonische als auch symbolische Merkmale in unterschiedlich starker Ausprägung, wodurch vielfältige Hybridformen erdenklich sind.

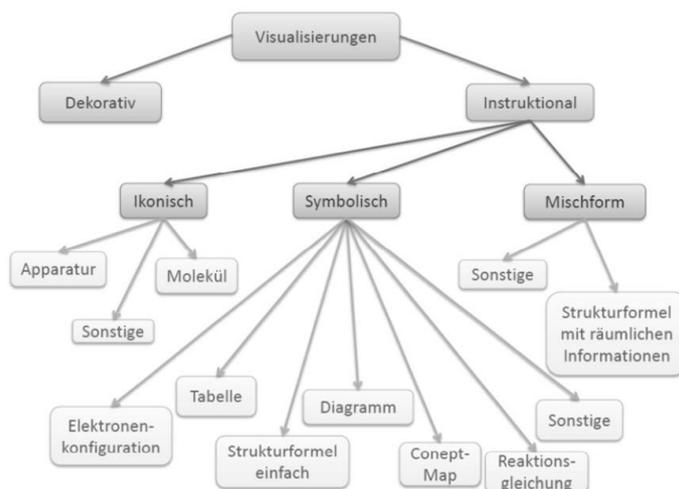


Abb. 2: Klassifikation verschiedener Visualisierungsformen  
(Darstellung nach Dickmann et al., 2015)

### Ausgangslage und Zielsetzung

Für das Erlernen chemischer Fachinhalte muss der Umgang mit einer Vielzahl verschiedener Abbildungsarten beherrscht werden. Eine der grundlegenden Herausforderungen zu Beginn des Chemiestudiums ist daher die Entwicklung eines konzeptuellen Verständnisses der Struktur der Materie wie es beispielsweise im Rahmen der VSEPR- oder LCAO-Theorie benötigt wird.

Um dieses konzeptuelle Verständnis gezielt zu verbessern, wird in diesem Projekt ein Trainingsprogramm zur Förderung des akademischen Verständnisses der Struktur der Materie entwickelt.

Hierbei untergliedert sich das Projekt in zwei aufeinander aufbauende Phasen: In der ersten Phase wird der Einfluss verschiedener Lernvoraussetzungen auf den Umgang mit Repräsentationsformen unterschiedlichen Abstraktionsgrades untersucht. Besonders fokussiert wird hierbei die mathematischen Fähigkeit und das räumliche Vorstellungsvermögen der Probanden betrachtet.

Auch soll untersucht werden, ob ein grundlegendes symbolisches Modellverständnis eine notwendige Voraussetzung für einen Wissenserwerb im ikonischen Bereich des konzeptuellen Verständnisses der Struktur der Materie darstellt. Oder ob sich die Kompetenz in beiden Teilbereichen unabhängig voneinander entwickelt.

Des Weiteren soll in einer qualitativen Blickbewegungsstudie erhoben werden, wie sich die genannten Lernvoraussetzungen in unterschiedlichen Blickbewegungspfaden und Fixationszeiten bei der Betrachtung von verschiedenen chemischen Abbildungsarten unterscheiden.

In der zweiten Projektphase wird ein adaptives Training zur Förderung des akademischen Verständnisses der Struktur der Materie mit Hinblick auf das konzeptuelle Modellverständnis im symbolischen und ikonischen Bereich entwickelt, erprobt und evaluiert. Dieses Training wird, auf Grundlage der Ergebnisse der ersten Phase erstellt.

### **Forschungsfragen und Hypothesen**

Aus den dargestellten Hintergründen ergeben sich die folgenden Forschungsfragen und Hypothesen für die erste Projektphase.

*Forschungsfrage 1:* Welche Auswirkungen hat das mathematische Vorwissen auf das konzeptuelle Modellverständnis der Struktur der Materie im symbolischen Bereich?

*Hypothese 1:* Die mathematische Fertigkeit korreliert positiv mit einem konzeptuellen Modellverständnis der Struktur der Materie im symbolischen Bereich.

*Forschungsfrage 2:* Welche Auswirkungen hat das räumliche Vorstellungsvermögen auf das konzeptuelle Modellverständnis der Struktur der Materie im ikonischen Bereich?

*Hypothese 2:* Das räumliche Vorstellungsvermögen korreliert positiv mit einem konzeptuellen Modellverständnis der Struktur der Materie im ikonischen Bereich.

### **Studiendesign der Vorstudie**

Die Studie wird in einem Prä-Post-Testdesign mit Erstsemester-Bachelor-Lehramtsstudierenden der Chemie (N=90) durchgeführt.

Die Datenerhebung findet an zwei Messzeitpunkten statt. Jeweils einem zu Beginn und zum Ende des ersten Fachsemesters. Der erste Messzeitpunkt liegt vor dem Beginn der Fachveranstaltungen, wodurch das tatsächliche Vorwissen zu Studienbeginn erfasst werden kann. Der zweite Messzeitpunkt liegt am Ende des ersten Vorlesungszeitraumes, womit der Wissenszuwachs nach einem Fachsemester ermittelt wird.

In einer bereits erfolgten Voruntersuchung wurden typische Abbildungsarten zur Vermittlung von Fachinhalten in der allgemeinen Chemie identifiziert. Diese Abbildungsarten werden in einem selbstentwickelten Testinstrument, zur Erhebung des akademischen Verständnisses der Struktur der Materie, verwendet. Dieses enthält Aufgaben in denen chemische Fachinhalte in ikonischer, symbolischer oder Misch-Abbildungsart dargestellt sind. Die Aufgaben variieren hierbei in ihrer Komplexität und in den, zur Beantwortung der Testfragen benötigten, kognitiven Prozessen. So müssen die Studierenden Informationen reproduzieren, selektieren, organisieren oder integrieren.

Zusätzlich zum entwickelten Test zur Überprüfung des akademischen Verständnisses der Struktur der Materie werden eine Reihe zusätzlicher Testinstrumente eingesetzt.

So wird das mathematische Vorwissen mit dem SChMa-Mathematiktest (nach Kimpel & Sumfleth, 2015), das Fachwissen mittels eines Fachwissenstests (in Anlehnung an Freyer, 2013) sowie das räumliche Vorstellungsvermögen (nach Ekstrom et al., 1976) erhoben.

### **Ausblick**

Anhand der Daten des ersten Messzeitpunktes sollen Extremgruppen identifiziert werden, welche sich in ihrer Fähigkeitsausprägung im mathematischen Vorwissen und dem räumlichen Vorstellungsvermögen grundlegend unterscheiden. Mit diesen Personen wird eine qualitative Blickbewegungsstudie durchgeführt. In dieser wird betrachtet, wie sich die genannten Lernvoraussetzungen auf die Informationsentnahme in unterschiedlichen chemischen Darstellungsarten auswirken.

Die Ergebnisse der Voruntersuchungen werden später in einem adaptiven Training zusammengeführt. Dieses Training soll gezielt der Steigerung des akademischen Verständnisses der Struktur der Materie in den Teilbereichen dienen, in denen ein Förderbedarf aufgezeigt wird.

**Literatur**

- Dickmann, T. et al. (2015). Prädiktoren von visuellem Modellverständnis in der Chemie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Berlin 2015. Universität Regensburg
- Ekstrom, R. B., French, J. & Harman, H. (1976). Factor-Referenced Cognitive Tests .Educational Testing Service. Lawrence Township, USA
- Freyer, K. (2013) Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen au den Studienerfolg Erstsemestersstudierender im Fach Chemie. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 156. Berlin Logos Berlin
- Gilbert, J.K., Boulter, C.J. & Elmer, R. (2007). Developing models in science education. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Gilbert, J. K., Reiner, M., Nakhleh, M. (2008). Visualization: Theory and practice in Science Education Volume 3. Berlin: Springer Verlag
- Gilbert, J. K. & Treagust, D. (2009). Multiple Representations in Chemical Education Volume 4. Berlin: Springer Verlag
- Kimpel, L. & Sumfleth, E. (2015). Chemieaufgaben – Mathematisierung als schwierigkeiterzeugender Faktor. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Berlin 2015. Universität Regensburg
- Leutner, D., Opfermann, M.&Schmeck, A. (2015). Lernen mit Medien., Pädagogische Psychologie . Weinheim Basel: Beltz Verlagz
- Mayer, R. E. (2009). Multimedia Learning. Second Edition. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- 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.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2008). Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen Chemie. Ritterbach Verlag GmbH, Frechen
- Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, a., Hupfer, M., & Zobel, A. (2008). Kompendium multimediales Lernen. Heidelberg: Springer.
- 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.
- Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press
- Weidenmann, B. (1994) Lernen mit Bildmedien. Psychologische und didaktische Grundlagen. (2. Aufl.) Beltz Weiterbildung: Bd.1. Weinheim, Basel: Beltz.

Matthias Schweinberger<sup>1</sup>  
Raimund Girwitz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ludwig-Maximilians-Universität München

## **Förderung angehender Physiklehrer durch die Arbeit mit "stummen Videos"**

### **Zusammenfassung**

Im Rahmen des Bund-Länder-Programms *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* wird in München ein neues Übungskonzept erarbeitet, mit dem angehende Physikkkräfte auf den Einsatz von Demonstrationsexperimenten im Unterricht vorbereitet werden. Ein wesentlicher Bestandteil des Konzeptes ist die Verwendung von Videos zu Schlüsselexperimenten der Schulphysik. Die Studierenden erhalten Informationen zur Ablaufstruktur und Rasterung der Demonstration und üben die schüler- und fachgerechte, sprachliche Moderation von Experimenten.

In diesem Artikel werden die theoretischen Grundlagen der Konzeption, die Charakteristika der verwendeten Videos, die Kriterien der Moderation und erste Erfahrungen aus den Seminaren beschrieben.

### **Einführung: Demonstrationsexperimente im Schulunterricht**

#### *Ausgangssituation und Handlungsbedarf*

Die Grundvorlesungen in der Physik decken sehr gut die rein fachlichen Anforderungen ab, denen Lehramtsstudierende in ihrem späteren Beruf begegnen. Allerdings können vor allem in den Vorlesungen, die zusammen mit den Bachelorstudierenden abgehalten werden, Bezüge zu den schulischen Belangen bisher kaum herausgearbeitet werden. Dies betrifft Lehramtsstudierende mit dem Studienziel Lehramt an Gymnasien, in noch stärkerem Maße aber Lehramtsstudierenden für Real- und Mittelschulen.

Hier knüpft das Projekt an. Um einen Berufsfeldbezug aufzubauen, zielt das Vorhaben darauf ab, Verknüpfungen zum Schulunterricht in Physik und den schulischen Inhalten deutlich zu machen. Geeignete Materialien werden angeboten und vor allem auch didaktische und methodische Aspekte aufgezeigt. Dieses Teilprojekt konzentriert sich auf die Grundvorlesungen zur Experimentalphysik für die verschiedenen Lehramtsstudiengänge, die auch zusammen mit den Bachelorstudiengängen durchgeführt werden. Im Fokus stehen insbesondere auch Demonstrationsexperimente, die im Rahmen dieser Vorlesungen in großem Umfang vorgeführt werden.

#### *Ausrichtung und geplanter Maßnahmenkatalog*

Ein stärkerer Berufsfeldbezug soll durch folgende Maßnahmen erzielt werden:

- Schlüsselexperimente aus den Experimentalvorlesungen werden mittels Videotechnik so aufbereitet, dass spezielle Übungen zu den Demonstrationsversuchen für den späteren Schulunterricht möglich werden.
- Schul- und unterrichtsrelevante Ergänzungen und Handreichungen werden bereitgestellt und besprochen.
- Spezielle Webseiten (digital und interaktiv) mit Querverweisen und Verknüpfungen zur Schulphysik werden konzipiert.
- Eine Sammlung von attraktiven Schulexperimenten wird bereitgestellt, wobei insbesondere durch den Einsatz von Videos auch Aufbau und Verlauf deutlich gemacht werden.

Das Demonstrieren von Experimenten ist ein wesentlicher Bestandteil des Unterrichts. Deshalb sollen angehende Physiklehrkräfte am Ende ihres Studiums einen breiten Überblick über physikalische Standardexperimente haben (KMK, 2015). Die Studierenden sollen folgende Punkte beim Üben berücksichtigen:

- Die Einordnung des Experiments in die Unterrichtseinheit: Die angehende Lehrkraft soll die Lernenden anleiten, das zu untersuchende Phänomen in das vorhandene Vorwissen einzuordnen, und das Bilden von Hypothesen zur Lösung eines Problems unterstützen.
- Die Funktion des Experiments im Unterrichtsablauf klarstellen: Zu bedenken ist beispielsweise, ob ein Experiment als Einstieg, zum Untersuchen von Gesetzmäßigkeiten, zum Sichern von Lernergebnissen oder Vertiefen von Inhalten dient.
- Die Planung des Experiments unter Einbezug der Schülerinnen und Schüler.
- Die Gestaltung des Versuchsaufbaus: Besonders wichtig ist ein klarer und prägnanter Versuchsaufbau mit Akzentuierung zentraler Komponenten (Girwidz, 2015).
- Die Durchführung des Experiments: Zwei Aspekte stehen im Vordergrund, die Reihenfolge der Experimentierschritte, die das Erkennen von Kausalzusammenhängen vorbereitet, aber auch die Passung an das Tempo, mit dem die Lernenden den Verlauf des Experiments erfassen bzw. die Daten aufnehmen können.
- Die sprachliche Moderation der Versuchsdurchführung: Die Studierenden lernen, Demonstrationsexperimente je nach Unterrichtssituation verbal zu begleiten. Ihnen soll auch bewusst werden, welchen Einfluss die sprachliche Moderation auf die Aufmerksamkeit der Schüler haben kann.

### **Methodik**

*Stumme Videos*, unvertonete, ca. 2-minütige Aufnahmen von Experimenten zur Schulphysik, sind ein zentrales Werkzeug des Ausbildungskonzeptes. Die Videos zeigen zuerst den gesamten Versuchsaufbau mit den benötigten Hilfsmitteln. Anschließend wird das Experiment präsentiert, wobei die oben genannten Prinzipien sowie die Gestaltesetze (Schmidkunz, 1982) berücksichtigt sind. Der Experimentator rückt weit in den Hintergrund, um die Lernenden nicht vom Experiment abzulenken. Bei der Gestaltung stehen die Einfachheit und die Sichtbarkeit des Aufbaus im Vordergrund. Die Experimente werden grundsätzlich aus der Schülerperspektive gefilmt und verzichten daher weitgehend auf bildgestalterische Techniken wie Überlagerungen, Ausschnitte oder Hineinzoomen.

Die Arbeit mit *stummen Videos* erschließt besondere Übungsmöglichkeiten zur sprachlichen Begleitung von Experimentalpräsentationen. Die Studierenden müssen sich nicht um ein funktionierendes Experiment, die Bedienung von Geräten oder das Klassenmanagement kümmern, sondern können sich ganz auf die Moderation konzentrieren. Ähnlich der Vorführung eines Stummfilms, bei der ein Klavierspieler den Film begleitet, müssen die Studierenden den Film moderieren und vertonen. Dazu erstellen sie mit Hilfe eines Notebooks oder Smartphones eine Tonaufnahme zu dem ablaufenden *stummen Video*. Die so entstandenen Tonspuren werden an den Seminarleiter via Email oder das Onlineklassenzimmer zurückgeschickt und mit der von Mayer (2016) entwickelten Software synchron mit dem Video verknüpft und gespeichert. Alternativ kann auch Standardsoftware wie *Moviemaker* oder *Imovie* zum Einsatz kommen, um das Video nachzuvertonen oder auch die Dauer einzelner Abschnitte anzupassen. Die so bearbeiteten Videos stehen anschließend allen Teilnehmern des physikdidaktischen Seminars zur Verfügung und werden dort analysiert, bewertet und besprochen. Im Seminar planen die Studierenden darüber hinaus einen kompletten Unterrichtsentwurf, in den dann das jeweilige Experiment als Video samt Moderation eingebettet wird.

Die sprachliche Moderation der *stummen Videos* wird anhand folgender *Kriterien* mit den Studierenden besprochen:

- Der Aufbau des Experiments soll schülergerecht erläutert und die benötigten Geräte und Materialien benannt werden. Eine klare und verständliche Beschreibung des Versuchsaufbaus soll den Lernenden Orientierungshilfen bieten.
- Der Bezug zu den zuvor formulierten Hypothesen soll hergestellt werden. Voraussetzung dafür ist die saubere und präzise Formulierung der Hypothesen, die mit dem Experiment

überprüft werden sollen. Zudem ist die zeitlich abgestimmte und präzise Beschreibung der durchgeführten Versuchshandlungen notwendig, ohne vorab die zu erwartenden Ergebnisse zu „verraten“.

- Sprachliche Impulse zur Steuerung der Schülersaufmerksamkeit sollen gezielt eingesetzt werden. Solche sprachlichen SteuerCodes können z.B. durch mündliche Anweisungen erfolgen. Ebenso wichtig ist auch die Variation der Stimme und/oder der Sprechgeschwindigkeit. Dabei sollte der Einsatz von Fachbegriffen während der Moderation beschränkt werden. Besonderer Wert wird auf einen schüleraktivierenden Spannungsbogen gelegt, beispielsweise durch emotionale Anbindung an die Erfahrungswelt der Lernenden oder einen verblüffenden Verlauf.
- Die Beobachtungen sollen gesammelt und zusammengefasst werden. Das bewusste Einhalten von stillen Beobachtungszeiten soll die konzentrierte Aufnahme von Details ermöglichen. Während der Präsentation des Experiments soll kein Erklärungsversuch unternommen werden, um die Beobachtungen oder die Datenaufnahme und die Erklärung des Phänomens nicht zu vermischen.

### **Erfahrungen zur Arbeit mit *stummen Videos***

Der Einsatz *stummer Videos* in den Seminaren des Lehramts Physik wird von den Studierenden sehr positiv aufgenommen. Die technische Bearbeitung der *stummen Videos* und die Aufnahme der Tonspur bereiten ihnen keine Schwierigkeit.

Die Analyse und Besprechung im geschützten Raum des Seminars sind aufgrund der Kommentarfunktion des Videotools (Mayer, 2016) transparent und effektiv. Die Arbeit mit den *stummen Videos* ermöglicht den Studierenden nach der Interventionsphase im Seminar eine Phase der Selbstreflexion. Da die Tonspuren leicht zu speichern sind, können sie ihre persönliche Entwicklung beim Moderieren von Experimenten verfolgen. Erste Übungsbeispiele zeigen, dass die Studierenden gerne Ergebnisse vorwegnehmen. Auch versuchen sie noch vor der Sicherung der Beobachtung, das zu untersuchende Phänomen zu erklären. Die sprachliche Qualität der eingereichten Bearbeitungen fällt sehr unterschiedlich aus, wobei oft die Moderation nicht zu der intendierten Funktion des Experiments im Unterricht passt.

Die Studierenden lernen bei der Arbeit mit *stummen Videos* eine Vielzahl sinnvoller Experimente für den Unterrichtsalltag aus den Bereichen Mechanik, Optik, Elektrodynamik, Wärmelehre bis zur Atom- und Quantenphysik kennen. Dabei sehen sie nicht nur Abbildungen, sondern die gesamte Durchführung des Experiments. Zusätzlich erhalten sie über die Web-Plattform [Web] Informationen zum Einbinden der Experimente in den Unterrichtsverlauf sowie weitere Informationen zu Aufbau und Durchführung.

### **Ausblick**

Vorgesehen ist, die Wirkung verbaler Moderationen *stummer Videos* mithilfe eines Eyetrackers zu untersuchen. Dabei sollen auch Verläufe aufgezeichnet werden, die Studierenden aufzeigen, welche sprachlichen Mittel besonders zur Steuerung der Schülersaufmerksamkeit geeignet sind. Die Arbeit mit *stummen Videos* soll mit verschiedenen Akzenten weiterentwickelt werden, um den im Projekt *Lehrerbildung@LMU* beabsichtigte Berufsfeldbezug noch weiter zu sichern.

### **Dank**

Das Projekt des Lehrstuhls für Didaktik der Physik der LMU München *Stumme Videos* gehört dem Vorhaben *Lehrerbildung@LMU* vom Münchner Zentrum für Lehrerbildung an, das im Rahmen des Bund-Länder-Programms *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1510 gefördert wird.

**Literatur**

- Girwidz, R. (2015). Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (Springer-Lehrbuch, 3. Aufl., S. 193–245). Berlin [u.a.]: Springer Spektrum.
- KMK (2015): *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Beschluss der KMK vom 16.10.2008
- Mayer, P. et. al. (2016). Förderung der Kommunikationskompetenz von L'amtsstudierenden der Physik. In diesem Band.
- Schmidkunz, H.(1983). Die Gestaltung chemischer Demonstrationsexperimente nach wahrnehmungspsychologischen Erkenntnissen. *NiU-P/C* Jg. 31, Heft 10, 360-366.
- [Web]: [http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/lehrerbildung/lehrerbildung\\_lmu/video/index.html](http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/lehrerbildung/lehrerbildung_lmu/video/index.html)

## Wirksamkeit einer Lehrerfortbildung zum forschenden Lernen

### Die Bedeutung von Fortbildungen in der Lehrerprofessionalisierung

Die Ausbildung von Lehrkräften allein reicht nicht aus, um den Anforderungen des Lehrberufs zu genügen (Mayr & Neuweg, 2009). Erfahrungsgemäß gilt dies vor allem für den Grundschulbereich, in dem Lehrkräfte täglich fachfremd unterrichten. Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen von Lehrkräften, die unter dem Begriff „Professional Development“ zusammengefasst werden, sind daher in diesem Bereich besonders wichtig. Aktuelle Einzelstudien und Metaanalysen können grundsätzlich positive Effekte von Fortbildungsmaßnahmen für Lehrkräfte bestätigen, wobei man dabei verschiedene Wirkungsebenen unterscheidet (vgl. Lipowsky & Rzejak, 2012):

- Ebene 1: Reaktionen der teilnehmenden Lehrkräfte (z.B. Akzeptanz, Zufriedenheit, Nützlichkeit)
- Ebene 2: Das Lernen der Lehrkräfte (z.B. fachliches, fachdidaktisches, pädagogisch-psychologisches Wissen, veränderte Einstellungen, Kompetenzen)
- Ebene 3: Veränderung im unterrichtlichen Handeln der Lehrkräfte (z.B. Lehrerfertigkeiten und Verhaltensweisen)
- Ebene 4: Entwicklung der Schülerinnen und Schüler (z.B. Auswirkung auf die Lernleistung)

Die Ebenen 1 und 2 fassen dabei Wirkungen zusammen, die direkt nach der Teilnahme an einer Lehrerfortbildung auftreten. Hier geht es zum einen um die unmittelbare Reaktion der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sowie deren kognitiven Lernzuwachs (z.B. Wissen und Überzeugungen), der sich unter anderem auf die Planungskompetenzen auswirkt. Die vorliegenden Forschungsbefunde zeigen hierbei deutlich, dass Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen das Potenzial haben, Lehrerwissen und Lehrerüberzeugungen zu verändern, wofür es zahlreiche empirische Belege gibt (Lipowsky & Rzejak, 2012). Allerdings liegen empirische Untersuchungen und Analysen zur konkreten Wirksamkeit von Fortbildungen im Hinblick auf die Planungskompetenzen von Lehrkräften bislang nur vereinzelt vor (König et al., 2015). Die Ebenen 3 und 4 beziehen sich auf die Auswirkungen (Nachhaltigkeit) von Fortbildungsmaßnahmen auf die Unterrichtspraxis sowie das daraus resultierende Lernergebnis der Schülerinnen und Schüler.

### Professionalisierung von Grundschullehrkräften und die Umsetzung der Methode des forschend-entdeckenden Lernens

In unserer heutigen wissensbasierten Gesellschaft sollten junge Menschen mit der Fähigkeit ausgestattet sein, kritische Denkprozesse und wissenschaftliche Schlussfolgerungen zu entwickeln, wodurch sie fundierte Entscheidungen treffen können. Um solche Denkprozesse anzubahnen, bedarf es einer veränderten Unterrichtskultur vor allem in dem Bereich der naturwissenschaftlichen Fächer der Grundschule sowie Sekundarstufe (vgl. Rocard u.a., 2007). Aus diesem Grund müssen die pädagogischen Konzepte des naturwissenschaftlichen Unterrichts grundlegend überdacht werden. Standen bislang deduktive Ansätze in der Schule im Vordergrund, bei denen die Lehrkraft abstrakte Konzepte sowie deren Auswirkungen selbst vorstellt („Top-Down-Unterricht“), rückt inzwischen ein induktiver Ansatz („Bottom-up-Ansatz“) in den Fokus der Lehrerbildung, welcher sich als wirksame Methode erwiesen hat, um das Interesse und den Kenntnisstand von Schülerinnen und Schülern zu steigern. Dieser induktive Ansatz basiert in der Regel auf Konzeptionen des „Entdeckenden Lernens“

nach Bruner (1966), dem „Forschenden Lernen“ sowie dem „Problemorientierten Lernen“ nach Gräsel (1997). Das pädagogische Konzept „Inquiry Based Science Education“ (IBSE) beinhaltet dabei einen untersuchenden (forschenden) Lernansatz, der sich am Prozess des wissenschaftlichen Vorgehens orientiert, wobei die „Entdeckung“ im naturwissenschaftlichen Unterricht meist mittels wissenschaftlicher Untersuchungen (Experimente) erfolgt (Hofer & Mayer, 2008). „IBSE legt den Schwerpunkt auf Neugier und Beobachtung, gefolgt von Problemlösung und Experimentieren. Durch kritisches Denken können die Schüler aus den gewonnenen Erkenntnissen sinnvolle Erklärungen ableiten“ (Rocard u.a., 2007, S. 12).

Auch wenn in der Lehrerbildung immer häufiger die Umsetzung dieser forschungsbasierten pädagogischen Konzepte gefordert und zum Teil auch verwirklicht wird, gibt es weiterhin Grundschullehrkräfte, die in ihrer oft lang zurückliegenden Ausbildung nur deduktive Ansätze kennengelernt haben. Zudem müssen Grundschullehrkräfte oftmals naturwissenschaftliche Inhalte fachfremd unterrichten. Vielen Lehrkräften fehlen jedoch die notwendigen Kenntnisse, um einen auf forschend-entdeckendem Lernen basierenden naturwissenschaftlichen Unterricht zu planen und durchzuführen. „Sie wählen dann oftmals den üblichen Frontalunterricht, der ihnen unter diesen Umständen leichter fällt [...] das Auswendiglernen und nicht unbedingt das Verstehen [stehen] dann im Vordergrund“ (Rocard u.a., 2007, S. 8).

Daher ist es notwendig, die Lehrerprofessionalisierung in der dritten Bildungsphase im Hinblick auf die Planungskompetenzen der Lehrkräfte im Bereich des forschend-entdeckenden Lernens im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule voranzubringen. Die Wirksamkeit von Fortbildungsmaßnahmen - insbesondere zur Professionalisierung hinsichtlich der Planung und Umsetzung forschend-entdeckender Lernarrangements - sollte im Detail untersucht und gegebenenfalls spezifisch methodisch-didaktisch weiterentwickelt werden.

### **Aufbau der Fortbildung**

Die herangezogene Fortbildung „Sonne, Wind und Wasser im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule“ wurde von der Pädagogischen Hochschule Heidelberg entwickelt und für Grundschullehrkräfte konzipiert, die naturwissenschaftliche Themen in der Grundschule (auch fachfremd) unterrichten. Der thematische Inhalt konzentriert sich dabei auf Unterrichtsinhalte zum Thema „Erneuerbare Energie“, die neben dem im Bildungsplan festgelegten Kompetenzbereich „Energie“ auch den Kompetenzbereich „Naturphänomene“ sowie das Unterrichtsprinzip des forschend-entdeckenden Lernens abdecken. Die Fokussierung auf curriculare und fachbezogene Inhalte, die die Lehrpersonen auch tatsächlich unterrichten, ist laut Lipowsky (2009) ein zentrales Merkmal wirksamer Fort- und Weiterbildungen. Fortbildungen, die dabei einen vergleichsweise engen thematischen Fokus wählen, indem sie sich ausschließlich auf ein Thema bzw. auf eine Unterrichtseinheit konzentrieren, werden aufgrund ihres engen Rahmens und exemplarischen Vorgehens daher als günstig betrachtet. So ist unter anderem eine tiefere Reflexion über fachdidaktische Aspekte des Lernens möglich (Lipowsky, 2009).

Die Fortbildung wird regelmäßig angeboten und ist langfristig angelegt. Sie erstreckt sich jeweils über ein ganzes Semester und beinhaltet insgesamt fünf drei- bis fünfstündige Fortbildungstermine, die im monatlichen Abstand angesetzt sind. Somit bietet sie viele Gelegenheiten für aktives Lernen und wiederholtes Erproben neuer Handlungsmuster, was eine Veränderung im Lehrwissen und -handeln erleichtern kann (Lipowsky & Rzejak, 2012).

Der Fortbildungsverlauf stellt sich wie folgt dar (siehe Abb. 1):

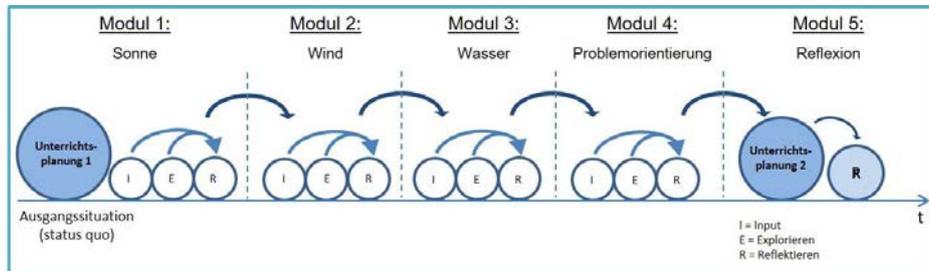


Abb. 1: Fortbildungsverlauf

Grundsätzlich werden an jedem Fortbildungstermin Input-, Erprobungs- und Reflexionsphasen (I, E, R) angeboten, damit die teilnehmenden Lehrkräfte ihr konzeptuelles Verständnis vertiefen, neues Wissen aufbauen, ihre Handlungsmuster verändern, diese erproben und mit anderen Fortbildungsteilnehmerinnen und -teilnehmern sowie der Fortbildungsleitung reflektieren können (Lipowsky und Rzejak, 2012). Die Inputphasen bestehen aus fachwissenschaftlichen sowie fachdidaktischen Inhalten. Die daran anknüpfenden Erprobungsphasen bestehen aus sinnstiftenden Angeboten mit altersgerechten Materialien im Phänomenbereich der Erneuerbaren Energien, an denen die teilnehmenden Lehrkräfte zunächst selbst aktiv werden und eigene Fragestellungen entwickeln können. Im Anschluss daran werden in Partner- und Gruppenarbeitsphasen Unterrichtssequenzen zu den Angeboten entwickelt, die dem Prinzip des forschend-entdeckenden Lernens genügen sollen. Diese Unterrichtsplanungen werden teilweise vorab bzw. nach der Erprobung im eigenen Unterricht am nächsten Fortbildungstermin im Plenum vorgestellt und reflektiert. Auf diese Weise werden sich die Lehrkräfte über die eigene Wirksamkeit bewusst und erhalten adäquat Feedback. Darüber hinaus entwickelt sich im Verlauf der Fortbildungsreihe ein großer Ideenpool verschiedener Möglichkeiten der aktiven Auseinandersetzung mit diesem Phänomenbereich, auf den die teilnehmenden Lehrkräfte zukünftig zurückgreifen können. Ziel der Fortbildung ist demnach, die Verbesserung der Planungskompetenzen der teilnehmenden Grundschullehrkräfte im Hinblick auf forschend-entdeckende Unterrichtsphasen zum vorliegenden Thema sowie die zukünftige Übertragung dieser Kompetenzen auf weitere naturwissenschaftliche Themenbereiche.

#### Forschungsfrage und Methoden

Die derzeit laufende Studie beschäftigt sich mit der Fragestellung, welchen Einfluss die oben beschriebene Fortbildung auf die Planungskompetenzen teilnehmender Grundschullehrkräfte im Hinblick auf forschend-entdeckende Unterrichtsphasen im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule hat. Jeder Fortbildungstermin beinhaltet individuelle Planungsphasen, in denen die teilnehmenden Grundschullehrkräfte in Kleingruppen konkrete Unterrichtssequenzen für ihre Schülerinnen und Schüler planen. Diese Unterrichtsplanungen werden teilweise direkt im Anschluss an die Planungsphase bzw. nach der Durchführung im Klassenzimmer am nächsten Fortbildungstermin im Plenum vorgestellt und in der daran anschließenden Reflexionsphase in Form von Gruppendiskussionen konstruktiv besprochen und gegebenenfalls überarbeitet. Sämtliche Phasen der Fortbildung wurden für die Studie gefilmt. Die dadurch entstandenen Videoaufnahmen werden derzeit mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2003 & 2008) analysiert, wobei der Abgleich des Forscherkreislaufs nach Marquadt-Mau (2011) mit den fünf (Denk-)Stufen des forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahren nach Schmidkunz und Lindemann (1992) als Grundlage für die Kategorienbildung dient.

**Literatur**

- Bruner, J. S. (1966): *The Process of Education*. Cambridge: Harvard University Press
- Gräsel, C. (1997): *Problemorientiertes Lernen*. Göttingen: Hogrefe.
- König, J., Buchholtz, C. & Dohmen, D. Z *Erziehungswiss* (2015): Analyse von schriftlichen Unterrichtsplanungen: Empirische Befunde zur didaktischen Adaptivität als Aspekt der Planungskompetenz angehender Lehrkräfte. In *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*. Wiesbaden: Springer Fachmedien
- Marquardt-Mau, Brunhilde (2011): Der Forschungskreislauf. In: *Wie gute naturwissenschaftliche Bildung an Grundschulen gelingt*. Deutsche Telekomstiftung und deutsche Kinder- und Jugendstiftung gemeinnützige GmbH (Hrsg.), Bonn & Berlin
- Mayr, J./Neuweg, G.H. (2009): LehrerInnen als zentrale Ressource im Bildungssystem: Rekrutierung und Qualifizierung. In: Specht, W. (Hg.): *Nationaler Bildungsbericht Österreich 2009 – Band 2: Fokussierte Analysen bildungspolitischer Schwerpunktthemen*. Graz, Leykam, S. 99-119.
- Mayring, P. (2003): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz
- Mayring, Philipp; Gläser-Zikuda, Michaela (Hrsg.) (2008): *Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse*. 2., neu ausgestattete Aufl. Weinheim und Basel: Beltz.
- Lipowsky, F. (2009): Unterrichtsentwicklung durch Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen für Lehrpersonen. In: *Beiträge zur Lehrerbildung*, H.3 (2009), 346-360.
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2012). Lehrerinnen und Lehrer als Lerner – Wann gelingt der Rollentausch? Merkmale und Wirkungen effektiver Lehrerfortbildungen. In D. Bosse, L. Criblez & T. Hascher (Hrsg.). *Reform der Lehrerbildung in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Teil I: Analysen, Perspektiven und Forschung* (S. 235-253). Immenhausen b. Kassel: Prolog.
- Rocard, M. / Csernely, P. / Jorde, D. / Lenzen, D. / Walberg-Henriksson, H. / Hemmo, V. (2007): *Naturwissenschaftliche Erziehung Jetzt – Eine erneuerte Pädagogik für die Zukunft Europas*. Brüssel: Europäische Kommission - Generaldirektion Forschung
- Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (1992): *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht*; Westarp Wissenschaften

Dirk Thode<sup>1</sup>  
Horst Schecker<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Bremen  
Didaktik der Physik

## **Bewertung im Fokus: Unterrichtskonzeption für die gymnasiale Oberstufe**

### **Ausgangslage**

Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe verfolgt drei Ziele; vertiefte allgemeine Bildung, Wissenschaftspropädeutik und Studierfähigkeit (Schecker, Fischer & Wiesner, 2004, S. 152 f.). Grund- oder Leistungskurse in Physik werden seit Jahren lediglich von etwa einem Drittel der Schülerschaft angewählt. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass für zwei Drittel aller Schülerinnen und Schüler von Gymnasien die Einführungsphase der Oberstufe den Abschluss physikalischer Bildung darstellt. Auch diese Zielgruppe benötigt ein solides physikalisches Orientierungswissen. Dazu gehört ein Grundbestand an physikalischem Inhalts- und Methodenwissen (Willer, 2003, S. 124).

Bisher sind Physikkurse der Einführungsphase stark an den Interessen und Fähigkeiten von Schülern orientiert, die das Fach fortführen und in der Qualifikationsphase mindestens einen Grundkurs belegen wollen. Wir berichten in diesem Beitrag über die Entwicklung einer, neuen Konzeption, mit der mittelfristig ein zweiter Grundkurstyp Physik aufgebaut werden soll, der die bisherigen Physikabwähler (Baumert & Köller, 2000, S. 184; Merzyn, 2008, S. 6 ff.) motiviert, das Fach Physik in der Qualifikationsphase fortzusetzen.

### **Konzeption der Unterrichtseinheit**

Viele der Schülerinnen und Schüler in der Einführungsphase, die sich in der Qualifikationsphase gegen die Belegung eines Physikkurses entschieden haben, sind eher an den gesellschaftlichen und persönlichen Aspekten der Unterrichtsthemen interessiert als an der reinen physikalischen Sachstruktur. Aus diesem Grunde werden in einer neu geplanten Unterrichtseinheit gesellschaftlich und persönlich relevante Kontexte im Themenbereich *Radioaktivität* behandelt, insbesondere zum Thema der Endlagerung radioaktiver Materialien aus Kernkraftwerken.<sup>1</sup> Die Schülerinnen und Schüler sollen in die Lage versetzt werden, zu dieser Thematik einen eigenen Standpunkt zu entwickeln und zu vertreten. Hierzu benötigen sie Bewertungskompetenz *und* Fachkompetenz. Einen fundierten Standpunkt im Bereich der Radioaktivität zu vertreten, bedarf nicht nur, aber insbesondere physikalisches Fachwissen. Hierin liegt eine Besonderheit dieses Projekts. Es werden Bewertungsaufgaben entwickelt, in denen die Physik mehr als einen Kontext liefert und deren Bewertung mehr als gesunden Menschenverstand erfordern.

Interviews mit Physiklehrkräften an Bremer Schulen ergaben, dass sie sich für das Thema Radioaktivität erfahrungsgemäß etwa 12 bis 16 Unterrichtsstunden Zeit nehmen. Für den Einsatz der Unterrichtseinheit in der Praxis, dient uns dieser Zeitrahmen als Orientierung. Damit die Schülerinnen und Schüler ausreichend Gelegenheit haben sich der Bewertung gesellschaftlicher und persönlich relevanter Fragestellungen zu widmen, muss das zu vermittelnde Fachwissen auf das für die Bewertungsphase Wesentliche konzentriert werden. Es ist ein siebenständiger Lehrgang entstanden, der in die zentralen Begriffe und Zusammenhänge des Themenbereichs Radioaktivität einführt.

---

<sup>1</sup> In diesem Zusammenhang soll auch auf die Unterrichtskonzeption von Mikelskis zur Energieversorgung durch Kernkraftwerke verwiesen werden (z.B. Mikelskis, 1977)

### **Bewertungsaufgaben**

In den Aufgabenbeispielen der Nationalen Bildungsstandards Physik (KMK, 2004) wird deutlich, was hier als Bewertung verstanden wird. Auf Basis von Experimenten oder wissenschaftlichen Ergebnissen sollen *Schlussfolgerungen gezogen* und deren Aussagekraft *eingeschätzt* werden (Höbke & Menthe, 2013, S. 39). Die Beispielaufgaben zeigen, dass Bewertung vor allem innerfachlich verstanden wird.

Im Rahmen dieser Unterrichtseinheit sollen Bewertungen fachüberschreitend getätigt werden. Physikalisches Fachwissen stellt dabei eine zentrale Voraussetzung zur Bearbeitung von Bewertungsaufträgen dar. Doch können persönlich und gesellschaftlich relevante Fragestellungen nie allein durch Physik oder die Naturwissenschaften beantwortet werden. Naturwissenschaft kann evidenzbasierte Aussagen treffen. Welche Schlüsse gezogen werden, hängt jedoch maßgeblich von anderen Faktoren, wie den zugrunde gelegten Werten und Normen ab.

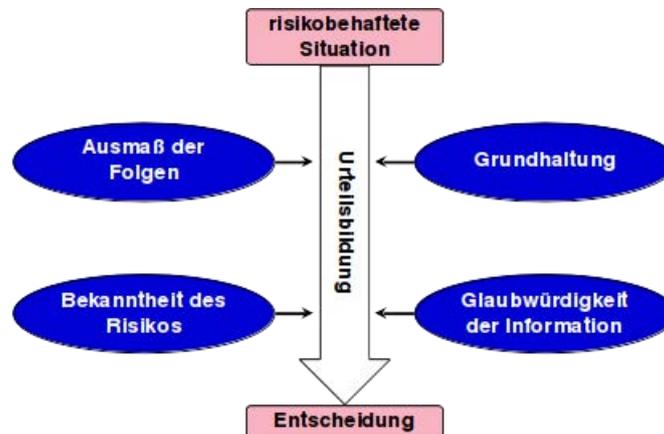
Bewertungsprozesse können intuitiv oder rational ablaufen. Rationale Bewertungsprozesse sind für den Unterricht relevant, da in ihnen getroffene Urteile und Entscheidungen für andere nachvollziehbar sind und diskutiert werden können. Das bedeutet jedoch nicht, dass intuitive Bewertungsprozesse irrelevant wären, laufen sie schließlich unbewusst und automatisch ab. Sie fußen auf der Grundhaltung, die Menschen gegenüber einem Gegenstand haben. Tatsächlich treffen Menschen Entscheidungen oder beziehen Positionen überwiegend nicht rein rational (Betsch, Funke & Plessner, 2011, S. 43).

Das Thema Radioaktivität wird von vielen Menschen negativ mit Risiken assoziiert. Dies kann unter anderem darauf zurückgeführt werden, dass Menschen kein Sinnesorgan für ionisierende Strahlung haben. Wirkungen sind weder direkt bemerkbar (sofern die Energiedosen nicht zu groß sind) und langfristige Folgen sehr schwer abzuschätzen. Eine durch Unsicherheit geprägte Grundhaltung kann auf unbewusste Art und Weise den Bewertungsprozess beeinflussen. Aus diesem Grund ist es wichtig, die eigene Risikowahrnehmung zu reflektieren. Die intuitive Risikowahrnehmung soll hierbei nicht abgewertet werden; hat sie sich doch im Laufe der Evolution bewährt (Renn, Schweizer, Dreyer & Klinke, 2007, S. 77).

### **Risikowahrnehmung**

Wir haben ein einfaches Modell zur Risikowahrnehmung entworfen (siehe Abbildung 1), das so im Unterricht Verwendung finden kann. Grundlage sind Arbeiten von Slovic, Fischhoff, Lichtenstein und Roe (1981) und Renn et al. (2007) zum Umgang mit Risiken. Das Modell gibt Gelegenheit, vier wichtige Einflussgrößen der individuellen Risikowahrnehmung zu reflektieren. Wie oben bereits angedeutet, erhöht Ungewissheit über die Wirkung das wahrgenommene Risiko. Mit der Hilfe entsprechenden physikalischen Fachwissens kann die Wirkungsweise ionisierender Strahlung verstanden und damit auch reflektiert werden.

Fachwissen hilft dabei, das Ausmaß von Folgen besser einschätzen zu können. Statt ungenaue und verängstigende Aussagen wie »ionisierende Strahlung ist krebserregend« zu verwenden, kann auf Evidenz zurückgegriffen werden. Es bietet sich an, dazu nicht nur Tabellen heranzuziehen, die einer Äquivalentdosis eine Krebserkrankungswahrscheinlichkeit zuordnen, sondern auch Ereignisse ähnlicher Dosisbelastungen miteinander zu vergleichen. So entspricht die Äquivalentdosis eines Transatlantikfluges (80  $\mu\text{Sv}$ ) etwa 16 Röntgenuntersuchungen des Kiefers (je 5  $\mu\text{Sv}$ ) (Public Health England, 2011).



Gerade im Feld der Kernenergie sind viele verschiedene Akteure mit sehr unterschiedlichen Interessen und Zielen aktiv, etwa Bürgerinitiativen gegen kerntechnische Anlagen auf der einen Seite und deren Betreiber auf der anderen. Informationen aus solchen und anderen Quellen müssen auf ihren sachlichen Gehalt und ihre Glaubwürdigkeit hin überprüft werden. Bei der Behandlung kontroverser Themen kommt es vor, dass Menschen bereits eine Grundhaltung zu ihnen haben. Diese Haltung gilt es im Bewertungsprozess explizit zu machen und entsprechend in der Einschätzung der Risikohöhe zu berücksichtigen.

Diese in Abbildung 1 genannten Einflussgrößen sind nur eine Auswahl von vielen weiteren (Renn, Schweizer, Dreyer & Klinke, 2007, S. 78 f.). Sie wurden hinsichtlich ihrer Passung zum Themenbereich Radioaktivität und Einsetzbarkeit im Schulunterricht ausgewählt.

### Evaluation

Um die Wirksamkeit der Unterrichtseinheit beurteilen zu können, wird sie hinsichtlich ihrer differentiellen Wirkungen bezüglich Fachkompetenz und Bewertungskompetenz evaluiert. Für ersteres bietet sich ein lernzielorientierter Fachwissenstest an. In vielen bisherigen Untersuchungen zur Bewertungskompetenz werden Tests eingesetzt, für deren Bearbeitung kein naturwissenschaftliches Fachwissen benötigt wird (s. Hostenbach et al., 2011; Eggert, 2008). Solche Tests sind für das hier beschriebene Projekt ungeeignet, da davon auszugehen ist, dass der Kontext das Bewertungsverhalten beeinflusst (vgl. u. a. Menthe, 2012, S. 173). Um Änderungen in der Bewertungskompetenz zu erfassen, wird stattdessen von den Schülerinnen und Schülern ein schriftliches Urteil zum Umgang mit abgeschalteten Atomkraftwerken verlangt. Zusätzlich werden die Schülerinnen und Schüler in einem Interview nach den Gründen für das von ihnen getroffene Urteil gefragt (vgl. Menthe, 2012, S. 165 f.). In diesem Rahmen besteht die Möglichkeit explizit und implizit die Reflexion der Risikowahrnehmung zu erheben und sie im Interview zu thematisieren. Ob und wie sich durch diese Unterrichtseinheit eine Einstellungsänderung gegenüber Physikunterricht oder der Disziplin Physik ergeben hat, lässt sich am ehesten ebenfalls durch Interviews herausfinden.

Das Testdesign besteht folglich aus Prä- und Posttesthebungen in den Fach- und Bewertungskompetenzen. Eine wichtige Rolle spielt die qualitative Interviewstudie, in der fallbezogen auf die Bewertungskompetenz eingegangen werden kann und mögliche Änderungen in den Einstellungen herausgearbeitet werden können.

**Literatur**

- Baumert, J. & Köller, O. (2000). Motivation, Fachwahlen, selbstreguliertes Lernen und Fachleistungen im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), TIMSS/III Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe (Bd. 2, S. 181–214). Opladen: Leske + Budrich.
- Betsch, T., Funke, J. & Plessner, H. (2011). Denken: Urteilen, Entscheiden, Problemlösen. Allgemeine Psychologie für Bachelor. Berlin: Springer.
- Eggert, S. (2008). Bewertungskompetenz für den Biologieunterricht: Vom Modell zur empirischen Überprüfung (Diss., Georg-August-Universität Göttingen).
- Höble, 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. Höble (Hrsg.), Handeln in Zeiten des Klimawandels: Bewerten lernen als Bildungsaufgabe (S. 35–63). Münster: Waxmann.
- 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.
- KMK. (2004). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss [Beschluss vom 16.12.2004] (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Hrsg.). München: Luchterhand.
- Menthe, J. (2012). Wider besseren Wissens?! Conceptual Change: Vermutungen, warum erworbenes Wissen nicht notwendig zur Veränderung des Urteilens und Bewertens führt. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 1, 161–183.
- Merzyn, G. (2008). Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen. Baltmannsweiler: Schneider.
- Mikelskis, H. F. (1977). Das Thema "Kernkraftwerke" im Physikunterricht. *physica didactica* 4, 45-60.
- Public Health England. (2011). Ionising radiation: dose comparisons. Zugriff 14. Oktober 2016 unter <https://www.gov.uk/government/publications/ionising-radiation-dose-comparisons/ionising-radiation-dose-comparisons>
- Renn, O., Schweizer, P.-J., Dreyer, M. & Klinke, A. (2007). Risiko: Über den gesellschaftlichen Umgang mit Unsicherheit. München: oekom verlag, Gesellschaft für ökologische Kommunikation mbH.
- Schecker, H., Fischer, H. E. & Wiesner, H. (2004). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In H.-E. Tenorth (Hrsg.), Kerncurriculum Oberstufe II: Biologie, Chemie, Physik, Geschichte, Politik [Expertisen – im Auftrag der Ständigen Konferenz der Kultusminister]. Weinheim: Beltz Verlag.
- Slovic, P., Fischhoff, B., Lichtenstein, S. & Roe, F. J. C. (1981). Perceived Risk: Psychological Factors and Social Implications [and Discussion]. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(1764), 17–34.

Robert Aleksov<sup>1</sup>  
 Heiko Krabbe<sup>2</sup>  
 Hans E. Fischer<sup>1</sup>  
 Hendrik Härtig<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Ruhr-Universität Bochum

## Konditionale Satzmuster und fachliches Lernen

### Hintergrund

Sprachbildung ist ein zentrales Anliegen der heutigen Bildungspolitik und in den verbindlich festgelegten Bildungsstandards und den zentralen Kernlehrplänen verankert (KMK, 2004). Sprache wird als konstitutiv für das schulische Lernen angesehen (Becker-Mrotzek, Schramm, Thürmann & Vollmer, 2013). Bereits 1999 fordert das Ministerium für Schule, Jugend und Kinder des Landes NRW im Erlass *Förderung in der deutschen Sprache als Aufgabe des Unterrichts in allen Fächern*, Sprache im Fachunterricht zu berücksichtigen. Auch aus empirischer Perspektive ist dies zielführend; so ist der allgemeine Schulerfolg eng mit der Sprachkompetenz verknüpft (u.a. Becker-Mrotzek et al., 2013; Beese & Benholz, 2015). Insbesondere dem Schreiben wird eine positive Wirkung auf Lernprozesse und Lernerfolg bei Schülerinnen und Schülern zugeschrieben (Bergeler, 2009; Langer & Appleby, 1987).

Der Zusammenhang zwischen fachlichem Lernen und sprachlichem Handeln kann in sprachsensiblen Fachunterricht über fachtypische sprachliche Muster hergestellt werden. Sie repräsentieren Mitteilungsstrukturen, die sich durch die Domänenspezifität und die Anforderungen des Faches ergeben und zum Beispiel die sprachliche Gestaltung von Textsorten bestimmen (Beese & Roll, 2015). Beispiele für fachtypische Sprachmuster sind kausale Satzmuster in der Darstellung von Ursache-Wirkungs-Relationen und temporale Satzkonstruktionen in der Durchführungsbeschreibung eines Experiments. Das Verstehen fachlicher Mitteilungsstrukturen ist eine Voraussetzung für den Bezug zur Systematik des Unterrichtsfaches (Buhlmann & Fearn, 2000).

In der Schulpraxis wird eine Berücksichtigung der Sprache im Fachunterricht bislang nur in Ansätzen umgesetzt (Becker-Mrotzek, Hentschel, Hippmann & Linnemann, 2012). Zusätzlich stellt Thürmann (2012) in einer Analyse vieler Unterrichtsbeobachtungen fest, dass im Fachunterricht Schreiben als Medium des fachlichen Lernens wenig eingesetzt wird. Weiterhin besteht Handlungsbedarf bei der Entwicklung und der empirischen Überprüfung geeigneter didaktischer Modelle, um sprachbewusstes Lernen im Fachunterricht empirisch abgesichert zu ermöglichen (Beese & Roll, 2015).

Vor diesem Hintergrund werden im Projekt „Sprachbildung im Physikunterricht“ der Universität Duisburg-Essen (finanziert durch die Stiftung Mercator) Lehrerinnen und Lehrer für sprachliche Herausforderungen im Physikunterricht sensibilisiert. Zusätzlich werden Methoden und Werkzeuge vermittelt, die es ermöglichen, Sprachdefizite bei Schülerinnen und Schülern zu diagnostizieren, um auch im Fachunterricht Sprachkompetenzen gezielt und nachhaltig zu fördern. Ziel der begleitenden didaktischen Forschung ist es, ein Unterrichtskonzept zu entwickeln, das die Förderung sprachlicher Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern zielführend mit der Vermittlung von Fachinhalten verknüpft. Dafür werden funktionale sprachliche Muster identifiziert, die im Fachunterricht besonders bedeutsam sind. Für das hier vorliegende Unterrichtskonzept wird davon ausgegangen, dass durch Vernetzung sprachlicher und fachlicher Handlungen bei der Verschriftlichung fachlicher Inhalte durch funktionale Satzmuster ein positiver Effekt sowohl auf die fachlichen als auch auf die

sprachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler erzielt werden kann (Schmölzer-Eibinger & Thürmann, 2015; Wygotski, 1964).

Aufgrund der geringeren kognitiven Belastung und der geforderten Nachhaltigkeit und Progression bei der Förderung sprachlicher Fähigkeiten wird im entwickelten Unterrichtskonzept innerhalb einer Unterrichtseinheit nur ein sprachliches Muster aufgegriffen und eingeübt. Im Laufe weiterer Unterrichtseinheiten können weitere, für das Fach bedeutsame sprachliche Muster gelernt und eingeübt oder auf einer höheren Komplexitätsstufe aufgegriffen werden. Somit kann der Ansatz einer durchgängigen und nachhaltigen Sprachbildung im Unterricht umgesetzt werden (Gogolin & Lange, 2011).

Für eine erste Erprobung des Unterrichtskonzepts wurde eine Unterrichtsreinheit für die Unterstufe konzipiert, die konditionale Satzmuster in Unterricht zur Elektrizitätslehre integriert. Die Funktion konditionaler Satzmuster besteht u.a. in der Darstellung von Bedingungs-Folge-Relationen, die für die Dokumentation experimenteller Ergebnisse und die Vermittlung fachlicher Zusammenhänge entscheidend sind. Tabelle 1 stellt einen Ausschnitt der entwickelten Unterrichtseinheit dar und soll die Vernetzung der fachinhaltlichen und der sprachlichen Stundenziele verdeutlichen.

UE	<u>Fachinhaltliche Stundenziele</u> Die Schülerinnen und Schüler ...	<u>Sprachliche Stundenziele</u> Die Schülerinnen und Schüler ...
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- erarbeiten handlungsorientiert die Anschlussbedingung für einfache Stromkreise (die Bedingung für das Fließen von Strom)</li> <li>- verstehen, dass ein geschlossener Stromkreis die Voraussetzung für das Fließen von Strom ist</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lernen einfache konditionale Satzmuster (wenn-dann-Sätze) kennen und benutzen diese, um Bedingungen und Voraussetzungen zu formulieren</li> <li>- analysieren den Aufbau von Konditionalsätzen und reflektieren über die Funktion der beiden Satzteile bei der Beschreibung von Bedingungen</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lernen Leiter als Materialien kennen, durch die Strom fließen kann und Isolatoren als Materialien, durch die Strom nicht fließen kann</li> <li>- ordnen Materialien der Gruppe „Leiter“ oder der Gruppe „Isolator“ aufgrund von Beobachtungen experimentell zu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nutzen konditionale Satzformen (einfache wenn-dann Satzmuster) um Beobachtungen fachlich und sprachlich korrekt zu dokumentieren (Anwendung des Konzepts „Konditionalsatz“ im Kontext der Beobachtungsbeschreibung)</li> <li>- analysieren den Aufbau von Konditionalsätzen und reflektieren über die Funktion der beiden Satzteile bei der Beschreibung von Beobachtungen (Darstellung: abhängige und unabhängige Größe)</li> </ul>

Tab. 1: Fachinhaltliche und sprachliche Stundenziele für zwei Unterrichtsstunden der Unterrichtseinheit

### Forschungsfragen

Der Erfolg des entwickelten Unterrichtskonzepts wird im Rahmen der vorliegenden empirischen Begleitstudie überprüft. Für die empirische Überprüfung ergeben sich folgende Forschungsfragen:

FF1: In welchem Umfang können im Rahmen des Unterrichtskonzepts sprachliche Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern gesteigert werden?

FF2: Inwiefern wirkt sich die Förderung sprachlicher Fähigkeiten auf den fachlichen Lernerfolg aus?

### Method

Die Forschungsfragen werden durch eine quasiexperimentelle Interventionsstudie mit einer Experimental- und einer Kontrollgruppe im Prä-Post-Design beantwortet. Die Stichprobe setzt sich aus Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 6 und 7 zusammen, wobei die Jahrgangsstufendifferenz aus der Unterrichtsverteilung in den Unterstufen der Projektschulen resultiert. In der Tabelle 2 sind die zu erhebenden Konstrukte und der zeitliche Umfang der Intervention für die Experimental- und die Kontrollgruppe aufgelistet. Ebenfalls wird der inhaltliche Unterschied der Unterrichtseinheiten für die Intervention dargestellt. Während in der Unterrichtseinheit der Experimentalgruppe die Verschriftlichung fachlicher Inhalte und die Reflexion des Einsatzes konditionaler Satzmuster im Mittelpunkt stehen, werden in der Kontrollgruppe Fachinhalte in zusätzlichen Kontexten integriert und weitere Experimente durchgeführt.

	Experimentalgruppe	Kontrollgruppe
<b>Prätest</b> 2 Schulstunden	KFT, C-Test, Fachwissenstest Elektrizitätslehre, Umgang mit konditionalen Satzmustern	
<b>Intervention</b> 5 Doppelstunden	Unterrichtseinheit zum Themenbereich der Elektrizitätslehre <b>Verschriftlichung von Fachinhalten durch konditionale Satzmuster</b>	zusätzliche Fachinhalte und Experimente
<b>Posttest</b> 1 Schulstunde	Fachwissenstest Elektrizitätslehre, Umgang mit konditionalen Satzmustern	

Tab. 2: Studiendesign und Interventionsumfang

In der Prämessung werden in beiden Gruppen als Kontrollvariablen zunächst die kognitiven Fähigkeiten und die allgemeinen sprachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler erhoben. Items des KFT (Heller & Perleth, 2000) und des C-Tests (Bortz & Döring, 2006) werden so ausgewählt, dass die zu messenden Fähigkeiten beider Altersgruppen angemessen erfasst werden können. Die Testinstrumente zur Messung des Fachwissens im Themenbereich der Elektrizitätslehre und der Fähigkeiten im Umgang mit konditionalen Satzmustern werden für die Studie entwickelt. Der Fachwissenstest wird an bereits in anderen Studien eingesetzte Testinstrumente angelehnt (Krabbe & Fischer, 2015; Engelhardt & Beichner, 2003) und durch eigenständig entwickelte Items ergänzt. Das Testinstrument zum Umgang mit konditionalen Satzmustern wird eigenständig konstruiert. Beide Testinstrumente werden nach der Erprobung der Interventionsmaterialien pilotiert und in der Prä- und Postmessung der Hauptstudie eingesetzt.

### Ausblick

Die entwickelten Unterrichtseinheiten und Testinstrumente werden im ersten Halbjahr des Schuljahres 2016/2017 pilotiert. Die Hauptstudie ist für den Anfang des Schuljahres 2017/2018 geplant. Für weitere empirische Absicherung kann das Unterrichtskonzept in anderen Settings eingesetzt werden. Dafür bietet sich eine Variation der sprachlichen und fachlichen Inhalte oder der Stichprobe an.

**Literatur**

- Becker-Mrotzek, M., Hentschel, B., Hippmann, K. & Linnemann, M. (2012). Sprachförderung in deutschen Schulen - die Sicht der Lehrerinnen und Lehrer. Von [http://www.mercator-institut-sprachfoerderung.de/fileadmin/user\\_upload/Lehrerumfrage\\_Langfassung\\_final\\_30\\_05\\_03.pdf](http://www.mercator-institut-sprachfoerderung.de/fileadmin/user_upload/Lehrerumfrage_Langfassung_final_30_05_03.pdf) [07.10.2016]
- Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E., & Vollmer, H. (2013). Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen. Münster: Waxmann.
- Beese, M. & Benholz, C. (2013). Sprachförderung im Fachunterricht - Voraussetzungen, Konzepte und empirische Befunde. In C. Röhner, & B. Hövelbrinks (Hrsg.), Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache - Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen (S. 37-57). Weinheim und Basel: Beltz Juventa.
- Beese, M. & Roll, H. (2015). Textsorten im Fach - zur Förderung von Literalität im Sachfach in Schule und Lehrerbildung. In C. Benholz, M. Frank, & E. Gürsoy (Hrsg.), Deutsch als Zweitsprache in allen Fächern. Konzepte für die Lehrerbildung und Unterricht (S. 51-72). Stuttgart: Ernst Klett Sprachen. Duit, R., Gropengießer, H., & Stäudel, L. (2004). Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag
- Bergeler, E. (2009). Lernen durch eigenständiges Schreiben von sachbezogenen Texten im Physikunterricht. Eine Feldstudie zum Schreiben im Physikunterricht am Beispiel der Akustik. Dissertation. technische Universität Dresden.
- Buhlmann, R., & Fearn, A. (2000). Handbuch des Fachsprachenunterrichts: unter besonderer Berücksichtigung naturwissenschaftlich-technischer Fachsprache. Tübingen: Narr.
- Gogolin, I. & Lange, I. (2011). Bildungssprache und durchgängige Sprachbildung. In: Furestenau, Sara & Gomola, Mechthild (Hrsg.), Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit. Wiesbaden: VS, 107-127
- KMK. (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz - Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Bildungsabschluss (Beschluss vom 16. Dezember 2004). München: Wolters Kluwer.
- Langer, J. A. & Appleby, A. N. (1987). How writing shapes thinking: A study of teaching and learning. Urbana, IL: National Council of Teachers of English.
- Ministerium für Schule, Jugend und Kinder (Hrsg.). (1999). Förderung in der deutschen Sprache als Aufgabe des Unterrichts in allen Fächern - Empfehlung. Frechen: Ritterbach Verlag.
- Thürmann, E. (2012). Lernen durch Schreiben? Thesen zur Unterstützung sprachlicher Risikogruppen im Sachfachunterricht. Von dieS-online 1: [http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2012/8668/pdf/DieS\\_online-2012-1.pdf](http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2012/8668/pdf/DieS_online-2012-1.pdf) [07.10.2016]
- Schmölzer-Eibinger, S. & Thürmann, E. (Hrsg.). (2015). Schreiben als Medium des Lernens : Kompetenzentwicklung durch Schreiben im Fachunterricht. Münster: Waxmann.
- Wygotski, L. (1964). Denken und Sprachen. Berlin: Akademie Verlag.

Thomas Schlake<sup>1</sup>  
 Heiko Krabbe<sup>2</sup>  
 Hans E. Fischer<sup>1</sup>  
 Hendrik Härtig<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg Essen  
<sup>2</sup>Ruhr-Universität Bochum

## **Autonomieunterstützendes Cross-Age-Peer-Tutoring beim Experimentieren**

### **Hintergrund**

Für Lehr-Lernsituationen wird angenommen, dass Autonomieunterstützung unter anderem zu einem höheren Kompetenzerleben und zu einem besseren konzeptuellen Verständnis von Lerninhalten führt (Reeve, 2002). Autonomieunterstützung beinhaltet (I) das Ermöglichen vom Arbeiten im eigenen Tempo, (II) das Eröffnen von Handlungs- und Wahlfreiheit, (III) die Verwendung einer nicht-kontrollierenden Sprache und (IV) die Anerkennung der Perspektive und Gefühle der Lernenden (Reeve, 2009; Su & Reeve, 2011; Kaur, Awang-Hashim & Noman, 2016).

Die Wirksamkeit von Interventionen bezüglich Autonomieunterstützung kann durch drei Konstrukte bewertet werden: Eine geänderte Neigung zur Autonomieunterstützung, eine geänderte gezeigte Autonomieunterstützung im Unterricht und eine geänderte wahrgenommene Autonomieunterstützung der betreuten Schülerinnen und Schüler (Su & Reeve, 2011). Dabei lassen sich sowohl die Neigung zur Autonomieunterstützung als auch die gezeigte Umsetzung intervenieren (Reeve, 1998; Reeve, Jang, Carrell, Jeon & Barch, 2004), wobei der gemessene Interventionserfolg von dem zur Bewertung ausgewählten Konstrukt abhängt (Su & Reeve, 2011). Die Neigung zur Autonomieunterstützung hängt mit der gezeigten Umsetzung zusammen und letztere beeinflusst die wahrgenommene Autonomieunterstützung (Reeve, Bolt & Cai, 1999; Cheon, Reeve & Moon, 2012).

Im Rahmen von Interventionen bezüglich Autonomieunterstützung wurde ein weiteres Konstrukt, die sogenannte generelle Kausalitätsorientierung untersucht (Su & Reeve, 2011), die drei motivationale Orientierungen unterscheidet: Eine hohe autonome Orientierung bedeutet, dass das eigene Handeln an Interessen und persönlichen Zielen orientiert wird, eine hohe Kontrollorientierung bedeutet, dass das Verhalten der Handelnden an Vorgaben, Belohnungen und Grenzen orientiert ist und eine hohe unpersönliche Orientierung indiziert, dass das eigene Verhalten nicht so reguliert werden kann, dass gewünschte Konsequenzen erreicht werden können (Deci & Ryan, 1985). Die autonome Kausalitätsorientierung hängt positiv mit der Neigung zur Autonomieunterstützung zusammen (Reeve et al., 1999; Deci & Ryan, 1985). Kausalitätsorientierungen sind außerdem zwar zeitlich stabil (Deci & Ryan 1985), sie können jedoch, ebenso wie die Neigung zur Autonomieunterstützung, durch Interventionen geändert werden (Kaur et al., 2016).

Für Interventionen bezüglich Autonomieunterstützung wird vermutet, dass Kausalitätsorientierungen den Interventionserfolg moderieren (Su & Reeve, 2011). Weiterhin konnte in einer Interventionsstudie gezeigt werden, dass der Interventionserfolg der Teilnehmenden mit einer hohen Kontrollorientierung stark mit der „konzeptuellen Zustimmung vs. Ablehnung“ der präsentierten Inhalte zusammenhängt (Reeve, 1998). Die konzeptuelle Zustimmung bzw. Ablehnung der Teilnehmenden beschreibt die wahrgenommene Anwendbarkeit der Interventionsinhalte auf den Lehralltag, wie nutzbringend und glaubwürdig die Informationen empfunden werden und wie sehr diesen Informationen zugestimmt wird (Reeve, 1998).

Im Rahmen der vorliegenden Studie wird autonomieunterstützendes Cross-Age-Peer-Tutoring untersucht. Tutoren neigen ohne Training eher zu einer engen Anleitung bzw. geben Lösungsschritte vor (Roscoe & Chi, 2008). Somit fehlen den Betreuten (Tutees) Gelegenheiten, um im eigenen Tempo zu arbeiten. Obwohl erste Evidenzen vorliegen, dass Tutoren Autonomieunterstützung lernen können und diese auch so wahrgenommen wird

(Müller, unveröffentlicht), wurden bisher nicht alle der oben genannten Möglichkeiten der Autonomieunterstützung (I bis IV) bei Tutoren der Sekundarstufe I trainiert. Weiterhin wurde bisher nicht untersucht, ob die Neigung der Tutoren zur Autonomieunterstützung geändert werden kann und ob das deklarative Wissen über Autonomieunterstützung mit der gezeigten Umsetzung zusammenhängt. Insgesamt ergeben sich folgende Forschungsfragen:

FF1: In welchem Umfang lässt sich durch eine Intervention die Einstellung zur Autonomieunterstützung bei Tutoren verändern?

FF2: Wie hängen das deklarative Wissen über Autonomieunterstützung und die Einstellung dazu mit der im Tutoring gezeigten Autonomieunterstützung zusammen?

FF3: Inwiefern nehmen die Tutees die Autonomieunterstützung der Tutoren als solche wahr?

### Methoden

Im Projekt Laborhelfer (finanziert durch die Stiftung Mercator) werden Schülerinnen und Schüler (Tutoren) der achten Jahrgangsstufe in einer Interventionsstudie für ein autonomieunterstützendes Tutoring von jüngeren Schülerinnen und Schülern (Tutees) beim Experimentieren ausgebildet. Die Ausbildung der Tutoren besteht aus drei Teilen: Im ersten Ausbildungsabschnitt lernen sie Grundlagen der Elektrizitätslehre und beschäftigen sich mit Betreuungsexperimenten für die Tutees. Diese Experimente betreuen sie im Rahmen des zweiten Ausbildungsteils zum Sammeln von Betreuungserfahrungen. Die ersten beiden Ausbildungsteile finden an den teilnehmenden Schulen statt und werden nicht beforscht. Der dritte Teil der Ausbildung wird von der Universität Duisburg-Essen durchgeführt, umfasst ein zweitägiges Seminar und stellt eine Intervention mit vorhergehender Prämessung dar. Etwa eine Woche nach der Intervention findet eine erneute Erhebung für einen Prä-Post-Vergleich statt. Zusätzlich werden die Tutoren bei der Betreuung eines standardisierten Experimentes videografiert und die Tutees zur Wahrnehmung der Betreuung befragt.

Möglichkeiten der Autonomieunterstützung	Beschreibende Merkmale
(I) Arbeiten im eigenen Tempo ermöglichen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lösungen werden nicht vorgeschagt/ vorgemacht, es sei denn, der Tutee bittet um Hilfe oder arbeitet nicht</li> <li>- Keine Unterbrechung von inhaltlichen Tuteehandlungen</li> <li>- Ermunterung des Tutees zum eigenständigen Arbeiten</li> </ul>
(II) Handlungs- und Wahlfreiheit ermöglichen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hinweise werden erst offen (inhaltlich allgemein oder strategisch), dann zunehmend konkreter gegeben</li> <li>- Handlungs- und Wahlfreiheiten werden angeboten</li> </ul>
(III) Verwendung einer nicht-kontrollierenden Sprache	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine Imperative (z.B. „Erkläre...“/ „Nimm...“)</li> <li>- Keine „muss“-/„soll“-Aussagen</li> <li>- Keine wiederholenden Anweisungen</li> <li>- Keine auffordernden Fragen („Kannst du das rote Kabel mit dem schwarzen Stecker verbinden?“)</li> </ul>
(IV) Anerkennung der Perspektive und Gefühle der Lernenden	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verständnis und Ermutigung bei Schwierigkeiten</li> <li>- Eingehen auf Tuteeäußerungen</li> <li>- Lob für Fortschritt</li> </ul>

Tab.1: Beschreibung der Möglichkeiten der Autonomieunterstützung

Die Intervention baut dabei auf bestehende Interventionen bezüglich Autonomieunterstützung und einer Metaanalyse zu deren Wirksamkeit auf (Reeve, 1998; Reeve et al., 2004; Su & Reeve, 2011; Müller, Berger & Hänze, 2014). Entsprechend der Ergebnisse der Metaanalyse findet das Training in einem Laborsetting an der Universität Duisburg-Essen statt, die Intervention hat eine mittlere Länge von zwei Tagen und nutzt sowohl analoge als auch digitale Medien. Weiterhin werden Wissen über Autonomieunterstützung durch Vorträge und Arbeitsblätter vermittelt und Verhaltensweisen zur Autonomieunterstützung durch Rollenspiele eingeübt. Die Interventionsinhalte sind die oben vorgestellten Möglichkeiten der Autonomieunterstützung (I bis IV). Eine Operationalisierung der Inhalte kann Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 2 listet die zu erhebenden Konstrukte der Prä- und Postmessung, der Videografie und der Befragung der Tutees auf. Bestehende Fragebögen zur Erfassung der Neigung zur Autonomieunterstützung können für die vorliegende Studie nicht genutzt werden, weil die Items nicht für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I geeignet sind (Deci, Nezlek & Sheinman, 1981; Reeve et al., 2014). Deshalb wird ein Fragebogen entwickelt, der einerseits die Möglichkeiten der Autonomieunterstützung (I bis IV) berücksichtigt und andererseits von Schülerinnen und Schülern der achten Klasse bearbeitet werden kann.

Messzeitpunkt	Konstrukt
Prämessung Tutoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neigung zur Autonomieunterstützung</li> <li>- Wissen über Autonomieunterstützung</li> <li>- Generelle Kausalitätsorientierung</li> <li>- Kognitive Fähigkeit</li> </ul>
Postmessung Tutoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neigung zur Autonomieunterstützung</li> <li>- Wissen über Autonomieunterstützung</li> <li>- Generelle Kausalitätsorientierung</li> <li>- Wissen über das Betreuungsexperiment</li> <li>- Konzeptuelle Zustimmung vs. Ablehnung</li> </ul>
Videografie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gezeigte Autonomieunterstützung</li> </ul>
Messung Tutees	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wahrgenommene Autonomieunterstützung</li> <li>- Wahrgenommene Kontrolle durch den Betreuer</li> <li>- Befriedigung und Frustration des Autonomiebedürfnisses</li> <li>- Befriedigung und Frustration des Kompetenzbedürfnisses</li> </ul>

Tab.2: Übersicht über die zu erhebenden Konstrukte

Ein bereits existierendes Instrument zur Erhebung der generellen Kausalitätsorientierung kann ebenfalls aufgrund der mangelnden Passung an die Zielgruppe nicht genutzt werden (Deci & Ryan, 1985), weshalb in Analogie zum existierenden Instrument ein altersgerechtes Instrument entwickelt wird. Die Betreuungssituationen werden videobasiert mit Hilfe eines Kategoriensystems ausgewertet, welches sich an bestehende Instrumente zur Erhebung von gezeigter Autonomieunterstützung anlehnt (Reeve et al., 2004; Cheon et al., 2012; Kaur et al., 2016).

Die Items zur „konzeptuellen Zustimmung vs. Ablehnung“ sowie die Items zur Erhebung der wahrgenommenen Autonomieunterstützung, Kontrolle durch den Betreuer usw. werden den jeweiligen Studien entnommen und an die Randbedingungen der vorliegenden Studie angepasst (Reeve, 1998; Jang, Kim & Reeve, 2016). Die anstehende Pilotierung soll die Reliabilität und Validität aller Messinstrumente vor der Haupterhebung gewährleisten.

**Literatur**

- Cheon, S.H., Reeve, J., & Moon, I.S. (2012). Experimentally based, longitudinally designed, teacher-focused intervention to help physical education teachers be more autonomy supportive toward their students. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 34, 365 – 396.
- Deci, E. L., Nezlek, J., & Sheinman, L. (1981). Characteristics of the rewarder and intrinsic motivation of the rewardee. *Journal of Personality and Social Psychology*, 40, 1 – 10.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). The general causality orientations scale: Self-Determination in personality. *Journal of Research in Personality*, 19, 109 – 134.
- Jang, H., Kim, E.J., & Reeve, J. (2016). Why students become more engaged or more disengaged during the semester: A self-determination theory dual-process model. *Learning and Instruction*, 43, 27 – 38.
- Kaur A., Awang-Hashim, R., & Noman, M. (2015). Teacher autonomy support intervention as a classroom practice in a Thai school. *Journal for Multicultural Education*, 9, 10 – 27.
- Müller, M., Berger, R., & Hänze, M. (2014). Entwicklung von Trainings zur Verbesserung der Unterstützung qualität im Cross-Age Tutoring. In: S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science und Fachunterricht* (S. 282 – 284). Kiel: IPN.
- Reeve, J. (1998). Autonomy support as an interpersonal motivating style: Is it teachable? *Contemporary Educational Psychology*, 23, 312 – 330.
- Reeve, J., Bolt, E., & Cai, Y. (1999). Autonomy-supportive teachers: How they teach and motivate students. *Journal of Educational Psychology*, 91(3), 537 – 548.
- Reeve, J. (2002). Self-determination theory applied to educational settings. In: E. L. Deci & R. M. Ryan (Hrsg.), *Handbook of self-determination research* (S. 183–203). Rochester, NY: University of Rochester Press.
- Reeve, J., Jang, H., Carrell, D., Jeon, S., & Barch, J. (2004). Enhancing students' engagement by increasing teachers' autonomy support. *Motivation and Emotion*, 28(2), 147 – 168.
- Reeve, J. (2009). Why teachers adopt a controlling motivating style toward students and how they can become more autonomy supportive. *Educational Psychologist*, 44(3), 159 – 175.
- Reeve, J., Vansteenkiste, M., Assor, A., Ahmand, I., Cheon, S. H., Jang, H., ... Wang, C. K. J. (2014). The beliefs that underlie autonomy-supportive and controlling teaching: A multinational investigation. *Motivation and Emotion*, 38, 93 – 110.
- Roscoe, R. D., & Chi, M. T. H. (2008). Tutor learning: the role of explaining and responding to questions. *Instructional Science*, 36, 321 – 350.
- Su, Y. L., & Reeve, J. (2011). A meta-analysis of the effectiveness of intervention programs designed to support autonomy. *Educational Psychology Review*, 23, 159 – 188.

### **Sprachbildende Maßnahmen im Sachunterricht - eine Re-Analyse von Unterrichtsvideos**

Der Sachunterricht (SU) hat zum Ziel, die Auseinandersetzung mit der Lebenswelt anzuregen und zu fördern (GDSU, 2013). Für eine lernwirksame Auseinandersetzung mit der Lebenswelt ist der Austausch von Überlegungen, Beobachtungen und Ergebnissen unabdingbar (MSW NRW, 2008). Hierfür benötigen die SchülerInnen mündliche und schriftliche Fähigkeiten, welche sich über das gesamte fachsprachliche Repertoire erstrecken. Sowohl auf der Wortebene (z. B. Fachbegriffe) als auch der Satz- und Textebene müssen die SchülerInnen fachspezifische Sprachstrukturen erlernen (Beese et al., 2014). Weiterhin soll der SU die jungen Lernenden auch auf die inhaltliche, methodische und fachsprachliche Arbeit in den Schulfächern der Sekundarstufe I vorbereiten (z. B. Archie, Rank, & Franz, 2014; Benholz & Rau, 2011; Quehl & Trapp, 2013). Die breite Anlage der Inhalte im Sachunterricht, bestehend aus Gesellschafts- und Naturwissenschaften wie auch vielperspektivischen Inhalten, erfordert zudem die Auseinandersetzung mit ganz unterschiedlichen fachsprachlichen Strukturen. Während beim historischen Lernen Vergangenheitsformen und das Lesen historischer Quellen eingeübt werden müssen, ist beim naturwissenschaftlichen Lernen der Umgang mit unpersönlichen Ausdrücken, Fachverben mit festen Präpositionen oder fachspezifischen Abkürzungen zu erlernen (Beese et al., 2014).

Die sprachlichen Herausforderungen im SU sind nur fragmentarisch beschrieben und beschränken sich zumeist auf naturwissenschaftliche Themen, vor allem das Experimentieren im SU findet Berücksichtigung (Quehl & Trapp, 2013). SU-Lehrkräfte müssen daher auf Erkenntnisse und Materialien der Sekundarstufe I zurückgreifen. In den naturwissenschaftlichen Bezugsfächern der Sekundarstufe I, darunter auch Chemie oder Physik, liegen bereits viele Projekte vor, in denen Fördermaßnahmen entwickelt und erprobt wurden (Beese & Siems, 2015). Auch einige wenige Projekte zu gesellschaftswissenschaftlichen Themen liegen nach Altun, Günther und Oleschko (2015) vor.

Sprachliche Stolpersteine im SU müssen die Lehrkräfte also weitgehend selbst identifizieren. Unter Berücksichtigung der individuellen Voraussetzungen der GrundschülerInnen müssen sie dann sprachbildende Maßnahmen zur Bewältigung der Stolpersteine planen, durchführen und evaluieren (Beese & Roll, 2015). Für einen kompetenten Umgang mit fachsprachlichen Herausforderungen müssen Lehrkräfte im Laufe der Ausbildung unterschiedliche Maßnahmen erlernen, mit denen sie die Sprachbildung ihrer Lernenden in allen Inhaltsbereichen des SU unterstützen können. Dabei sind zwei Arten von Maßnahmen zu unterscheiden. Einerseits gibt es *grundlegende Maßnahmen*, die essentiell für das Gelingen sprachbildenden Fachunterrichts sind. Dazu gehört beispielsweise, dass verschiedene Interaktionsangebote den SchülerInnen ermöglichen, sich auf unterschiedliche Art und Weise auszudrücken und dass innerhalb einer Unterrichtsstunde unterschiedliche Aufgaben gestellt werden, deren Beantwortung auf unterschiedlichem Anforderungsniveau erfolgen kann. Andererseits gibt es *spezifisch sprachbildende Maßnahmen*, etwa die bewusste Unterstützung bei der Anwendung fachsprachlicher Strukturen in Form von Wortspeichern oder Satzanfängen. Diese Maßnahmen erfordern in hohem Maße diagnostische Kompetenz in Bezug auf die individuellen Schülervoraussetzungen wie auch eine dezidierte Analyse der sprachlichen Anforderungen, die der Lerngegenstand mit sich bringt.

### Forschungsfrage & Annahmen

*FF:* In welchem Ausmaß gelingt es angehenden Lehrkräften über den Verlauf des Vorbereitungsdienstes, qualitätsvolle sprachbildende Maßnahmen im SU umzusetzen?

*Annahmen:* Der Einsatz sprachbildender Maßnahmen gelingt in einigen Qualitätsaspekten besser als in anderen und fällt in den naturwissenschaftlichen Stunden höher aus als in gesellschaftswissenschaftlichen oder vielperspektivischen Stunden.

### Material & Methoden

Für die Analyse werden Videodaten aus dem Projekt EuLe (Windt & Rumann, 2016) herangezogen. Bei zwölf angehenden Lehrkräften wurden je ein verpflichtender Unterrichtsbesuch zu Beginn, in der Mitte und am Ende des Vorbereitungsdienstes videographiert (Abb. 1).

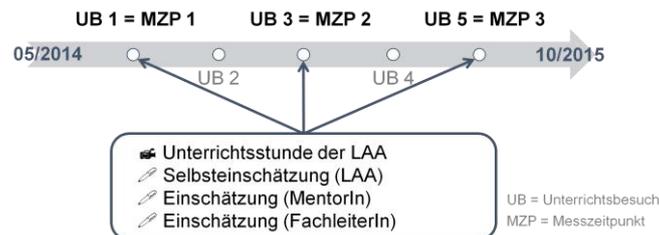


Abb. 1: Studiendesign im Projekt EuLe, Teilprojekt Unterrichtsdurchführung

Die Unterrichtsvideographien wurden inhaltsanalytisch ausgewertet. Dafür wurde ein Kategoriensystem für qualitätsvolle Sprachbildung im SU entwickelt (Abb. 2), welches auf den Merkmalen der Unterrichtsqualität im SU (Rau, Windt & Rumann, 2015) basiert. Das Kategoriensystem beschreibt qualitätsvolle Sprachbildung in zehn Facetten, welche wiederum in 29 Kriterien differenziert werden. Die Facetten lassen sich in grundlegende und spezifisch sprachbildende Maßnahmen einteilen:

- *Grundlegende Maßnahmen:* Fachliche Klarheit, Sprachliche Klarheit, Interaktionsangebote, Differenzierung des sprachlichen Anforderungsbereiches, Positive Fehlerkultur
- *Spezifisch sprachbildende Maßnahmen:* kognitive Strategien, Differenzierung der Lernzeit, Förderung und Anwendung der Fachsprache, Individuelle Dokumentation, Arbeitsmethoden der Sprachbildung

Die qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) führten drei Kodiererrinnen im Rahmen ihrer Qualifikationsarbeiten mithilfe der Software MAXQDA durch. Interkoder-Übereinstimmungen bei  $n = 8$  Unterrichtsvideos, bezogen auf die 29 Kriterien, sind mit 66,4% akzeptabel.

### Ergebnisse

Die Analysen<sup>1</sup> zeigen, dass auch zum Ende des Vorbereitungsdienstes Maßnahmen, die die Sprachbildung der Lernenden fördern, zum Teil nur marginal berücksichtigt werden (Tab. 1). Während in fast allen Dokumenten die Facetten 1 bis 4 (= grundlegende Maßnahmen) in hohem Maße ausgeprägt sind, weisen die übrigen Facetten (= spezifisch sprachbildende Maßnahmen) eine geringfügigere Ausprägung auf. Darüber hinaus ist Tab. 1 zu entnehmen, dass die Facetten von Beginn zum Ende des Vorbereitungsdienstes weniger umgesetzt werden.

<sup>1</sup> Die Facette ‚Positive Fehlerkultur‘ konnte aufgrund der nicht vorliegenden Audioaufnahmen der SchülerInnen nur unzureichend bewertet werden (Auberg & Hoyer, 2015; Ludigkeit, 2015) und fließt nicht in die weiteren Ergebnisse mit ein.

Facette	1 Fachliche Klarheit	2 Sprachliche Klarheit	3 Interaktionsangebote	4 Differenzierung des sprachl. AFB	5 kognitive Strategien	6 Differenzierung der Lernzeit	7 Förderung & Anwendung der Fachsprache	8 Individuelle Dokumentation	9 Arbeitsmethoden der Sprachbildung
MZP1	11.0	12.0	9.7	12.0	8.0	5.5	4.5	5.7	4.0
MZP2	11.5	12.0	8.7	9.0	4.3	3.0	3.3	4.7	1.7
MZP3	11.0	12.0	9.7	10.3	2.0	3.0	1.8	2.0	1.3

Tab. 1: Veränderung des Einsatzes von 9 sprachbildenden Facetten zu den MZP 1, 2 und 3, abgetragen über „Treffer in ... Dokumenten“, maximale Ausprägung = 12

Betrachtet man die Inhaltsbereiche des SU, so unterscheidet sich die Umsetzung sprachbildender Maßnahmen nur geringfügig zwischen naturwissenschaftlichen, gesellschaftswissenschaftlichen und vielperspektivischen Stunden. Auffälligkeiten zeigen sich auch hier mit Blick auf die spezifisch sprachbildenden Facetten 5 bis 9. So wird etwa ‚Individuelle Dokumentation‘ mit 44% im naturwissenschaftlichen Unterricht deutlich mehr umgesetzt als im gesellschaftswissenschaftlichen (29%) oder vielperspektivischen (27%) Unterricht. In vielen Fällen ist die von der Lehrkraft gewählte Dokumentationsform sachgemäß: Protokolle finden den Einsatz bei Versuchen; bei technischen Konstruktionen werden Skizzen angefertigt. Allerdings finden die Kriterien ‚individuelle Dokumentation‘ (auch sprachlich individuell) und ‚prozessbezogene Dokumentation‘ weniger Beachtung.

Bei den ‚Arbeitsmethoden der Sprachbildung‘ schneiden die naturwissenschaftlichen Stunden mit 16% etwas schlechter ab, als die gesellschaftswissenschaftlichen (22%) und vielperspektivischen (27%) Stunden. Methoden für die rezeptive oder produktive Arbeit an und mit Sachtexten finden im naturwissenschaftlichen SU kaum Berücksichtigung. Das Methodentraining wurde bei allen Inhaltsbereichen vernachlässigt.

### Diskussion & Ausblick

In der ersten Phase der Lehramtsausbildung scheint es zu gelingen, angehenden Lehrkräften eine Grundkompetenz für Sprachbildung zu vermitteln. Die analysierten Unterrichtsstunden sind bereits zu Beginn des Vorbereitungsdienstes inhaltlich und sprachlich klar. Auch können die zwölf angehenden Lehrkräfte schon beim ersten Unterrichtsbesuch eine große Variation an Interaktionsangeboten anbieten und sprachliche Anforderungsbereiche variieren, sodass auch eine heterogene Schülerschaft vom Unterrichtsangebot profitieren kann.

Die spezifisch sprachbildenden Maßnahmen sind zu Beginn des Vorbereitungsdienstes entwicklungsbedürftig ausgeprägt und finden zum Ende des Vorbereitungsdienstes fast gar keine Berücksichtigung mehr. Entweder scheint für die angehenden Lehrkräfte mit Implementation der Maßnahmen zu Beginn der gemeinsamen Arbeit eine ‚Grundlage geschaffen‘ zu sein, die nicht weiter trainiert werden muss, oder aber die steigenden Anforderungen des Vorbereitungsdienstes verdrängen sprachbildende Maßnahmen zunehmend. Aufgrund der allgemein eher niedrigen Umsetzung spezifischer Maßnahmen scheint es, dass vorliegende Fördereinheiten nur wenig Beachtung finden oder möglicherweise nicht auf den SU übertragbar sind.

Es ist also erforderlich, konkrete sprachliche Anforderung aller Inhaltsbereiche des SU zu analysieren und Materialien zum Umgang mit diesen Anforderungen zu erproben. Darüber hinaus sollte das Thema Sprachbildung im Fachunterricht als Beitrag zu Unterrichtsqualität verpflichtend in die Lehrerbildung Einzug halten. Dies gelingt bereits in Bezug auf grundlegende Maßnahmen. Betrachtet man die Umsetzung spezifisch sprachbildender Maßnahmen, so besteht dort Handlungsbedarf.

**Literatur**

- Altun, T., Günther, K., & Oleschko, S. (2015). Bildungspolitische Voraussetzungen für sprachbildenden Unterricht in den Fächern des Fächerverbundes Gesellschaftslehre/Gesellschaftswissenschaften. In: C. Benholz, M. Frank & E. Gürsoy (Hg.). *Deutsch als Zweitsprache in allen Fächern. Konzepte für Lehrerbildung und Unterricht* (S. 105-122). Stuttgart: Klett.
- Archie, C., Frank, A., & Franz, U. (2014). Sprachbildung im und durch Sachunterricht. In A. Hartinger & K. Lange (Hrsg.). *Sachunterricht – Didaktik für die Grundschule* (S. 198-206). Berlin: Cornelsen.
- Auberg, J. & Hoyer, J. (2015). Entwicklung der Sprachbildung als Unterrichtsqualitätsmerkmal im Sachunterricht über den Verlauf des Vorbereitungsdienstes. Unveröffentlichte Bachelor-Arbeit, Universität Duisburg-Essen: Essen.
- Beese, M., Benholz, C., Chlosta, C., Gürsoy, E., Hinrichs, B., Niederhaus, C., & Oleschko, S. (2014). *Sprachbildung in allen Fächern*. München: Klett.
- Beese, M. & Roll, H. (2015). Textsorten im Fach – zur Förderung von Literalität im Sachfach in Schule und Lehrerbildung. In: C. Benholz, M. Frank & E. Gürsoy (Hg.). *Deutsch als Zweitsprache in allen Fächern. Konzepte für Lehrerbildung und Unterricht* (S. 51-72). Stuttgart: Klett.
- Beese, M. & Siems, M. (2015). Fachsprache konkret: Zentrale Elemente von Sprache im textsorten- und operatorenbasierten Unterricht in den Naturwissenschaften. In: C. Benholz, M. Frank & E. Gürsoy (Hg.). *Deutsch als Zweitsprache in allen Fächern. Konzepte für Lehrerbildung und Unterricht* (S. 93-104). Stuttgart: Klett.
- Benholz, C. & Rau, S. (2011). Möglichkeiten der Sprachförderung im Sachunterricht der Grundschule, Verfügbar unter: [[https://uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/sprachfoerderung\\_sachunterricht\\_grundschule.pdf](https://uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/sprachfoerderung_sachunterricht_grundschule.pdf)] [23.08.2016].
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (Vollständig überarb. und erw. Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Ludigkeit, S. (2015). Sprachbildung als Unterrichtsqualitätsmerkmal im Sachunterricht zu Beginn des Vorbereitungsdienstes. Unveröffentlichte Bachelor-Arbeit, Universität Duisburg-Essen: Essen.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11., aktual. u. überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW NRW) (2008): *Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule. Lehrplan Sachunterricht*. Frechen: Ritterbach Verlag.
- Quehl, T. & Trapp, U. (2013). *Sprachbildung im Sachunterricht der Grundschule. Mit dem Scaffolding-Konzept unterwegs zur Bildungssprache*. Münster: Waxmann.
- Rau, S., Windt, A. & Rumann, S. (2015). Entwicklung von Sachunterricht in der zweiten Phase der Lehrerbildung. In: S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 603-605). Kiel: IPN.
- Windt, A. & Rumann, S. (2016). EuLe: Planung, Durchführung & Reflexion von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 276). Universität Regensburg

## Modellexperimente im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess

### Ausgangslage

Modellexperimente zählen zu den Forschungsgegenständen, die in den Naturwissenschaften häufig eingesetzt werden. Bereits Ende des 16. Jahrhunderts wurde für Versuche zur Erforschung des Magnetismus ein Modell verwendet, das die Erde in Form einer Magnetkugel als Abbild verkörpern sollte (Gilbert, 1600). Gemein ist der Verwendung von Modellexperimenten unabhängig von deren Kontext, in dem das Modellexperiment durchgeführt wird, dass die Unverfügbarkeit bestimmter Phänomene den Gebrauch von Modellexperimenten notwendig machen und dass zur Problemlösung ähnliche Strategien – sozusagen modellexperimentelle Strategien – genutzt werden (Brandstetter, 2011). Unter Modellexperimenten werden im Folgenden Experimente zusammengefasst, die einen originalen Sachverhalt widerspiegeln und zum Beispiel aus Gründen ihrer Komplexität, des Gefahrenpotentials oder der Kosten nicht unmittelbar zur Verfügung stehen (Sommer et al., 2012). Zudem müssen zusätzlich die Analogien zwischen dem Original und dem Modellexperiment betrachtet werden, um das Modellexperiment mit dem Original in Beziehung setzen zu können.

### Motivation

Speziell für die Fachwissenschaft Chemie konnten in der Literatur keinerlei Hinweise darauf gefunden werden, dass eine einheitliche Verwendung des Begriffs oder eine Beschreibung der Sichtweise auf Modellexperimente vorliegt. Es lässt sich aber eine Vielzahl an fachwissenschaftlichen Publikationen wie Zeitschriftenartikel oder Dissertationen finden, in denen über Modellexperimente geschrieben wird. In der Datenbank SciFinder sind über 1 000 Einträge hinterlegt, die explizit mit dem Begriff „model experiment“ in Zusammenhang stehen. Andere damit verwandte Begriffe wie „model system“, „model substance“, „model reaction“ oder „model solution“ liefern weit mehr als 10 000 fachwissenschaftliche Publikationen.

Anhand der Aussagen, die in den fachwissenschaftlichen Publikationen über Modellexperimente vorhanden sind, kann eine Beschreibung der fachwissenschaftlichen Modellexperimente aus dem Fachbereich Chemie erarbeitet werden. Daraus resultiert die Möglichkeit der Erweiterung des Begriffs „Modellexperiment“ in Lehr-Lern-Situationen. Da im Chemieunterricht Modellexperimente als Mittel zur Erkenntnisvermittlung genutzt werden und damit ausschließlich einen Veranschaulichungscharakter einnehmen, wird durch die Sicht auf die Rolle von fachwissenschaftlichen Modellexperimenten den Schülerinnen und Schülern auch eine Sicht auf weitere Funktionen von Modellexperimenten – hier aus der wissenschaftlichen Perspektive – ermöglicht. Damit soll dem Ziel nachgegangen werden, den Schülerinnen und Schülern eine authentische Sichtweise auf naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen zu geben. Unter anderem wird durch die KMK gefordert, dass den Schülerinnen und Schülern eine „aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über [...] naturwissenschaftliche Forschung“ (Bildungsstandards Chemie (2004), Jgst. 10, S. 6) durch den Unterricht ermöglicht werden soll. Desweiteren ist im Kernlehrplan Chemie verankert, dass Schülerinnen und Schüler sich mit „spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinandersetzen“ sollen (KLP Chemie NRW G8 (2008), S. 8).

**Zielsetzung**

Das primäre Ziel von fachwissenschaftlichen Publikationen besteht darin, in den zur Verfügung stehenden Zeilen die experimentelle Vorgehensweise und die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen als Innovation darzustellen. Daher liegt es bei fachwissenschaftlichen Publikationen in der Natur dieses Formates, dass dort nicht die Intentionen des Einsatzes der Modellexperimente von den Autoren offen diskutiert werden. Deshalb findet eine Analyse der fachwissenschaftlichen Publikationen im Hinblick auf ihre Aussagen über Modellexperimente statt, um Modellexperimente im Kontext der Fachwissenschaft Chemie charakterisieren zu können.

**Methodisches Vorgehen**

Insgesamt ist das methodische Vorgehen zur Analyse der fachwissenschaftlichen Publikationen an die zusammenfassende Inhaltsanalytik angelehnt (Mayring, 2010, S. 68 f.). Ein entsprechendes Ablaufschema ist in Abbildung 1 dargestellt.

Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass Modellexperimente in der Fachwissenschaft Chemie zur Erzeugung von neuem Wissen, das heißt zur Erkenntnisgewinnung, genutzt werden. Dies geht unter anderem aus dem Artikel von Kohse-Höinghaus et al. (2010) über die Erforschung der Verbrennungschemie der Biokraftstoffe hervor: *„Neue experimentelle Methoden und Modellstudien erlauben detaillierte Einblicke in die hochkomplexen Netzwerke chemischer Reaktionen bei der Verbrennung von Biokraftstoffen. Die Chemie dieser Prozesse zu verstehen ist eine wichtige Voraussetzung für die verantwortungsbewusste Auswahl alternativer Kraftstoffe der nächsten Generation“* (Kohse-Höinghaus et al., 2010, S. 3653). Hieraus resultiert, dass die Erforschung der chemischen Prozesse mittels prototypischen Komponenten (das heißt Modellsubstanzen) erfolgt. Es werden Modellstudien daran durchgeführt, mit dem Ziel Erkenntnisse über das komplexere Original zu gewinnen.

**Identifikation der Quellen**

Ausgehend von der oben benannten Quelle wurden daraufhin weitere fachwissenschaftliche Publikationen, die Aussagen über Modellexperimente enthalten, untersucht, um die Rolle des Modellexperiments in der Fachwissenschaft zu erfassen. Zur Identifizierung relevanter Quellen wurden Auswahlkriterien aufgestellt. Dazu wurde eine Wortliste erstellt, die Wörter wie „Modellexperiment“, „Modellsubstanz“ und „Modellreaktion“ enthalten. Unter „sehr gut geeignet“ wurden diejenigen Quellen einsortiert, die mehrere unterschiedliche Begriffe aus der Wortliste beinhalten, und, wenn ein mehrmaliges Vorkommen dieser Begriffe gegeben ist. Außerdem sollten die Begriffe im gesamten Text aufzufinden sein und nicht ausschließlich im Titel oder in einem Sinnabschnitt verwendet worden sein. Desweiteren werden Quellen aus anderen Fachrichtungen wie der Biologie, Medizin oder Forstwirtschaft bei der Analyse ausgeklammert, da in diesen Disziplinen teilweise ein anderes Verständnis von Modellexperimenten zugrunde liegt.

### Analyse der Quellen

Zur Analyse wurden die inhaltstragenden Textstellen der ausgewählten Quellen zunächst mithilfe der Wortliste identifiziert. Im Anschluss daran wurden die Textstellen paraphrasiert und in mehreren Schritten abstrahiert, generalisiert und bei bedeutungsgleichem Inhalt zu einer Aussage gebündelt. Die einzelnen Aussagen aus den fachwissenschaftlichen Publikationen über Modellexperimente bilden dann jeweils die Kategorien, die thematisch zu Oberkategorien zusammengefasst werden. Anschließend findet eine Rücküberprüfung anhand des schon gesichteten Materials statt. Dazu wird das Kategoriensystem auf die fachwissenschaftlichen Quellen angewendet.



Abb. 1: Ablaufschema der Quellenanalyse - angelehnt an die zusammenfassende Inhaltsanalytik nach Mayring (2010)

### Erste Ergebnisse

Aus den bisherigen Analysen konnten erste Oberkategorien entwickelt werden. Es werden Aussagen über Einsatzfelder und Ziele von Modellexperimenten getroffen. Darunter wird am häufigsten genannt, dass Modellexperimente zum Verständnis der chemischen Prozesse eines Originals genutzt werden und anhand der experimentellen Ergebnisse der Modellexperimente Mechanismen entwickelt werden (sollen). Desweiteren finden sich Aussagen über die Legitimation von dem Einsatz des Modellexperiments. Außerdem existieren Aussagen über die Beziehung zwischen Modellexperiment und Original. Bei letzterer Oberkategorie wird unter anderem über die Nähe beziehungsweise Ferne des Modellexperiment-Systems und des Originalsystems zueinander gesprochen und darüber, bei welchen Voraussetzungen der Transfer von Erkenntnissen aus Modellexperimenten auf das Original möglich ist.

### Ausblick

Die hier vorgestellten Ergebnisse, die der Entwicklung eines Kategoriensystems zur Rolle von Modellexperimenten in der Fachwissenschaft Chemie dienen, stellen einen Ausschnitt der Ergebnisse aus den drei ersten analysierten Quellen dar. Im weiteren Verlauf der Analyse werden vier weitere Quellen mit in die Untersuchung mit einbezogen. Mithilfe dieses Kategoriensystems soll ein Fragebogen zur Untersuchung der Schülervorstellungen zur Rolle von fachwissenschaftlichen Modellexperimenten entstehen. Einzelne Kategorien werden dazu für den Fragebogen in Items umformuliert. Daraus wird in einem Folgeschritt unter Berücksichtigung bestehender Schülervorstellungen ein Konzept zur Thematisierung von Modellexperimenten im Unterricht entwickelt.

**Literatur**

- Brandstetter, T. (2011): Täuschend ähnlich – Bemerkungen zur Geschichte des Modellexperiments. In: Ber. Wissenschaftsgesch. 34 (2011) S. 207-223.
- Gilbert, W.: De magnete, magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure. Chiswick Press, London, 1600.
- Kernlehrplan Chemie NRW, G8 (2008).
- KMK (2004): Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10).
- Kohse-Höinghaus, K., Oßwald, P., Cool, T. A., Kasper, T., Hansen, N., Qi, F., Westbrook, C. K., Westmoreland, P. R.: Verbrennungschemie der Biokraftstoffe: von Ethanol bis Biodiesel. In: Angewandte Chemie (2010), 122, S. 3652-3679.
- Mayring, P.: Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Beltz Verlag, Weinheim, 2010, 11. aktualisierte und überarbeitete Auflage, S. 68 f.
- SciFinder: <https://scifinder.cas.org/> (zuletzt geöffnet am 22.09.2016)
- Sommer, K., Schröder, T. P., Schröder, L., Steff, H., Toschka, C., Fischer, R. A.: Modellexperimente im Chemieunterricht – Ein Beitrag zur Definition und zur Bestimmung des Modellierungsgrades. In: Chemkon (angenommen).
- Sommer, K., Klein, M., Steff, H., Pfeifer, P.: Modellexperimente – Zwischen Anschauungselement und Erkenntnisgewinnung. In: Unterricht Chemie 23 (2012), 132, S. 2-9.

Florian Gigl<sup>1</sup>  
 Eva Cauet<sup>1</sup>  
 Alexander Kauertz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Koblenz-Landau

## **Problemlösen im Physikunterricht: Lerngelegenheiten und Assessment?**

### **Problemlösen im Physikunterricht**

Problemlösen (PL) in außerschulischen Situationen wird als zentrales Anwendungsfeld des im Unterricht erworbenen physikalischen Fachwissens angesehen (Reinhold, Lind & Friege, 1999). In alltäglichen Problemsituationen sollen Lernende so agieren können, dass sie ohne zur Verfügung stehende Routinemethoden unter Einsatz von Fachwissen und Heuristiken einen gewünschten Zielzustand erreichen können (Klieme, Funke, Leutner, Reimann & Wirth, 2001).

Zoller (2003) bezeichnet die Vermittlung von Problemlösekompetenz und deren Teilkompetenzen als Primärziel von naturwissenschaftlichem Unterricht. Durch Einführung der Bildungsstandards in Deutschland sollen im Physikunterricht Inhalte und Methoden für „für das Fach typische Herangehensweisen an Aufgaben und Probleme“ in vier Kompetenzbereichen vermittelt werden (Kultusministerkonferenz, 2004, S. 6). Im höchsten Anforderungsbereich (AFB) sollen Lernende in der Lage sein, als Teilfähigkeiten des Problemlöseprozesses Wissen zu „transferieren und [zu] verknüpfen“ (AFB Fachwissen; Kultusministerkonferenz, 2004, S. 13), „Fachmethoden problembezogen aus[zu]wählen und an[zu]wenden“ (AFB Erkenntnisgewinnung; Kultusministerkonferenz, 2004, S. 13), sowie „Eigene Bewertungen vor[zu]nehmen“ (AFB Bewertung; Kultusministerkonferenz, 2004, S. 14).

Im Physikunterricht werden zur Vermittlung solcher Fähigkeiten verschiedene Methoden verwendet (z.B. Girwidz, 2010). Zum Erreichen höherer Fähigkeiten im Bereich Fachwissen werden im Schulunterricht häufig textgebundene analytische Problemlöseaufgaben eingesetzt (z. B. „Übungsaufgaben“, „Transferaufgaben“; Reinhold et al., 1999, S. 41). Diese erfordern von Lernenden das Anwenden von Fachwissen auf andere Kontexte zur Lösung einer Problemstellung und werden typischerweise nach der Erarbeitung neuer Fachinhalte eingesetzt (Kauertz & Fischer, 2010; Reinhold et al., 1999).

Zur Förderung von Fähigkeiten aus den Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung und Bewertung werden im Schulunterricht häufig Experimente eingesetzt (Girwidz, 2010). Klahr und Dunbar (1988) beschreiben den Prozess des Experimentierens als Wechselspiel aus theoriebasiertem Generieren von Hypothesen und deren Überprüfung an einem experimentellen Aufbau durch gezielte Variation von Variablen. Höttecke und Rieß (2015, S. 133) fügen hinzu, dass Experimentieren von „maßvollem Eingreifen“ in den Versuchsaufbau charakterisiert ist und auch die Identifikation von Fehlern und den Umgang mit diesen erfordert. Hammann, Phan und Bayrhuber (2008), sowie Hopf (2007) zeigen zudem, dass sich Methoden des hypothesengeleiteten Experimentierens auch als Strategien zum Problemlösen eignen.

### **Passung von Lerngelegenheiten und Assessment**

Im Rahmen der Bildungsstandards sollen Vergleichsstudien zu fachspezifischen Fähigkeiten zur Evaluation und Entwicklung von Schulunterricht genutzt werden (Kultusministerkonferenz & IQB, 2010). Diese werden auf internationaler Ebene um Schulleistungsstudien wie PISA oder TIMSS ergänzt (Leutner, Funke, Klieme & Wirth, 2005). Die hier überprüften Kompetenzen sind jedoch nicht mehr curricular verankert, stattdessen wird von „normativen

Vorstellungen einer breiten mathematisch-naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung“ (Klieme et al., 2001, S. 180) ausgegangen.

Im Rahmen von PISA und TIMSS wird die Problemlösefähigkeit von Lernenden erhoben. Bei TIMSS wird Problemlösen als höchstmögliche Ausprägung von Fachkompetenz angenommen, wogegen man bei PISA von einem domänenübergreifenden Konstrukt ausgeht, dessen Trennbarkeit von domänenspezifischem Wissen nachgewiesen werden konnte (Klieme et al., 2001; Leutner, Fleischer, Wirth, Greiff & Funke, 2012; Mullis & Martin, 2011). Mit Hinweis auf die Relevanz für außerschulische Anwendungssituationen wird Problemlösefähigkeit in PISA mithilfe „vorwissensneutraler“ (Greiff & Fischer, 2013, S. 38) Problemstellungen erhoben, die möglichst nah an lebenspraktische Kontexte angelehnt sind (Klieme et al., 2001). Zudem wird im Rahmen der PISA-Erhebungen von verschiedenen, empirisch trennbaren Problemtypen ausgegangen, die sich in ihrem Interaktionsbedarf unterscheiden (Leutner et al., 2012):

*Analytische* Probleme (Leutner et al., 2012) konfrontieren Lernende mit einer textbasierten Problembeschreibung, die alle zur Lösung nötigen Informationen enthält und die ggf. durch Deduktion abgeleitet und vor einem fachlichen Hintergrund interpretiert, oder auf ein kognitiv handhabbares Maß reduziert werden müssen. Zur Lösung des Problems muss auf theoretischer Ebene ein Lösungsvorgehen entwickelt und beschriftet werden. Eine Interaktion mit der Problemsituation ist nicht möglich.

*Komplexe* Probleme (Greiff & Fischer, 2013) konfrontieren den Lernen mit einer unvollständigen Problemsituation. Um fehlende Informationen über das System zu erschließen, muss der Lernende mit der Problemsituation interagieren. Die vollständige Lösung des Problems erfordert dabei die Lösung atomarer Teilprobleme.

Trotz der curricularen und fachinhaltlichen Entkopplung sieht die Konzeption von PISA vor, dass die erhobenen Fähigkeiten vorrangig im Schulunterricht vermittelt werden sollen (Klieme et al., 2001). Für den Physikunterricht ergibt sich damit die Frage nach der Passung zwischen den curricular verankerten Kompetenzziele und den Problemtypen, die im Rahmen von PISA erhoben wurden. Höttecke und Rieß (2015) stellen als wesentliches Trennungsmerkmal von textgebundenen Lerngelegenheiten und Experimenten die Notwendigkeit der aktiven Interaktion heraus. Bei Betrachtung von analytischen und komplexen Problemen findet sich ein vergleichbarer Unterschied. Unklar ist jedoch, inwiefern sich eine Verbindung zwischen interaktiven und nicht-interaktiven fachgebundenen Lerngelegenheiten und Problemtypen aus Large-Scale-Assessments herstellen lässt.

### **Forschungsfragen**

Zur Untersuchung der Passung von Lerngelegenheiten für Problemlösen und dem Assessment in PISA sollen drei Fragen untersucht werden:

Wie hängen Fähigkeiten zur Lösung unterrichtsnaher analytischer und experimenteller Probleme zusammen mit der Fähigkeit zur Lösung von Problemen, die

1. physikalisch komplex sind?
2. domänenübergreifend analytisch/komplex sind?
3. Wie hängen physikspezifische und domänenübergreifende komplexe Problemlösefähigkeit zusammen?

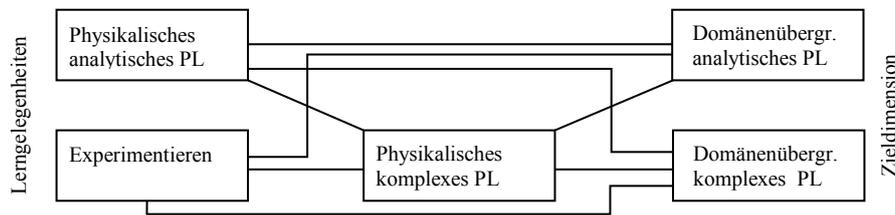


Abb. 1: Mögliches Zusammenhangsmodell

### Methode

Zur Untersuchung der Forschungsfragen soll das in Abb. 1 dargestellte Zusammenhangsmodell untersucht werden. Dazu sollen domänenübergreifende und domänenspezifische Problemlösefähigkeit für analytische und komplexe Problemstellungen, Fachwissen, Experimentierfähigkeit und zu Validierungszwecken kognitive Fähigkeiten generell und insbesondere die Facette schlussfolgerndes Denken erhoben werden (Wüstenberg, Greiff & Funke, 2012). Zur Erhebung der domänenübergreifenden Problemlösefähigkeit, sowie kognitiver Fähigkeiten werden bestehende Instrumente eingesetzt (vgl. Tab.1), Instrumente zur Erhebung von domänenspezifischem Wissen und Problemlösefähigkeit zum Inhaltsbereich mechanische Arbeit werden selbst entwickelt (vgl. Tab. 1).

Zur Ermittlung von Zusammenhängen mithilfe von Strukturgleichungsmodellen sollen pro Testinstrument Stichproben von mindestens 200 Lernenden der zehnten Klasse an Gymnasien in Rheinland-Pfalz getestet werden.

Eigenentwicklungen	Fremdentwicklungen
Fachwissenstest (BA Fabian Krecinszek)	Analytisches domänenübergreifendes PL (OECD, 2004)
Experimentiertest (Ziel: Lösung eines Problems, vgl. Hammann et al., 2008)	Komplexes domänenübergreifendes PL (MicroDYN, Greiff & Fischer, 2013)
Physikalisches analytisches PL	Mini-q Intelligenzscreening (Baudson & Preckel, 2015)
Physikalisches komplexes PL	IST 2000R: Schlussfolgerndes Denken (Liepmann, Beauducel, Brocke & Amthauer, 2007)

Tab. 1: Übersicht über Entwicklung und Einsatz von Instrumenten

### Ausblick

Der physikalische Problemlösetest soll durch verhaltensbasiertes Scoring eine validere Messung domänenspezifischer Problemlösefähigkeit ermöglichen (Scherer, 2015). Diese soll diskriminant, sowie durch Experten validiert werden. Die selbst konstruierten Instrumente werden in der ersten Hälfte des Schuljahres 2016/17 pilotiert.

Die geplanten Analysen sollen Aufschluss über die strukturellen Zusammenhänge von Fachwissen, domänenspezifischer und domänenübergreifender Problemlösefähigkeit geben. Dadurch soll einerseits geklärt werden, ob large-scale-Assessments messen, was im Unterricht gelernt wird, und andererseits welcher Zusammenhang zwischen Problemtypen und Lerngelegenheiten besteht.

**Literaturverzeichnis**

- Baudson, T. G. & Preckel, F. (2015). mini-q. Intelligenzscreening in drei Minuten. *Diagnostica*, 1-16.
- Girwidz, R. (2010). Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (S. 203-264). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Greiff, S. & Fischer, A. (2013). Der Nutzen einer komplexen Problemlösekompetenz. Theoretische Überlegungen und empirische Befunde. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 27 (1-2), 27-39.
- Hammann, M., Phan, T. H. & Bayrhuber, H. (2008). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? In M. Prenzel, I. Gogolin & H.-H. Krüger (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft (Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft, Bd. 8, S. 33-49)*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden. Zugriff am 27.06.2016.
- Hopf, M. (2007). *Problemorientierte Schülerexperimente (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 68)*. Univ., Diss.--München, 2007. Berlin: Logos-Verl. Verfügbar unter [http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3018834&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3018834&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm)
- Höttecke, D. & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21 (1), 127-139.
- Kauertz, A. & Fischer, H. E. (2010). Standards und Physikaufgaben. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (S. 663-688). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12 (1), 1-48.
- Klieme, E., Funke, J., Leutner, D., Reimann, P. & Wirth, J. (2001). Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz. Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungsstudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 47 (2), 179-200.
- Kultusministerkonferenz. (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. Zugriff am 28.06.2016.
- Kultusministerkonferenz & IQB. (2010). *Konzeption der Kultusministerkonferenz zur Nutzung der Bildungsstandards für die Unterrichtsentwicklung*. Köln: Link.
- Leutner, D., Fleischer, J., Wirth, J., Greiff, S. & Funke, J. (2012). Analytische und dynamische Problemlösekompetenz im Lichte internationaler Schulleistungsvergleichsstudien. *Psychologische Rundschau*, 63 (1), 34-42.
- Leutner, D., Funke, J., Klieme, E. & Wirth, J. (2005). Problemlösefähigkeit als fächerübergreifende Kompetenz. In E. Klieme, D. Leutner & J. Wirth (Hrsg.), *Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern* (S. 11-19). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Liepmann, D., Beauducel, A., Brocke, A. & Amthauer, R. (2007). *Intelligenz-Struktur-Test 2000 R* (2. Aufl.). Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Mullis, I. V. & Martin, M. O. (IEA, Hrsg.). (2011). *TIMSS 2011 Item Writing Guidelines*, IEA. Zugriff am 16.08.2016. Verfügbar unter [http://timssandpirls.bc.edu/methods/pdf/T11\\_Item\\_writing\\_guidelines.pdf](http://timssandpirls.bc.edu/methods/pdf/T11_Item_writing_guidelines.pdf)
- OECD. (2004). *The PISA 2003 Assessment Framework*: OECD Publishing.
- Reinhold, P., Lind, G. & Friege, G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5 (1), 41-62.
- Scherer, R. (2015). Is it time for a new measurement approach? A closer look at the assessment of cognitive adaptability in complex problem solving. *Frontiers in psychology*, 6, 1664.
- Wüstenberg, S., Greiff, S. & Funke, J. (2012). Complex problem solving — More than reasoning? *Intelligence*, 40 (1), 1-14.
- Zoller, U. (2003). HOCS Problem Solving vs. LOCS Exercise Solving: What Do College Science Students Prefer? In D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tsifas, E. Hatzikraniotis, G. Fassoulopoulos & M. Kallery (Eds.), *Science Education Research in the Knowledge-Based Society* (pp. 201-207). Dordrecht: Springer.

### **Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zum Messen von Kompetenzen im Bereich „Naturwissenschaftliche Methoden der Erkenntnisgewinnung an biologischen Beispielen“**

In der Schweiz wird in der Volksschule der Lehrplan 21 eingeführt, der sich an Kompetenzen orientiert und somit beschreibt, was die Schülerinnen und Schüler *können* sollen. Passend zu den Kompetenzen des Lehrplans 21 existieren keine validierten Messinstrumente, welche die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler prüfen können. Auf dieser Grundlage wurde ein Test entwickelt und validiert, der zum Prüfen ausgewählter Kompetenzstufen des Lehrplans 21 dienen kann. Die Auswahl der Kompetenzstufen orientierte sich dabei an einem Kapitel eines in Entwicklung stehenden Lehrmittels.

#### **Vorgehen**

Zu den ausgewählten Kompetenzstufen des Lehrplans 21 wurden sechs Dimensionen definiert, die als **naturwissenschaftliche Beobachtung, naturwissenschaftliches Experiment, Mikroskopieren, Zellen, Experimente planen und Experimente auswerten** bezeichnet werden können. Für die erste Version des Tests wurden insgesamt 36 *Multiple Choice* - Items von validierten Tests (z.B. Liang et al., 2006, Hammann Phan & Bayrhuber, 2007 oder Wellnitz & Mayer, 2008 bzw. 2013) übernommen, angepasst oder neu entwickelt – zu jeder definierten Dimension sechs Items. Dabei wurden mehr Items erstellt als später gebraucht werden. Dies gibt die Möglichkeit ungeeignete Items ausschließen zu können. Der entwickelte Test wurde in einem Expertenrating auf seine inhaltliche Validität geprüft. Gemäß den Rückmeldungen der Expertinnen und Experten wurde der Test überarbeitet. Die Verständlichkeit der Items wurde anschließend in Interviews mit Schülerinnen und Schülern der Zielstufe geprüft. Nach den Interviews mit den Schülerinnen und Schülern wurde der Test sprachlich überarbeitet. Darauf wurde der Test in einer Analysestichprobe ( $N=173$ ) erprobt. Die Analysestichprobe setzte sich aus insgesamt zehn 7. Sekundarschulklassen von unterschiedlichen Niveaus zusammen. Bei der Auswertung des Tests wurden die Itemkennwerte (Itemschwierigkeit und Trennschärfe), die Reliabilität, die Kriteriumsvalidität und die Konstruktvalidität geprüft.

#### **Ergebnisse**

##### *Expertenrating*

Im Expertenrating erwies sich das Testinstrument mehrheitlich als inhaltlich valide. Die Items im Bereich „Zellen“ zielten zu stark auf Fachwissen ab und musste gemäß den Rückmeldungen der Expertinnen und Experten überarbeitet werden.

##### *Interviews mit Schülerinnen und Schülern der Zielstufe*

In den Interviews mit Schülerinnen und Schülern der Zielstufe zeigte sich, dass die Items größtenteils verständlich und daher nur minimale Anpassungen notwendig waren.

##### *Einsatz des Testinstruments in einer Analysestichprobe ( $N=173$ )*

Die Analyse der Itemschwierigkeit zeigte, dass das Testinstrument für die Zielstufe eher einfach scheint: Einige der Items haben Lösungswahrscheinlichkeiten von annähernd 80 beziehungsweise von über 80 Prozent. Die Items im Bereich der Dimensionen

„Naturwissenschaftliche Beobachtung“ und „Zellen“ scheinen etwas schwierigere Items zu sein (Abb. 1).

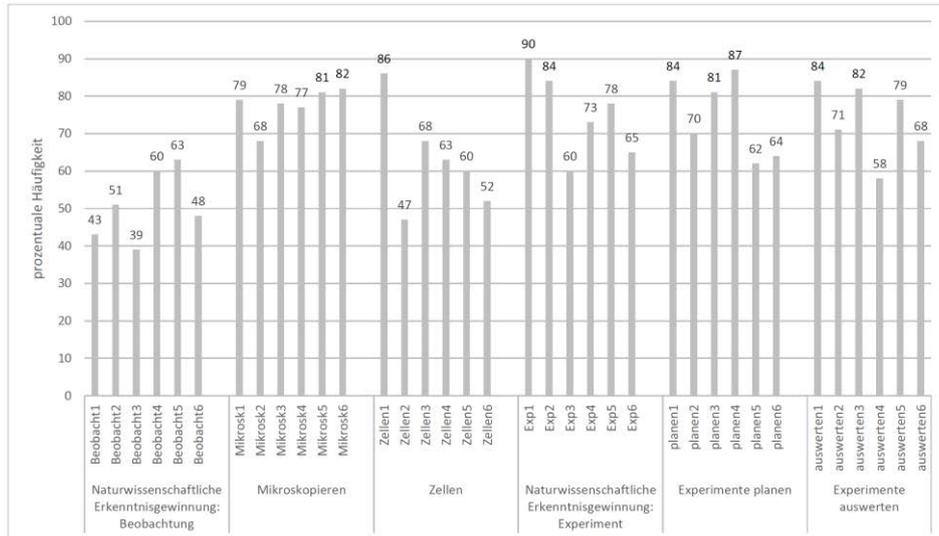


Abb. 1 Itemschwierigkeit, angegeben durch die prozentuale Häufigkeit, mit der ein Item richtig gelöst wurde ( $N=173$ ).

Die Reliabilitätsprüfung zeigte, dass der Test mit seinen 36 Items reliabel ist (Cronbachs Alpha = 0.865). Zudem gibt es Anzeichen für eine Kriteriumsvalidität, indem die Testergebnisse mit der Niveauezuteilung der Schülerinnen und Schüler korrelieren ( $r_s=0.552$ ,  $p=0.000$ ,  $N=146$ ). In Abbildung 2 kann erkannt werden, dass das Niveau A in jeder Dimension im Durchschnitt mindestens 1.2 Punkte mehr erreichte als das Niveau BC. Dies entspricht einer um 20 Prozent höheren Testleistung. Im t-Test erwiesen sich die Unterschiede zwischen den Niveaus pro Dimension als höchst signifikant ( $p \leq 0.0001$ ).

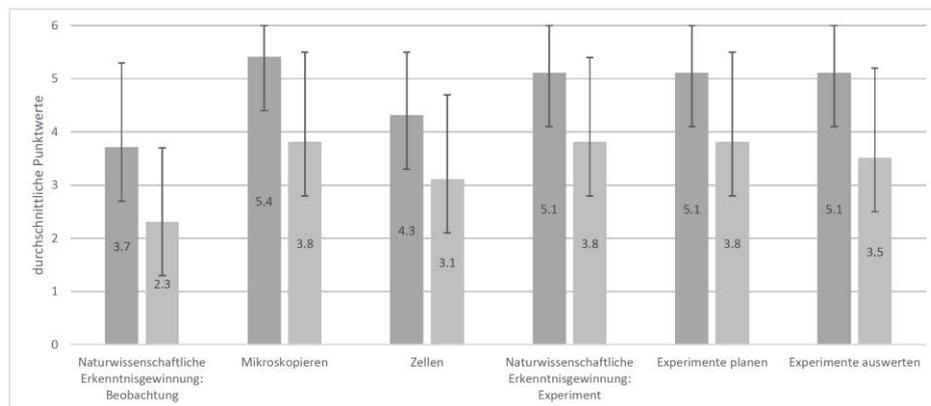


Abb. 2 Unterschiede in den durchschnittlich erreichten Punktwerten pro Dimension ( $N_{\text{total}}=173$ ,  $N_{\text{NiveauA}}=97$ ,  $N_{\text{NiveauBC}}=76$ ; dunkelgrau: Niveau A; hellgrau: Niveau BC; Fehlerindikatoren:  $\pm 1$  SD; pro Dimension konnten 6 Punkte erreicht werden).

In der Faktorenanalyse wurde das Testinstrument auf seine Dimensionalität untersucht. Die Ergebnisse der Faktorenanalyse zeigen, dass 23 der 36 Items auf eine Komponente laden und somit ein einheitliches Konstrukt, welches als naturwissenschaftliches Arbeiten bezeichnet werden kann, zu messen scheinen. Dass sich die Items in der Faktorenanalyse empirisch nicht nach den sechs definierten Dimensionen trennen lassen, ist ein Zeichen für eine geringe Konstruktvalidität. Folglich musste das Testinstrument überarbeitet, ungeeignete Items ausgeschlossen und das Konstrukt revidiert werden.

### Diskussion

Die Faktorenanalyse zeigte, dass beim entwickelten Testinstrument eine geringe Konstruktvalidität vorliegt. Dass sich die aus fachdidaktischer Sicht als sinnvoll erweisenden Dimensionen empirisch nicht trennen lassen, ist ein bekanntes Problem (z.B. Vorholzer, von Aufschnaiter & Kirschner, 2016). Ein Grund dafür kann sein, dass die Items mittels Faktorenanalyse ausgewertet wurden, obwohl sie nur zweistufig (dichotom) sind. Dadurch hängt die Korrelation der Items stark von der relativen Lösungswahrscheinlichkeit der Items ab (Amelang et al. 2006). Ein weiterer Grund könnte darin liegen, dass ein Zusammenhang zwischen naturwissenschaftlichem Denken und Arbeiten und den allgemeinen kognitiven Fähigkeiten besteht und darum viele Items in einer Dimension zusammenfallen (Vorholzer, von Aufschnaiter & Kirschner, 2016). Bei verschiedenen Studien zum naturwissenschaftlichen Arbeiten (z.B. Hammann, Phan & Bayrhuber, 2007 oder Wellnitz & Mayer, 2013) kann nicht abschließend festgehalten werden, ob sich ein mehrdimensionales gegenüber einem eindimensionalen Konstrukt besser eignet.

Aufgrund der statistischen Prüfung (z.B. Itemschwierigkeit, Trennschärfe) wurden ungeeignete Items ausgeschlossen. Daraus resultierte ein Testinstrument mit 18 Items. Das gekürzte Testinstrument wurde erneut auf seine Reliabilität geprüft, dabei konnte ein Cronbachs Alpha von 0.809 erreicht werden. Wegen der geringen Konstruktvalidität wurde das Konstrukt revidiert. Bei der Faktorenanalyse des gekürzten Testinstruments zeigte sich, dass 15 von 18 Items auf eine Komponente laden und somit eher ein eindimensionales Konstrukt vorliegt. Aus fachdidaktischer Perspektive erweist sich eine Unterscheidung in verschiedene Kompetenzfacetten dennoch als sinnvoll, da diese wesentlich zu einer angemessenen Strukturierung und zu einer inhaltlich validen Kompetenzbeschreibung beiträgt (Vorholzer, von Aufschnaiter & Kirschner, 2016). Somit wurden beim gekürzten Testinstrument drei Kompetenzfacetten unterschieden (**Naturwissenschaftliche Methoden der Erkenntnisgewinnung** (naturwissenschaftliche Beobachtung und naturwissenschaftliches Experiment), **Mikroskopieren von Zellen** und **Keimungs- und Wachstumsexperimente**). Diese Kompetenzfacetten wurden anhand fachdidaktischer Überlegungen definiert, lassen sich aber empirisch nicht nachweisen.

### Ausblick

Der gekürzte Test wird aktuell erneut empirisch in einer größeren Stichprobe geprüft. Dabei gilt es vor allem das revidierte Konstrukt zu testen.

Außerdem deckt der entwickelte *Multiple Choice* - Test nur einen kleinen Ausschnitt der Kompetenzen des Lehrplans 21 ab. Zudem muss man sich der Grenzen eines solchen Testformats bewusst sein, so schreiben Hammann et al. (2010): „...*successful performance in a multiple choice test is not a very strong predictor for successful performance in the more open situation of planning an actual experiment*“ (Hammann et al., 2010, S. 70). Folglich müssen weitere Tests zum Lehrplan 21 entwickelt werden, am besten passend zu Lehrmittelteilen. Dabei sollten vor allem auch offenere Testformate erstellt werden, die fundierte Aussagen über die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler, zum Beispiel beim Experimentieren, zulassen.

**Literatur**

- Amelang, M., Bartussek D., Stemmler G. & Hagemann D. (2006). *Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung*, 6. vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart: Kohlhammer Verlag
- Hammann, M., Phan, T.H. & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? M. Prenzel, I. Gogolin & H.H. Krüger (Eds.), *Kompetenzdiagnostik*, Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 8. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 33-49
- Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M. & Grimm, T. (2010). Assessing pupils' skills in experimentation. *Journal of Biological Education*, 42:2, 66-72
- Liang, L.L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O.N., Adams, A.D., Macklin, M. & Ebenezer, J. (2006). Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (SUSI): Revision and Further Validation of an Assessment Instrument, 1-38. Zugriff 13.10.2016.  
[http://www.gb.nrao.edu/~sheather/For\\_Sarah/lit%20on%20nature%20of%20science/SUSI.pdf](http://www.gb.nrao.edu/~sheather/For_Sarah/lit%20on%20nature%20of%20science/SUSI.pdf)
- Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. & Kirschner, S. (2016). Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, first online 02.02.2016: 1-17. DOI 10.1007/s40573-015-0039-3
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2008). Evaluation von Kompetenzstruktur und –niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren. D. Krüger, A. Upmeyer zu Belzen, T. Riemeier & K. Niebert (Eds.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 129-144
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg.19, 315-345

Sarah Braun<sup>1</sup>  
Christian Georg Strippel<sup>1</sup>  
Katrin Sommer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ruhr-Universität Bochum

### Erkenntnisgewinnung in Schülervideos

Das Experimentieren im Chemie-Unterricht spielt eine wichtige Rolle bei der Vermittlung des Prozesses der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (KMK, 2004; Wellnitz et al., 2012; Welzel et al., 1998). Jedoch ist das Gelingen dieser Vermittlung keineswegs selbstverständlich, da sich Experimentieren und gleichzeitiges komplexes Denken als schwierig gestalten (Abrahams & Millar, 2008). Neue Dokumentationsformen des Experimentierens können eine Chance sein, den Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung adäquat zu unterstützen. Dokumentationsformen wie beispielsweise Videos bieten sich als Alternative zum althergebrachten Versuchsprotokoll an, da Schüler aufgrund schwacher Schreibkompetenz und/oder fehlender Motivation oft Schwierigkeiten haben, Schriftliches zu produzieren (Groß, 2013; Leisen, 2003). Denn Videos gewährleisten durch ihr prozesshaftes Vorgehen eine protokollähnliche Struktur, was den inhaltlichen und formalen Kriterien genüge tut. Desweiteren können Videos die Prozesshaftigkeit von Experimenten wiedergeben, wohingegen Versuchsprotokolle ergebnisorientiert sind und dies nicht leisten können. Es können sowohl Tätigkeiten als auch Gedankengänge dargestellt werden. Auf diese Weise kann der Weg der Erkenntnisgewinnung vertieft und reflektiert werden (Groß, 2013). Außerdem können Videos den Schülern unterschiedliche Herangehensweisen bieten, um so einen individuellen Zugang zu fördern (Groß, 2013; Groß & Reiners, 2012; Stahl, 2010). In der vorliegenden Studie soll untersucht werden, auf welchen Niveaus Erkenntnisgewinnung in den Videos präsentiert wird.

Im Alfried Krupp-Schülerlabor der Ruhr-Universität Bochum sind zwei Projekte gestaltet worden, die den Weg der Erkenntnisgewinnung nachvollziehen und einen Videodreh beinhalten. Grundsätzlich sind die beiden Projekte gleich aufgebaut: im Rahmen der Einführung wird der Forschungsprozess am Beispiel von Joseph Priestleys Versuchen zur Erneuerung des „Lebensstoffes in der Luft“ durch Pflanzen erläutert. Außerdem wird ein Beispiel-Video zu diesen Untersuchungen gezeigt und die Merkmale eines „guten Videos“ mit den Lernenden diskutiert. Im Anschluss daran folgt die Phase der Versuchsdurchführung im Labor sowie der Videodreh in Kleingruppen von zwei bis vier Schülern. Bei beiden Projekten erhalten die Lernenden als Unterstützung ein Skript. Das Projekt *Spinat* beinhaltet beispielsweise Untersuchungen zum Nitrit- und Eisengehalt im Spinat. Das Projekt *High Resolution* umfasst Untersuchungen an Gemüse, bei denen z.B. die im Rettich vorkommende Peroxidase durch Luminol nachgewiesen wird. Der Unterschied zwischen den beiden Projekten besteht darin, dass bei dem Projekt *Spinat* der Weg der Erkenntnisgewinnung inklusive Fragestellung und Untersuchungsdesign vorgegeben ist (s. Tab. 1). Bei der Auswertung werden die Lernenden durch Handlungsaufforderungen angeleitet. Bei dem Projekt *High Resolution* gibt das Skript den Schülern Handlungsaufforderungen vor, an denen sie Fragestellung, Untersuchungsdesign und Auswertung selbst entwickeln.

<b>Forschungsprozess</b>	<b>Projekt <i>Spinat</i></b>	<b>Projekt <i>High Resolution</i></b>
<b>Fragestellung</b>	Unter welchen Bedingungen ist aufgewärmter Spinat giftig?	Wähle eine Forschungsfrage aus, die du untersuchen möchtest
<b>Untersuchungsdesign</b>	Es sollen drei verschiedene Spinatproben auf ihren Nitritgehalt untersucht werden	Notiere Geräte und Chemikalien, die du benötigst. Führe dann die Untersuchung durch
<b>Auswertung</b>	Beantworte eure Forschungsfrage und nutzt dabei euer Ergebnis	Beantworte deine Forschungsfrage und nutze dabei dein Ergebnis

Tab. 1: Beispiele für konkrete Fragestellungen bzw. Handlungsaufforderungen.

Um den Einsatz von Videos zur Unterstützung der Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung zu evaluieren, wurden in dieser Studie folgende Fragestellungen untersucht:

- Auf welchen Niveaus werden die Schritte der Erkenntnisgewinnung von Schülerinnen und Schülern in Videos dargestellt?
- Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede lassen sich zwischen Videos aus Projekten mit unterschiedlichen Graden an angeleiteter Erkenntnisgewinnung erkennen?

Es wurden N = 36 Videos als Stichprobe benutzt. Daran waren n = 102 (50% männlich, 50% weiblich; Alter = 14-16 Jahren) Schülerinnen und Schüler beteiligt, die von sechs verschiedenen Schulen aus ganz Nordrhein-Westfalen kamen.

Die Videos wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) unter Nutzung vorhandener Kategoriensysteme zur Erkenntnisgewinnung analysiert. Dabei werden die Inhalte von Frage, Design und Interpretation je einem von vier Niveaus zugeordnet (s. Tab. 2). Die Analyse der Videos erfolgte mit Hilfe des Programms ELAN (Efing & Sommer, 2016).

Tabelle 2: Kategoriensysteme zur Erkenntnisgewinnung (gekürzt nach Strippel, Tomala & Sommer, 2016)

	<b>Fragestellung</b>	<b>Design</b>	<b>Analyse/ Interpretation</b>
<b>0</b>	nicht vorhanden	n.v.	n.v.
<b>1</b>	unspezifisch	Fakten erhebend	Ergebnis formulieren
<b>2</b>	nach Fakten fragend	A: Fakten erhebend, Qualitätsmerkmale befolgend B: Zusammenhänge erhebend	Interpretation der Ergebnisse formulieren
<b>3</b>	nach Zusammenhängen fragend	Zusammenhänge erhebend, Qualitätsmerkmale befolgend	Interpretation der Ergebnisse formulieren, Interpretation evaluieren

Es konnte festgestellt werden, dass die Videos des Projektes *Spinat* meist genau das Niveau der Erkenntnisgewinnung wiedergeben, was vom Skript vorgegeben worden ist. Bei dem Projekt *High Resolution* hingegen differenzieren die Videos viel stärker in den Niveaus der Erkenntnisgewinnung, d.h. die Extreme treten hier viel deutlicher hervor: es gibt mehr Videos ohne eine Fragestellung, dafür aber auch mehr Videos mit einer hochwertigen Interpretation.

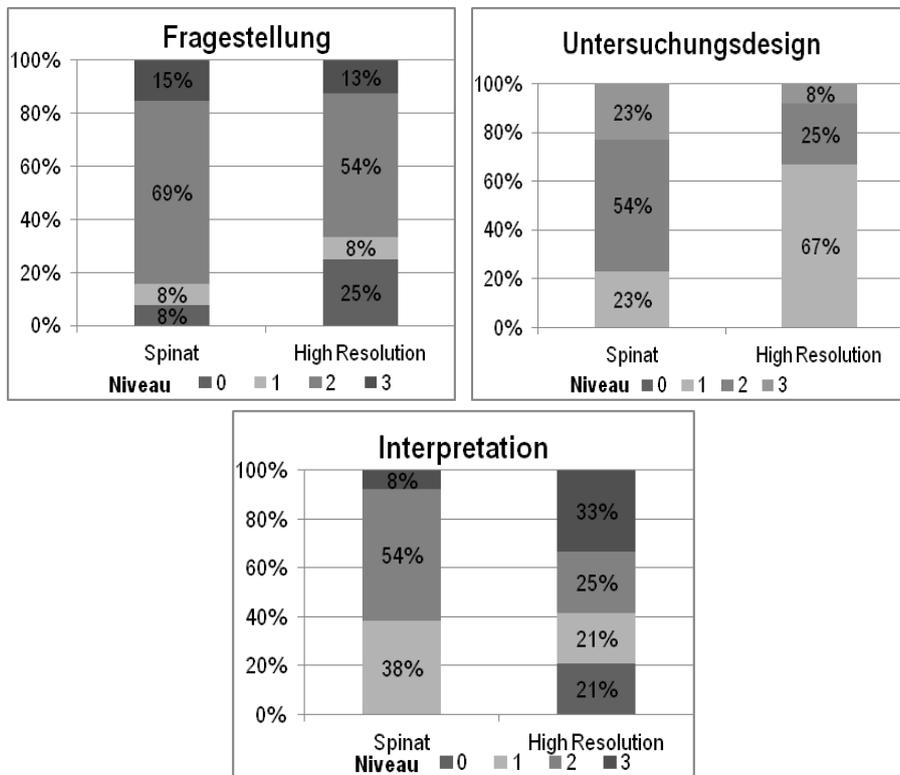


Abb. 1: Ergebnisse der Videoanalyse mittels qualitativer Inhaltsanalyse.

Die Ergebnisse geben Anlass zu der Annahme, dass selbstproduzierte Videos ein Instrument zur Diagnose von der Erkenntnisgewinnung-Kompetenz sein könnten. Hier wäre ein gezielter Vergleich des Video-Drehs mit schriftlichen Kompetenz-Tests wünschenswert. Außerdem deuten die Ergebnisse darauf hin, dass es sinnvoll ist, teiloffene Experimentieraufgaben als Mittel der Differenzierung für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung zu nutzen.

#### Dank

Die Autoren bedanken sich bei dem RESOLV Cluster of Excellence EXC 1069 (gefördert von der DFG) für die Unterstützung ihrer Forschung.

**Literatur**

- 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(14), 1945–1969. <http://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Braun, S. (2016): Die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung in Schüler-Videos - eine empirische inhaltsanalytische Studie. Masterarbeit. Ruhr-Universität Bochum.
- Efing, N. & Sommer, K. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse von Gesprächen - ohne Transkription.
- Groß, K. & Reiners, C.S. (2012): Experimente alternativ dokumentieren. Ein Beitrag zur Möglichkeit der Differenzierung und Diagnose im Chemieunterricht. In: *Chemkon* 19, Nr. 1, 13-20.
- Groß, K. (2013): Experimente alternativ dokumentieren. Eine qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung. Dissertation, Universität Köln, Berlin: Logos.
- Mayring, P. (2010): *Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz.
- Stahl, E. (2010): Die Rolle der motivierenden Medien im naturwissenschaftlichen Lernprozess am Beispiel der Medienproduktion. *PdN-ChiS*, 59(4), 19–23.
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2005): *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Strippel, C. G., Tomala, L., & Sommer, K. (2016). Are textbooks promoting scientific inquiry and nature of scientific inquiry? – The german situation. Paper Presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching.
- Wellnitz, N. et al. (2012): Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 18, 261-291.
- Welzel, M. et al. (1998): Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 4 Heft 1, 29-44.

Miriam Hinz<sup>1</sup>  
 Helena van Vorst<sup>1</sup>  
 Elke Sumfleth<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen

### Empirische Beschreibung der schwierigkeiterzeugenden Elemente von Fachsprache im Chemieunterricht

In den Bildungsstandards wird eine „Naturwissenschaftliche Bildung“ gefordert, die u. a. zum Ziel hat, „die Sprache [...] der naturwissenschaftlichen Fächer zu verstehen [und] ihre Erkenntnisse zu kommunizieren [...]“ (KMK, 2005). Der Kompetenzbereich Kommunikation beinhaltet Kompetenzen, die direkt und indirekt auf das Verständnis und die Verwendung von Fachsprache im Chemieunterricht abzielen. Dagegen ist die Definition des Begriffs Fachsprache in der Forschungsliteratur vielfältig und häufig nicht auf ein konkretes Fach bezogen (vgl. z. B. Roelcke, 2010). Insgesamt ist bisher auch keine eindeutige linguistische Definition von Fachsprache gelungen (Nitz, 2012). Für naturwissenschaftliche Texte hat Roelcke (2010) für die drei sprachlichen Ebenen Wort-, Satz- und Textebene typische Charakteristika herausgearbeitet. Einige davon wurden auf verschiedene Aspekte hin näher beleuchtet. *Fachbegriffe* als ein Element von Fachsprache (Wortebene) waren bereits Gegenstand verschiedener Studien. Rincke (2010) konnte beispielsweise zeigen, dass der Erwerb von fachlichem Verständnis mit der angemessenen Verwendung von Fachbegriffen zusammenhängt. Fachbegriffe konnten von Schmiemann (2010) im Rahmen einer Studie in der Biologiedidaktik als schwierigkeiterzeugendes Element von Aufgaben identifiziert werden. Härtig et al. (2015) stellen insgesamt aber fest, dass bisherige Untersuchungen vernachlässigen, um welche Wortarten es sich bei den Fachbegriffen handelt und wie sich diese in ihrer Schwierigkeit unterscheiden. Auf *Satzebene* gibt es Untersuchungen zum Einfluss von Veränderungen der Syntax auf das Textverständnis (vgl. z. B. Hsu & Yang, 2007), die zeigen konnten, dass eine veränderte Syntax die Performanz beim Textverständnis erhöhen kann. Auf *Textebene* konnte beispielsweise gezeigt werden, dass Sätze kognitiv leichter verbunden werden können, wenn Pronomen durch Substantive ersetzt werden (vgl. z.B. Staruschek, 2006). Darüber hinaus gibt es noch einige weitere Forschungsansätze, wovon aber keiner spezifisch für die Fachsprache Chemie ist. Daher bleibt die Frage, durch welche sprachlichen Elemente die Fachsprache der Chemie auf den drei sprachlichen Ebenen *Wort*, *Satz* und *Text* zu charakterisieren ist und wie diese valide und reliabel gemessen werden können. Auch ist unklar, inwiefern diese spezifischen Merkmale schwierigkeiterzeugend auf das Verstehen von Lernertexten wirken.

Das Verständnis von Fachtexten als unbedingte Voraussetzung für den Wissenserwerb setzt die Dechiffrierung des Textes auf den drei sprachlichen Ebenen *Wort*-, *Satz*- und *Textebene* voraus.

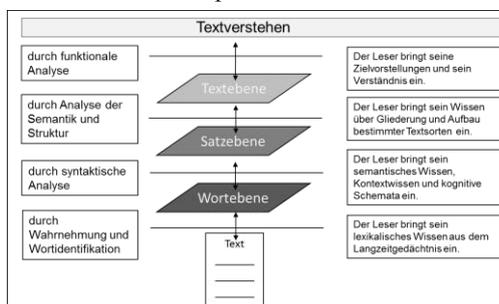


Abb.1: Prozessebenen des Textverstehens (Angelehnt an Studienseminar Koblenz, 2009)

Abbildung 1 zeigt das dieser Studie zugrunde liegende Textverständnismodell.

Die drei sprachlichen Ebenen können nach diesem Modell von unten nach oben erschlossen werden, indem die einzelnen Elemente, die diese Ebenen charakterisieren, mit Hilfe von Vorwissen identifiziert und verstanden werden (vgl. Studienseminar Koblenz, 2009). Welche Elemente der einzelnen Ebenen jedoch gerade bei der Rezeption eines Chemietextes erschlossen werden müssen, wurde bisher nicht untersucht.

Daher ist das Ziel dieses Projekts, zunächst die spezifischen Elemente der Fachsprache Chemie am Ende der Sekundarstufe I herauszuarbeiten und in einem weiteren Schritt die Schwierigkeit der herausgearbeiteten Charakteristika in Bezug auf das Textverständnis zu ermitteln. Es ergeben sich folgende Forschungsfragen:

**FF1:** Welche sprachlichen Elemente definieren die chemische Fachsprache auf Wort-, Satz- und Textebene?

**FF2:** Inwiefern unterscheiden sich die fachsprachlichen Charakteristika hinsichtlich ihrer Schwierigkeit bezogen auf das Textverständnis?

### **Methodisches Vorgehen**

#### **Studie I**

##### *Ausdifferenzierung*

Zunächst werden auf Basis einer Grammatikanalyse die drei sprachlichen Ebenen *Wort-*, *Satz-* und *Textebene* inhaltlich ausdifferenziert, mit dem Ziel, ein Codiermanual für die anschließende Textanalyse zu entwickeln.

##### *Textanalyse*

Die Textanalyse wird an Sachtexten aus Chemiebüchern der Jahrgangsstufe 9 vorgenommen, um die Häufigkeit der zuvor ermittelten sprachlichen Elemente in Chemietexten herauszuarbeiten. Dieselbe Analyse wird mit Texten der gleichen Jahrgangsstufe aus dem Fach Politik durchgeführt. Nach dem Modell der horizontalen Gliederung der Fachsprachen von Hoffmann (1985) erscheinen Politik- und Chemietexte bezogen auf Lexik und Syntax wenig verwandt. Um auch die Alltagssprache abzugrenzen, werden einige Texte aus dem Alltag der Schülerinnen und Schüler analysiert. Verwendet werden Sachtexte aus aktuellen Deutschbüchern für die Jahrgangsstufe 9 an allgemeinbildenden Schulen. Mittels Signifikanztests werden schließlich die sprachlichen Elemente ermittelt, die signifikant häufiger in Chemietexten zu finden sind und damit als Merkmal chemischer Fachsprache angesehen werden können. Die sprachlichen Elemente, die in allen Textarten annähernd gleich häufig auftreten, können als allgemein bildungssprachlich angenommen werden. Insgesamt soll dieses Vorgehen zur Klärung der ersten Forschungsfrage beitragen.

#### **Studie II**

##### *Testentwicklung*

Auf der Basis der Ergebnisse aus Studie I werden Items konstruiert, die das Textverständnis in Abhängigkeit von den einzelnen für die Fachsprache Chemie als typisch identifizierten Charakteristika abfragen. Besonderes Augenmerk wird hier auf die schwierigkeiterzeugende Wirkung der einzelnen Charakteristika auf das Textverständnis gelegt. Entwickelt wird ein Fachsprachentest im Multiple-Choice-Single-Select-Format und mit chemischem Inhalt (z. B. Säure/Basen). Analog wird auch ein Sprachtest mit analogen Sprachmustern, aber einem lebensweltlichen Inhalt entwickelt. Mit diesem Test soll untersucht werden, ob der gewählte fachliche Inhalt einen Einfluss auf das Textverständnis hat.

Die Items des entwickelten Tests werden mittels Item-Response-Theory auf ihre Schwierigkeit hin untersucht, was schließlich zur Beantwortung von Forschungsfrage 2 führen soll.

#### **Stichprobe und Testinstrumente**

Die Fragebögen werden von Schülerinnen und Schülern verschiedener Schulformen in Nordrhein-Westfalen am Ende der Sekundarstufe I (9. bzw. 10. Jahrgangsstufe) bearbeitet. Neben dem Fachsprachentest und dem Alltagssprachentest werden weitere Begleitinstrumente wie Kognitiver Fähigkeitentest (KFT, verbale Skala), Lesegeschwindigkeit und -verständnis Test (LGVT) und ein C-Test sowie ein Schülerfragebogen mit allgemeinen demographischen Daten eingesetzt. Zusätzlich beantworten die Schülerinnen und Schüler Fachwissensitems zu den im Fachsprachentest behandelten chemischen Kontexten. Durch die Erhebung des Fachwissens soll dieses als ein beeinflussender Faktor auf das Textverständnis kontrolliert werden.

#### **Fazit und Ausblick**

Die hier vorgestellte Studie soll klären, wie die Fachsprache Chemie zu charakterisieren ist und wie schwierig die Charakteristika bezogen auf das Textverständnis für Schülerinnen und Schüler sind. Die Ergebnisse können als Grundlage für weitere Studien im Bereich Fachsprache dienen und Möglichkeiten bieten, auch den Bereich der Textproduktion näher zu beleuchten. Darüber hinaus können die Ergebnisse für die Optimierung von Lern- und Arbeitsmaterialien genutzt werden. Besonders Material für einen binnendifferenzierten Unterricht kann mit der Kenntnis über die schwierigkeiterzeugende Wirkung bestimmter grammatikalischer Formen an die verschiedenen Schwierigkeitsniveaus angepasst werden.

Vielen Dank an das Projekt Ganz In und die Stiftung Mercator für die Unterstützung des Projekts.

**Literatur**

- Härtig, H.; Bernholt, S.; Precht, H.; Retelsdorf, J. (2015): Unterrichtssprache im Fachunterricht – Stand der Forschung und Forschungsperspektiven am Beispiel des Textverständnisses. In: *ZfDN* 21 (1), S. 55–67. DOI: 10.1007/s40573-015-0027-7.
- Hoffmann, L. (1985). *Kommunikationsmittel Fachsprache: Eine Einführung* (2. Aufl.). Tübingen: G. Narr.
- Hsu, P.-L., & Yang, W.-G. (2007). Print and image integration of science texts and reading comprehension: A systematic functional linguistic perspective. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5, 639–659.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2005): *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss* (Jahrgangsstufe 10). Wolters Kluwer Deutschland GmbH, München, Neuwied
- Nitz, S. (2012): *Fachsprache im Biologieunterricht: Eine Untersuchung zu Bedingungsfaktoren und Auswirkungen*. Dissertation.
- Rincke, K. (2010): Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 16, 235-260;.
- Roelcke, Th. (2010): *Fachsprachen*. 3., neu bearb. Aufl. Berlin: Schmidt (ESV Basics, 37).
- Schmiemann, Ph. (2010): Fachsprache in biologischen Testaufgaben. In: *ZfDN*, S. 115–136.
- Staraschek, 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.
- Studienseminar Koblenz (Hg.) (2009): *Sachtexte lesen im Fachunterricht der Sekundarstufe*. Unter Mitarbeit von J. Leisen. Staatliches Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien. 1. Aufl. Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.

Katharina Gierl<sup>1</sup>  
 Patrick Löffler<sup>1</sup>  
 Alexander Kauertz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Koblenz-Landau

## **Die Entwicklung der Beschreibungskompetenz vom Elementar- bis zum Sekundarbereich I**

### **Theoretischer Hintergrund**

Der Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung ist ein zentraler Bestandteil der naturwissenschaftlichen Bildung (KMK, 2005). Unter den damit verbundenen Denk- und Arbeitsweisen ist das Beschreiben ein zentrales Element verschiedener Methoden im Erkenntnisprozess. Das Beschreiben ist dabei die Dokumentation jedes Schrittes im Erkenntnisprozess, beginnend bei der Identifikation eines Phänomens und der Benennung seiner relevanten Elemente (ggf. mit Fachsprache) die Verfolgung einer Fragestellung und das Formulieren von Hypothesen bis hin zur Planung, Durchführung und Auswertung der Untersuchung (Kohlhauf et al., 2011). Eine Analyse der Bildungsstandards und Curricula des Elementar-, Primar- und Sekundarbereich I zeigt, dass das Beschreiben naturwissenschaftlicher Phänomene ein Ziel der Bildungsbereiche darstellt (u.a. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016). Abhängig vom jeweiligen Bundesland werden die Kompetenzerwartungen hinsichtlich der Beschreibungskompetenz unterschiedlich detailliert formuliert. Die Anschlussfähigkeit dieser Kompetenzformulierungen zwischen den Bildungsstufen sind begrenzt, da sie keine Niveaus ausdifferenzieren, die einen Hinweis auf die (normativ angenommene) Entwicklung der Fähigkeiten des „Beschreibens“ geben. Es fehlen somit eine differenzierende Operationalisierung der Beschreibungskompetenz oder eine Aufschlüsselung in anschlussfähige Teilfähigkeiten, um eine durchgehende Kompetenzentwicklung vom Novizen zum Experten nachzeichnen zu können. Diese wird aber für eine kumulative Förderung von Kompetenzen benötigt (vgl. Fischer et al., 2007). Ziel dieser Studie ist daher die Charakterisierung und empirische Untersuchung von Entwicklungsschritten der Beschreibungskompetenz und damit die Beantwortung der Frage: Wie kann die Entwicklung der Beschreibungskompetenz vom Elementarbereich bis zum Sekundarbereich I kohärent abgebildet werden?

Neuere Beschreibungen von Kompetenzentwicklungen gehen vom Ansatz der *learning progressions* (Alonzo & Steedle, 2009) aus. Learning progressions beschreiben die Entwicklung konzeptuellen Verständnisses vom Novizen zum Experten. Anhand aktueller Forschungsergebnisse und bestehenden Bildungsstandards und Curricula, werden Entwicklungsschritte identifiziert und anschließend empirisch überprüft und in einem iterativen Prozess angepasst. Ziel dieser Studie ist daher, erste Ansätze einer learning progression für die Beschreibungskompetenz zu entwickeln und empirisch abzusichern.

National liegen bisher nur wenige Forschungsergebnisse zur Beschreibungskompetenz vor (Kohlhauf et al., 2011). Da dem Beschreiben auch fachwissenschaftlich in der Biologie große Bedeutung zukommt, existieren zwei Studien aus der Biologiedidaktik zur Beobachtungskompetenz (Kohlhauf et al., 2011; Wellnitz & Mayer, 2013), die Hinweise liefern, wie die naturwissenschaftliche Beschreibungskompetenz operationalisiert werden kann. Für Kohlhauf et al. hat das Beschreiben vor allem die Aufgabe der wissenschaftlichen Dokumentation von Beobachtungen. Das Beobachten wird anhand von Fokussiertheit und Spezifität der Details in seiner Systematik beschrieben und von Kohlhauf et al. in drei Niveaus unterteilt: Inzidentelles (zufälliges), unsystematisches und systematisches

Beobachten. Empirisch zeigt sich, dass die Systematik vom Elementarbereich bis zum universitären Bereich zunimmt und diese vom Vorwissen und der Sprachfähigkeit der Lernenden abhängt (Kohlhauf et al., 2011b). Demnach kann die Entwicklung der Beschreibungskompetenz anhand des Fokus und genannten Details beschrieben werden. Die Definition von Systematik, wie Kohlhauf et. al sie vorschlagen, erlaubt noch keine kriteriengeleitete Entwicklung von Aufgaben für Lernende, die Beschreibungen auf verschiedenen Niveaus anregen und so eine Untersuchung der Fähigkeitsentwicklung erlauben. Diese Funktion kann das Kompetenzmodell von Wellnitz und Mayer (2013) übernehmen. Das Kompetenzmodell berücksichtigt drei verschiedene Arten von Fragestellungen, die dem Erkenntnisprozess zugrunde liegen. Die Frage nach korrelativen bzw. funktionale Zusammenhängen; Gemeinsamkeiten und Unterschiede; und kausale Zusammenhänge. Jede dieser Fragestellung erfordert zur Beantwortung eine spezielle Erkenntnismethode: Beobachten, Vergleichen, Experimentieren. Die differenzierte Betrachtung der Erkenntnismethoden ist für die Untersuchung der Beschreibungskompetenz relevant, da jede der genannten Methoden eine spezifische Art der sprachlichen Verknüpfungen in der Formulierung der Erkenntnis verlangt (wie z.B. x hängt von y ab; aufgrund der Merkmalausprägung z kann das Objekt der Klasse A zugeordnet werden). Dadurch wird die Definition von Systematik mit der Art der sprachlichen Verknüpfung der genannten Details erweitert. Die drei Erkenntnismethoden folgen dabei einem spezifischen Vorgehen. Alle drei Methoden beinhalten dabei das Identifizieren von relevanten Merkmalen und Störgrößen sowie eine Selektion der zu beobachtenden Merkmale. Das Beobachten wird bei zunehmend systematischeren und komplexeren Designs ergänzt durch die Kontrolle der Störgrößen und beim Experimentieren der gezielten und systematischen Manipulationen an Variablen. Das Vergleichen wird durch das Ordnen und Klassifizieren erweitert und mündet in komplexen Zusammenhangsstrukturen zwischen Klassen von Beobachtungen (z.B. Messmodellen). Die Beobachtung von Merkmalen und Zusammenhängen wird dabei auf jeder Ebene von einer Fragestellung gelenkt. Somit ist jede Erkenntnismethode Repräsentant eines bestimmten Niveaus von systematischer Beschreibung, die als zielgerichtet (auf die Fragestellung zielend), systematisch (im Sinne der zunehmenden Verallgemeinerbarkeit und Erklärungsmächtigkeit) und an Kriterien orientiert (z.B. logisch, messbar, unkonfundiert) charakterisiert werden kann. Daraus folgt die Annahme, dass die Inhalte einer naturwissenschaftlichen Beschreibung der Zielorientierung der Fragestellung entsprechen und die Systematik der zugrundeliegenden Erkenntnismethode widerspiegeln. Die Systematik kann sich zum Beispiel darin widerspiegeln, dass bei einer Fragestellung nach kausalen Zusammenhänge, zum einen die abhängige, unabhängige Variablen, sowie Kontrollvariablen in einer kausalen Verknüpfung benannt werden. Ein Experte beschreibt passend zur Fragestellung nur relevante Details deren sprachlichen Verknüpfungen die Systematik der Erkenntnismethode widerspiegelt. Wohingegen die Beschreibung eines Novizen auch irrelevante Details und keine, unvollständige bis unzulässige sprachliche Verknüpfungen aufweisen.

Empirisch spiegelt sich diese Hierarchie in der Studie von Wellnitz und Mayer darin wider, dass die Anzahl der beobachtbaren Merkmale und Zusammenhänge ein schwierigkeits erzeugendes Merkmal für Schüler der 10. Klasse darstellen und die Erkenntnismethoden so in fünf Niveausstufen von Komplexität eingeteilt werden können (Wellnitz & Mayer, 2013). Diese Abstufung lässt sich vermutlich auch für jüngere Kinder zeigen. So haben entwicklungspsychologische Studien (Piaget, 1958) gezeigt, dass Kinder im Vorschulalter zum Beispiel nur eine Variable in einem Experiment auf einmal berücksichtigen können.

Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass drei Facetten der Beschreibungskompetenz berücksichtigt werden müssen:

- Zielorientierung: Merkmale, Korrelationen oder Kausalitäten

- Systematik: Von unsystematischen und alltagsnahen Beschreibungen bis hin zu systematisch und wissenschaftlichen Methoden folgenden Beschreibungen
- Komplexität: Anzahl der relevanten Variablen und Zusammenhänge

### **Design und Methoden**

In der ersten Phase des Forschungsvorhabens wird anhand der herausgearbeiteten Facetten eine Analyse der Bildungsstandards und Curricula durchgeführt. Das Kompetenzmodell zur Beschreibungskompetenz wird dadurch im Hinblick auf die Erkenntnismethoden ausdifferenziert und die Entwicklungsschritte der Beschreibungskompetenz vom Elementarbereich bis zum Sekundarbereich I in Bezug auf die Curricula validiert. Konkret werden Teilfähigkeiten formuliert, welche die Lernenden schulstufenspezifisch erreicht haben sollen. Diese Entwicklungsschritte, sowie das zugrundeliegende Modell werden anschließend in einem Expertenrating aus der Perspektive der Naturwissenschaftsdidaktiken und der Entwicklungspsychologie weiter validiert. Als Ergebnis liegt dann ein normatives Kompetenzentwicklungsmodell vor, das im zweiten Schritt empirisch geprüft werden soll (zum Verfahren vgl. Schecker & Parchmann, 2006).

In der zweiten Phase werden Untersuchungssettings entsprechend der Facetten und ihrer differenzierten Niveaubeschreibung entwickelt. Jedes Untersuchungssetting besteht aus Beschreibungsaufgaben zu Phänomenen. Die Beschreibungen der Lernenden werden videografiert. Die Entwicklungsschritte werden in Kategorien überführt und die Videos damit ausgewertet. Zusätzlich werden sprachliche Fähigkeiten und das Vorwissen erhoben und kontrolliert. Die Daten werden in einem quasi-längsschnittlichen Design im Kindergarten (Alter 5 - 6), in der Grundschule (Alter 9 - 10) und in der Sekundarstufe I (Alter 13 - 14) erhoben. Die Datenerhebungen finden jeweils im letzten Jahr der jeweiligen Schulstufe statt, um Schuleingangseffekte zu vermeiden.

Zu dem jetzigen Zeitpunkt findet eine Analyse der Bildungspläne statt, die bis Ende Oktober 2016 abgeschlossen sein wird.

**Literatur**

- Alonzo, A. C., & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing a force and motion learning progression. *Science Education*, 93(3), 389-421.
- Fischer, H. E., Glemnitz, I., Kauertz, A., & Sumfleth, E. (2007). Auf Wissen aufbauen-kumulatives Lernen in Chemie und Physik. In *Physikdidaktik* (pp. 657-678). Springer Berlin Heidelberg.
- KMK (2005c). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz – Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München, Neuwied: Luchterhand
- Kohlhauf & Neuhaus (2011). Beobachten als wissenschaftliche Erkenntnismethode. Entwicklung eines Kompetenzmodells für Kinder ab dem Vorschulalter. In: *Erkenntnis-weg Biologiedidaktik* (2011), 165-178.
- Kohlhauf, L., Rutke, U., & Neuhaus, B. (2011b). Influence of previous knowledge, language skills and domain-specific interest on observation competency. *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 667-678.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2016). *Gemeinsamer Bildungsplan der Sekundarstufe I- Physik*.
- Piaget, J., & Cook, M. T. (1952). *The origins of intelligence in children*. New York, NY: International University Press.
- Schecker, H., & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12(2006), 45-66.
- Wellnitz, N., & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie-Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 335-345.

## **Experimentelle Handlungen von Lehramt-Studierenden im physikalischen Praktikum**

### **Ausgangslage**

Experimentieren nimmt im Physikunterricht eine zentrale Rolle ein. Die dabei geforderten bzw. geförderten Kompetenzen auf der Schülerseite sind in der Fachdidaktik zahlreich untersucht. In Kompetenzstrukturmodellen werden als höchste Ausprägungsstufen verschiedener Facetten beispielsweise beschrieben: Schülerinnen und Schüler (SuS.) können Experimente „unter Berücksichtigung von Hypothesen und Variablenkontrolle planen...“, „Idealisierungen vornehmen“ (KSM, 2013); „Versuchsmaterial und Geräte sachgerecht auswählen“, „sorgfältiges Messen als ein wichtiges Verfahren zur Reduzierung von Messunsicherheiten“ einschätzen (Steffensky & Hardy, 2013). Im Gegensatz hierzu ist die Experimentierkompetenz von Lehrkräften oder Lehramtsstudierenden wenig erforscht (Arndt, 2016). Jedoch sollte man annehmen können, dass die angehende Lehrkräfte mindestens diejenige Kompetenzen, die von SuS. verlangt werden (s. oben), selbst souverän beherrschen sollten. Die KMK (2014) fordert, dass Studienabsolventen im Physik-Lehramt mit den Arbeits- und Erkenntnismethoden der Physik vertraut sind, über Kenntnisse und Fertigkeiten im Experimentieren verfügen und schultypische Geräten handhaben können.

### **Hintergründe**

In der universitären Ausbildung besteht eine typische Aufgabenstellung im Experimentalpraktikum zur Schulphysik aus der experimentellen Überprüfung von physikalischen Gesetzmäßigkeiten. Die Studierenden sollen sich im Vorfeld über die theoretischen Hintergründe informieren, und geeignete Versuchsaufbauten bzw. Messreihen überlegen, Aspekte der Fehleranalyse eingeschlossen. Je nach bereitgestellten Materialien müssen sie dann ihre Planung vor Ort spontan modifizieren, den Versuch durchführen und wiederum diesen nachbereiten bzw. schriftlich auswerten. Solche Aufgabenstellungen sollen u.a. auf die Anforderungen der beruflichen Aufgaben auf fachlicher Ebene vorbereiten und die Forderungen der KMK erfüllen. Jedoch zeigt sich dass diese den Studierenden erhebliche Schwierigkeiten bereiten (Rath, 2016). Eine Kluft zwischen der in der universitären Lehre (physikalische Vorlesungen und Übungen) vermittelten Theorie und professionellen Handeln im Praktikum ist hier – wie auch in anderen Bereichen – zu vermuten. Es stellt sich dann die Frage, wenn Studierende bei Experimentieren nicht theoriegeleitet arbeiten, auf welchen nicht-wissenschaftlichen (narrativen) Denkstrukturen sie dann bei Handeln zurückgreifen.

Das methodische Vorgehen (schriftliche Tests und Performanz-Beobachtungen) der meisten empirischen Studien erlaubt Aussagen bezüglich experimenteller Handlungen nur auf der Oberflächenstruktur (Arndt, 2016). Über die Denkprozesse der Experimentatoren beim Ausführen der Handlungen existieren zurzeit wenig empirisch gesicherte Erkenntnisse; den Zugang zur solchen Tiefenstrukturen können nur Untersuchungsmethoden wie Lautes Denken oder Stimulated Recall Interviews (Messmer, 2015) ermöglichen. Um jedoch herausfinden zu können, an welcher Stelle professionelles Handlungswissen bei den Studierenden als vorhanden annehmbar ist und wo noch Verbesserungsbedarf besteht und wie diese Verbesserung zu gestalten sein soll, ist eine differenzierte Betrachtung der Denkprozesse der Studierenden während der praktischen Durchführung (Performanz) notwendig.

An dieser Stelle setzt die hier vorgestellte Untersuchung an. Das Ziel einer Vorstudie ist es, bestimmte Erhebungs- und Auswertungsmethoden dahingehend zu evaluieren, ob diese Erkenntnisgewinnungen auf der Tiefenstrukturebene zu experimentellen Handlungen ermöglichen.

### Feldstudie

Hierzu wurden die experimentellen Handlungen von 10 Studierenden videografiert. Es wurden zwei Kameras aufgestellt, die eine Perspektive in Draufsicht s. Abb.1 rechts und von der Seite bieten. Alle Probanden bearbeiteten dieselbe Experimentieraufgabe der Schulphysik („Zeigen Sie experimentell, wie Länge, Querschnitt und Material eines Leiterdrahtes mit seinem Widerstandswert



Abb. 1 Perspektive von oben

zusammenhängen. Halten Sie dabei die systematischen Messfehler so gering wie möglich.“) allein im Rahmen des Regelpraktikums an der Universität Paderborn. Es liegen insgesamt jeweils folgende Daten vor:

- Schriftliches Planungsprodukt zum Experiment, schriftlicher Wissenstest (fachliches und methodisches Wissen) erhoben vor der Performanz
- Videoaufnahme der Performanz, mit lautem Denken versprachlicht
- Stimulated Recall Interview zu Schlüsselszenen der Aufnahmen.

### Auswertung am Fallbeispiel „Martin“

Nachfolgend wird an drei konkreten Szenen dargestellt, wie bei der Auswertung der Daten vorgegangen wurde bzw. wie die einzelnen Datenquellen zu einem Bild zusammengefügt werden müssen, um diagnostizieren zu können, welche Denkstrukturen die Studierenden bei experimentellen Handlungen leiten.

Szene 1: Auf *Performanzebene* beobachtet man, dass Martin das Amperemeter in Reihe und das Voltmeter parallel zur Spannungsquelle schaltet. Auf der *Oberflächenstrukturebene* ist dies als eine eher ungünstige Versuchsanordnung (bezüglich systematischer Fehler) zu werten. Für den Beobachter stellt sich die Frage: Hat Martin an dieser Stelle fehlende Fachkenntnisse? Bei der Sichtung seiner Antworten beim *schriftlichen Wissenstest* stellt man fest, dass er weiß, dass Messgeräte Innenwiderstände haben und dadurch die Messung verfälschen. Dies differenziert er jedoch nicht bis zur „Strom- und Spannungsrichtigen Messung“, was als mangelhaftes Wissen zu bewerten ist. Welche Denkstruktur leitet dann Martin bei der Handlung „Messgeräte schalten“? Beim *Lauten Denken* sagt er: „So. Und dann, um zu kontrollieren, ob das Gerät auch ganz genau ist und welche Spannung es genau ausgibt, werde ich hier noch direkt eine Spannungsmessung machen, direkt am Gerät. So.“ Auf der *Tiefenstrukturebene* ist festzustellen, dass sein Handlungswissen an dieser Stelle die Vorstellung ist, dass für die Messung nur die angelegte Spannung eine Rolle spielt. Im Praktikum vermitteltes Wissen – strom- und spannungsrichtig Messen am Steckwiderständen – wird auf den Kontext „Widerstandswert eines Leiterdrahts“ nicht übertragen.

Szene 2: Auf *Performanzebene* beobachtet man, dass Martin beim Versuchsaufbau die grob regulierbare Spannungsquelle auswählt. Auf der *Oberflächenstrukturebene* ist dies als eine eher ungünstige Auswahl zu werten, da hier ein feinregulierbares Stromversorgungsgerät messtechnisch gesehen die bessere Wahl gewesen wäre. Für den Beobachter stellt sich die Frage: Ist Martin an dieser Stelle den Vorteil der Feinregulierung nicht bewusst? Beim *Planungsprodukt* oder im *schriftlichen Wissenstest* gibt es hierzu keine Ansatzpunkte. Beim *Lauten Denken* sagt er bei Ausführen der Handlung folgendes „Ehm. Ich nutze diese Spannungsquelle, da werde ich einfach eine fixe Spannung einstellen.“ Beim *Stimulated*

*Recall Interview* formuliert er bezüglich dieser Szene wie folgt: „Das war so bisschen so aus Einfachheitsgründen, weil ich wollte nicht so viel Herumregeln, sondern wollte ich einfach diesen ersten Wert haben und fertig...“. Auf der *Tiefenstrukturebene* kann man sein Erfahrungswissen folgendermaßen beschreiben: Feinregulierung bedeutet viel unnötiges Herumregeln. Ihm fehlt offensichtlich Übung in der Handhabung dieses schultypischen Geräts. Zu vermuten ist, dass nur wenn dieses Hindernis ausgeräumt ist, der messtechnische Vorteil als Handlungsabsicht dominieren wird.

Szene 3: Auf Performanzebene beobachtet man, dass Martin als erstes 6 V einstellt und dann kurz darauf auf 2 V (kleinstmögliche Spannungswert bei der gewählten Spannungsquelle) zurückstellt. Von da an fasst Martin den Draht immer wieder mit der Hand an, als würde er prüfen, ob der Draht sich warm anfühlt. Auf der *Oberflächenstrukturebene* ist dies als eine eher ungünstige Vorgehensweise zu werten. Falls man im Vorfeld keine genaueren Werte recherchiert hat, ist es messmethodisch sinnvoller, mit kleinen Werten anzufangen und ggf. höher zu „drehen“. Andererseits, da unser Temperaturempfinden subjektiv ist, ist hier die Temperaturkontrolle nur mit einem Thermometer – das zur Verfügung gestellt wurde – objektiv genug. Welche Denkstrukturen sind bei dieser Handlungssituation für ihn entscheidend? Im *Planungsprodukt* und im *schriftlichen Wissenstest* wird klar, dass Martin weiß, dass der Widerstandswert temperaturabhängig ist, führt dies aber nur auf die Raumtemperatur zurück. Den von der eingestellten Betriebsspannung resultierenden Stromfluss als weitere mögliche Ursache hierfür benennt er nicht. Also hat er fehlendes Fachwissen. Dieses Wissen wird offensichtlich erst bei der Durchführung erworben. Nach der Analyse auf der *Tiefenstrukturebene* (Lautes Denken und Stimulated Recall Interview) kann man sein Erfahrungswissen folgenderweise beschreiben: bei der Einstellung einer Betriebsspannung ist seine erste Wahl die „goldene Mitte“ und bei unerwartetem Temperaturanstieg ist kurze Handkontrolle, ob der Gegenstand „fühlfbar warm“ wird, die gewählte Strategie. Interessant ist noch, dass er am Ende der Durchführung sagt: „Und da das Ganze temperaturabhängig ist, werde ich noch Raumtemperatur messen“ und an dieser Stelle nimmt er doch noch die bereitgestellten Thermometer zur Hand. Die Durchführung des Experiments ist insgesamt planfixiert und unflexibel: bei erkannten Problemen handelt Martin eher intuitiv statt reflektiert.

### **Konsequenz und Ausblick**

Zur Eignung der Erhebungsmethode für weiter Untersuchungen ist folgendes festzustellen: Aus reiner Performanzbeobachtung kann man zwar erkennen, welche experimentellen Handlungen angehende Lehrkräfte tun oder eben unterlassen, jedoch nicht ihre Entscheidungsgründe erfassen. Das Planungsprodukt und das fachliche und methodische Wissen vor der Performanz schriftlich zu erheben ist wichtig, um ausdifferenzieren zu können, ob eine nicht optimale Handlung auf Mangel an Wissen oder Mangel an Anwendbarkeit dieses Wissens zurückzuführen ist. Die Methode Lauten Denkens bietet wichtige Hinweise auf die Tiefenstrukturen, sie reicht jedoch für eine vollständige Aufdeckung von Denkmustern nicht aus. Die Grenze der Methode bei der Auswertung war deutlich zu spüren, es wird nämlich nicht alles, was im Kurzzeitgedächtnis vorhanden ist, auch versprachlicht. Schnelle intuitive Denkprozesse, die besonders für praktisches Handlungswissen typisch sind, bleiben unausgesprochen. Das Stimulated Recall Interview wird für diese Stelle als sehr geeignet empfunden. Die Studierenden konnten sich mehrere Wochen nach der Durchführung anhand der gezeigten Szenen an dieses Erfahrungswissen gut erinnern. Insgesamt ist festzuhalten, dass der hier beschriebene Methodenmix einen empirischen Zugang zu Tiefenstrukturen bei experimentellen Handlungen ermöglicht. Im Wintersemester 2016/17 ist die Hauptstudie mit 18 Teilnehmern geplant. Das Stimulated Recall Interview wird auf den Planungs- und Auswertungsprozess ausgeweitet. Weiterhin ist die Ableitung von Fördermaßnahmen aus dem gewonnen Erkenntnissen geplant.

**Literatur**

- Arndt, K. (2016). Experimentierkompetenz erfassen: Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie. Berlin: Logos Berlin, Band 202.
- IQB, Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen. (2013). Kompetenzstufenmodelle zu den Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Kompetenzbereiche „Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“: Entwurf, Stand:29. Oktober 2013. Berlin. Zugriff am 14.10.2016 auf [https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/ksm/KSM\\_Physik.pdf](https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/ksm/KSM_Physik.pdf)
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2014): Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 09.10.2014. Zugriff am 14.10.2016 auf [http://www.akkreditierungsrat.de/fileadmin/Seiteninhalte/KMK/Vorgaben/KMK\\_Lehrerbildung\\_inhaltliche\\_Anforderungen\\_aktuell.pdf](http://www.akkreditierungsrat.de/fileadmin/Seiteninhalte/KMK/Vorgaben/KMK_Lehrerbildung_inhaltliche_Anforderungen_aktuell.pdf)
- Messmer, R. (2015). Stimulated Recall als fokussierter Zugang zu Handlungs- und Denkprozessen von Lehrpersonen. In Forum: Qualitative Social Research. FQS. Vol 16, No. 1, Art. 3. Zugriff am 14.10.2016 auf <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/2051/3732>
- Rath, V. (2016). Fachpraktische Ausbildung von Paderborner Physiklehramtsstudierenden. Entwicklung, Implementierung und Evaluation eines neuen Lehrkonzepts für das physikalische Praktikum `Schulphysik I im Haupt- und Realschulstudiengang Physik. In die hochschullehre, Interdisziplinäre Zeitschrift für Studium und Lehre. Jahrgang 2. Zugriff am 14.10.2016 auf <http://www.hochschullehre.org>
- Steffensky, M. & Hardy, I. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus. Naturwissenschaftlich denken und arbeiten lernen - Elementarbereich, Seelze: Friedrich Verlag.

Marvin Rost<sup>1</sup>  
Rüdiger Tiemann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Humboldt-Universität zu Berlin

## **Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht nutzen. Erste Ergebnisse aus einem Ansatz zur Zweckorientierung von Modellen.**

### **Theoretische Grundlagen**

#### *Modellbegriff*

Modelle sind in den Naturwissenschaftsdidaktiken ein aktuelles Forschungsfeld (vgl. Gilbert & Justi, 2016). Dabei kann zwischen einer eher erkenntnistheoretischen Diskussion und den empirischen Ansätzen unterschieden werden. Die erkenntnistheoretische Betrachtung liefert dabei die Grundlage für die Empirie, weil verschiedene Begriffsverständnisse über entsprechend diverse Messinstrumente zu verschiedenen Ergebnisinterpretationen führen (vgl. Nicolaou & Constantinou, 2014). Die begriffliche Verortung stützt sich im Folgenden auf das Verständnis von Modellen als „epistemic artefacts“ (Knuuttila, 2005, 48ff.). Dieses Modellverständnis hat zwei allgemeine und einen chemiespezifischen Vorteil. Der erste allgemeine Vorteil ist die Vermeidung eines sehr detaillierten, erkenntnistheoretischen Diskurses über das Wesen von Modellen an sich. Dieser ist philosophisch zu führen, die genaue Ausdifferenzierung von Modellen, bspw. als Repräsentationen (vgl. Giere, 2004) oder definierter Merkmalsträger (vgl. Stachowiak, 1973, 131ff.), kann aber für didaktische Belange nur begleitenden Charakter haben. Dort sind Modelle nämlich konkrete Mittel zum Zweck der Erkenntnisgewinnung (Mayer, 2007; Nehring, 2014; Terzer, 2012) und müssen also über diese Zweckbestimmung (vgl. Mahr, 2008) untersucht und operationalisiert werden. Dies ist der zweite Vorteil. Mahr (2008) und Knuuttila (2005) zusammenführend, sind drei Bezugspunkte relevant: a) Das Modellobjekt, bzw. Artefakt, auf das in einem Erkenntnisprozess Bezug genommen wird und das verschiedene Ausprägungsformen (Abbildungen, mathematische Formeln, Ordnungssysteme wie das PSE) haben kann. b) Die Herstellungsperspektive, die sich vor allem auf die Konstruktion des Modells bezieht und als Modellierungsprozess beforscht wird (Bamberger & Davis, 2013; Justi & Gilbert, 2002; Löhner, van Joolingen, Savelsbergh, & van Hout-Wolters, 2005). c) Die Anwendungsperspektive, die hier als Modellnutzung im Fokus steht. Diese Unterscheidung erlaubt bereits Zugänge auf empirische Vorhaben, die bspw. in der Biologiedidaktik als „Modellkompetenz“ (Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010) auch schon konkretisiert wurden. Der chemiespezifische Vorteil ist der Umgang mit dem wesentlichen Gegenstand dieses Fachs: der Untersuchung und Interpretation von Phänomenen auf der Teilchenebene. Während für ein rein abbildendes Modellverständnis der Bezug zwischen Original und Modell fehlt – ein Atom kann nicht angemessen abgebildet werden, weil ihm makroskopische Eigenschaften a priori nicht zugeschrieben werden können – kann mit der gleichen Begründung keine sinnvolle Übertragung von Merkmalen und damit keine Modellierung stattfinden. Statt also den Bezugsgegenstand selbst abzubilden, müssen Phänomene durch Modelle beschrieben, erklärt oder vorhergesagt werden. Erst anschließend können dann Interpretationen zu Merkmalsbeschreibungen von submikroskopischen Teilchen führen. Für die Anwendungsperspektive muss ein konkretes Modellobjekt als Mittel der Erkenntnisgewinnung zur Verfügung stehen. Um dieses zur Bearbeitung einer kompetenzorientierten, chemiespezifischen Problemstellung zu verwenden, muss ein kohärentes Schema zur Verfügung stehen, das Erkenntnisgewinnung und Modellnutzung verknüpfen kann. Dazu bedient sich das Forschungsprojekt eines mathematikdidaktischen Ansatzes, dessen Kern weiter unten genauer beschrieben wird (Lesh, Hoover, Hole, Kelly, & Post, 2000; Lesh & Zawojewski, 2007).

### *Erkenntnisgewinnung*

Erkenntnisgewinnung wird in Anlehnung an ein fachübergreifendes Forschungsmodell nach Nehring, Stiller, Nowak, Upmeyer zu Belzen, und Tiemann (2016) als das Durchlaufen des naturwissenschaftlichen Denkens mit Hilfe naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen verstanden. Das naturwissenschaftliche Denken verläuft dabei in drei Subdimensionen: Die Formulierung einer Fragestellung/Hypothese, die Planung/Durchführung einer Untersuchung und die Auswertung/Reflexion der bei der Untersuchung gewonnenen Daten. Zu den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen gehören in diesem Modell die drei Subdimensionen Beobachten/Vergleichen/Ordnen, das Experimentieren und das Nutzen von Modellen. Dass das Forschungsmodell grundsätzlich empirisch valide ist, konnte bereits gezeigt werden (vgl. Nehring, 2014).

### **Untersuchungsplanung**

Es gilt für das vorliegende Forschungsprojekt, die Dimension der Modellnutzung detaillierter zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde ein Ansatz aus der mathematikdidaktischen Problemlöseforschung (Lesh et al., 2000) als zielführend identifiziert. Ein Modellobjekt lässt sich danach in vier Modellkomponenten gliedern:

- Die Propositionen als kleinstmögliche Sinneinheiten eines Modells. Sie bilden die begriffliche Basis für seine Nutzung und stehen für einzelne Phänomene oder zugeschriebene Eigenschaften.
- Die Relationen beschreiben das Verhältnis der Propositionen zueinander. Das können hierarchische oder sequenzielle Gliederungen sein.
- Die Operationen beschreiben Wechselwirkungen zwischen den Propositionen eines Modells oder Zustandsänderungen einzelner Propositionen. Sie sind dabei abhängig von den Relationen und prozessbezogen.
- Die Regeln eines Modells sind die grundlegenden logischen Verknüpfungen der Modellaussagen. Dabei handelt es sich häufig um Konditionalsätze, beziehungsweise funktionale Zusammenhänge.

Jede Modellkomponente kann nun eine Dimension des naturwissenschaftlichen Denkens ansteuern. So kann auf Basis einer im Modell gegebenen Relation eine Hypothese formuliert, oder auf Basis der zugrunde liegenden Regeln Daten ausgewertet und reflektiert werden (Abb. 1). Es ist zu erwarten, dass die Initiierung der einzelnen Dimensionen, durch die unterschiedlichen Komponenten, auf verschiedenen Schwierigkeitsniveaus abläuft. Die Identifizierung und Nutzung einzelner Propositionen wird als weniger schwierig antizipiert, als die Nutzung abstrakter, logischer Verknüpfungen.

### *Forschungsfrage und -hypothese*

In der Folge lautet die Forschungsfrage: Können die theoretischen Erwartungen zu den Schwierigkeitsniveaus empirisch wiedergefunden werden?

Die entsprechend formulierte Hypothese lautet: Die Lösungswahrscheinlichkeit der Aufgaben sinkt in Abhängigkeit der angesteuerten Modellkomponente in der Reihenfolge Propositionen > Relationen > Operationen > Regeln.

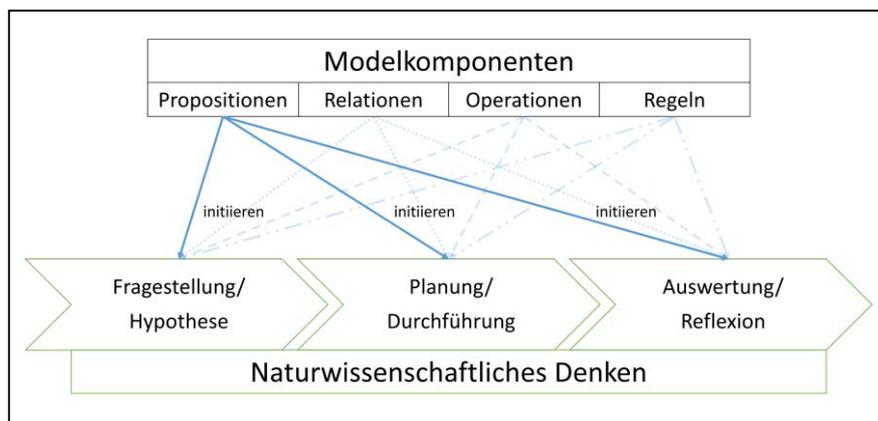


Abb. 1: Die Modellkomponenten initiieren jeweils eine Subdimension des naturwissenschaftlichen Denkens. Zur besseren Übersicht sind drei von vier Verknüpfungen ausgegraut.

### Methode

Für die Untersuchung wurde 45 SchülerInnen der 10. Jahrgangsstufe ein Fragebogen vorgelegt, der vier offene Aufgaben zur Identifizierung von drei der vier Modellkomponenten (Propositionen, Relationen und Regeln) in chemiespezifischen Modellen enthielt. Die Komponente der Operationen wurde aus testökonomischen Gründen ausgespart.

### Ergebnisse

Von den 45 TeilnehmerInnen waren 27 männlich, 17 weiblich und eine Person ohne Angabe des Geschlechts. 78% der Antworten zu den Propositionen waren theoriekonform und enthielten relevante Beschreibungen. Bei den Relationen waren es 47% und bei den Regeln 6% (vgl. Abb. 2). Es konnten keine Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen festgestellt werden.

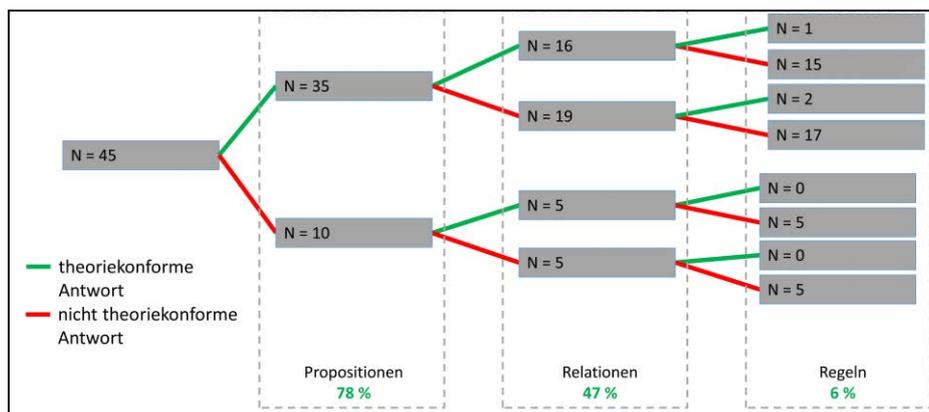


Abb. 2: Pfaddiagramm zur Darstellung der Antwortverteilung. Die deskriptiven Daten illustrieren die Antwortverläufe bezogen auf die jeweilige Modellkomponente.

**Literatur**

- Bamberger, Y. M., & Davis, E. A. (2013). Middle-School Science Students' Scientific Modelling Performances Across Content Areas and Within a Learning Progression. *International Journal of science education*, 35(2), pp. 213–238.
- Giere, R. N. (2004). How Models Are Used to Represent Reality. *Philosophy of Science*, 71(5), pp. 742–752.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education* (Vol. 9). Cham: Springer International Publishing.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of science education*, 24(4), pp. 369–387.
- Knuuttila, T. (2005). *Models as epistemic artefacts: Toward a non-representationalist account of scientific representation*. Philosophical studies from the University of Helsinki: Vol. 8. Helsinki: Department of Philosophy, Univ. of Helsinki.
- Lesh, R. A., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., & Post, T. (2000). Principles for Developing Thought-Revealing Activities for Students and Teachers. In A. Kelly & R. A. Lesh (Eds.), *Research Design in Mathematics and Science Education* (pp. 591–646). Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lesh, R. A., & Zawojewski, J. (2007). Problem Solving and Modeling. In F. K. Lester (Ed.), *The Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 763–804). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Löhner, S., van Joolingen, W. R., Savelsbergh, E. R., & van Hout-Wolters, B. (2005). Students' reasoning during modeling in an inquiry learning environment. *Computers in Human Behavior*, 21(3), pp. 441–461.
- Mahr, B. (2008). Ein Modell des Modellseins: Ein Beitrag zur Aufklärung des Modellbegriffs. In U. Dirks & E. Knobloch (Eds.), *Modelle* (pp. 187–218). Frankfurt am Main: Lang.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Springer-Lehrbuch. Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (pp. 177–186). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Nehring, A. (2014). *Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie: Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 177*. Berlin: Logos Verl.
- Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeier zu Belzen, A., & Tiemann, R. (2016). *Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.
- Nicolaou, C., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, 13, pp. 52–73.
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Wien, New York: Springer-Verlag.
- Terzer, E. (2012). *Modellkompetenz im Kontext Biologieunterricht. Empirische Beschreibung von Modellkompetenz mithilfe von Multiple-Choice Items* (Dissertation). Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, pp. 41–57.

## Entwicklung eines interaktiven Videovignetentests für Erklärfähigkeit

Im hier vorgestellten Projekt soll ein interaktives, computerbasiertes Testinstrument entwickelt werden, das die Performanz von Lehrkräften in einer bestimmten Standardsituation des Unterrichtens vorhersagen kann: dem Erklären physikalischer Sachverhalte. Dazu wird ein Videovignetentest entwickelt, der aus zweistufigen Multiple-Choice Items besteht und Large-Scale Erhebungen ermöglicht. Mit diesem Test soll die Lücke zwischen Performanztests (hohe Validität, niedrige Testökonomie) und Papier-Bleistift-Tests (niedrige Validität, hohe Testökonomie) geschlossen werden. Schriftliche Tests sind Standard in der Untersuchung der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften, ihre Handlungsvalidität ist jedoch fraglich (Vogelsang & Reinhold, 2013, Cauet, 2016).

### 1. Erklären und Lehrerhandeln

Der Prozess des Erklärens wird in diesem Beitrag als ein konstruktivistischer, dialogischer Prozess zwischen einem Erklärer (z. B. eine Lehrkraft) und einem oder mehreren Adressaten (z. B. Lernende) verstanden und ist von der Vorstellung einer transmissiven Wissensvermittlung abzugrenzen (Kulgemeyer & Schecker, 2013). Ein Kernelement für erfolgreiches Erklären ist dabei die Adaption der Erklärung an die Bedürfnisse der Adressaten (Wittwer & Renkl, 2008). Ein Modell für diese Art des dialogischen Erklärens im Physikunterricht wurde von Kulgemeyer und Schecker (2013) vorgelegt. Es beschreibt zwei Dimensionen, die eine Lehrkraft berücksichtigen muss, wenn sie ihren Lernenden etwas erklärt: Die Sachgerechtigkeit (ist das erklärte Thema fachlich korrekt und vollständig?) und die Adressatengemäßheit (knüpft die Erklärung an Vorwissen und Interesse der Adressaten an?). Dazu stehen vier „Variablen“ zur Verfügung, die die Lehrkraft zur Adaption der Erklärung nutzen kann. Dies sind (1) der Einsatz von Beispielen oder Analogien, (2) der sprachliche Code (z. B. Alltagssprache oder Fachsprache), (3) die Darstellungsform (z. B. ein Foto oder ein Diagramm), und (4) der Mathematisierungsgrad (z. B. der Einsatz von Formeln oder Zahlenbeispielen). Die Adressaten reagieren auf die angebotene Erklärung mit einer (non)verbalen Rückmeldung. Diese Rückmeldung kann der Erklärer nutzen, um seine Erklärung entsprechend der vier Variablen anzupassen und das Verstehen der Adressaten besser zu fördern.

Nach Riese et al. (2015) ist die Erklärfähigkeit von Lehrkräften Teil ihrer professionellen Handlungskompetenz. Diese kann mit verschiedenen Testformaten erhoben werden, die im Sinne von Miller (1990) in vier Kategorien unterteilt werden können: *Beobachtungen realen, beruflichen Handelns* finden in realen Umgebungen mit sehr vielen Freiheitsgraden statt (z. B. Videografieren von Unterrichtsstunden). *Performanztests* versuchen solche Situationen in standardisierten Umgebungen nachzustellen und so die Zahl der Freiheitsgrade zu reduzieren. *Kompetenztests* erfolgen typischerweise schriftlich und untersuchen, ob Testpersonen das professionelle Wissen zum Lösen typischer beruflicher Problemsituationen haben, während (4) *Wissenstests* deklaratives Wissen erheben. Obwohl schriftliche Tests den niedrigsten Grad an Authentizität bezüglich realer unterrichtlicher Handlungen haben, finden sie in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung häufig Anwendung. Mit Blick auf eine durch mehr Authentizität bedingte, höhere prognostische Validität von Unterrichtsqualität werden jedoch alternative Testverfahren gefordert (z. B. von Aufschnaiter und Blömeke, 2010).

In diesem Sinne haben Kulgemeyer und Tomczyszyn (2015) den *Dialogischen Erklärtest* (DET) entwickelt, einen Performanztest, der mit Videoauswertung arbeitet und die Erklärfähigkeit einzelner Probanden in einem standardisierten Setting misst. Sie konnten damit zeigen, dass Erklärfähigkeit sowohl durch das Fachwissen als auch das fachdidaktische Wissen der Probanden beeinflusst wird (s. Beitrag von C. Kulgemeyer in diesem Band). Der DET ermöglicht aufgrund der Authentizität der Erhebungssituation eine valide Abbildung von Lehrerklärungen. Die Datenerhebung und Auswertung sind jedoch sehr zeitaufwändig, was Large-Scale Erhebungen fast unmöglich macht. Diese sind jedoch von Interesse, soll der Effekt von Elementen der Lehrerbildung (z. B. Praxissemester) auf die Erklärfähigkeit von Lehramtsstudierenden untersucht werden. Ein vielversprechender Ansatz zur testökonomischen und validen Messung der Handlungskompetenz von Lehrkräften ist der Einsatz von Videovignettentests (Rehm und Bölsterli, 2014). Bei typischen Instrumenten handelt es sich um Kompetenztests, die den Probanden durch kurze Videosequenzen, die an relevanten Stellen unterbrochen werden, in eine bestimmte Situation versetzen und das anschließende Verhalten des Probanden erheben. Im Gegensatz zu Performanztests weisen bisherige Verfahren jedoch einen geringen Grad an Interaktivität auf (Lindmeier, 2013).

## 2. Anlage des Projekts

Im hier vorgestellten Projekt wird ein Videovignettentest entwickelt, der interaktives Handeln ermöglicht. Er soll die Erklärfähigkeit von Lehrkräften in Erklärsituationen im Unterricht vorhersagen können und als standardisiertes Instrument mit geschlossenen Antworten die Umsetzung von Large-Scale Assessments ermöglichen. Dazu werden Videovignetten erstellt, die an Erklärungen angelehnt sind, welche mit dem DET aufgenommen wurden. Sie zeigen eine Lehrkraft, die im Dialog versucht, einem Lernenden einen physikalischen Sachverhalt zu erklären. Bei den Sachverhalten handelt es sich um Themen aus der Mechanik, die in einen Kontext eingebettet sind, z. B. „Wie kann die Erde vor einem herannahenden Asteroiden durch dessen Sprengung gerettet werden?“ (physikalischer Inhalt: Impulserhaltung). Beispiele sind in Bartels & Kulgemeyer (2016) aufgeführt. Jeder Sachverhalt wird mit etwa 15 Videovignetten realisiert, die eine zusammenhängende Erklärsituation im Dialog zeigen. Der Test ist online zugänglich. Während der Proband den Test bearbeitet, stoppen die Videovignetten an Stellen, an der die Lehrkraft eine Entscheidung über das weitere Vorgehen in der Erklärung treffen muss. Der Proband entscheidet dann in zweistufigen Items über den Fortgang der Erklärung (*Two-Tier-Multiple-Choice Items* vgl. z.B. Tan, et al., 2002). In der ersten Stufe muss er aus jeweils vier gegebenen Möglichkeiten zum Fortführen der Erklärung diejenige auswählen, die er für am besten geeignet hält. Dabei sind alle Antwortmöglichkeiten fachlich korrekt – sie unterscheiden sich nur in der Art der Erklärung (z. B. Unterschiede im Grad der eingesetzten Fachsprache). Für seine Auswahl in dieser Stufe hat der Proband nur begrenzt Zeit, was den Handlungsdruck in einer realen Unterrichtssituation simuliert und damit die Authentizität des Tests erhöht (vgl. Rehm und Bölsterli, 2014). In der zweiten Stufe wird der Proband gebeten, seine Auswahl zu begründen. Diese Stufe besteht ebenfalls aus geschlossenen Antwortmöglichkeiten, die durch einen adaptiven Testverlauf zur in der ersten Stufe getroffenen Auswahl passen.

Nachdem der Proband seine Auswahl getroffen hat, zeigt die nächste Vignette das tatsächliche (und nicht immer optimale) Verhalten der Lehrkraft und die anschließende Reaktion des Lernenden. Der Dialog wird so fortgeführt. Jede Videovignette bezieht sich auf eine der vier Variablen des Erklärens. Im Verlauf jedes Sachverhalts werden jedoch alle vier Variablen mehrfach behandelt.

Mit diesem Instrument sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

*FF1:* Wie valide und reliabel kann Erklärfähigkeit mit einem standardisierten, interaktiven Instrument computerbasiert gemessen werden?

*FF2:* Inwieweit steht die durch das Instrument erfasste Erklärfähigkeit von Lehrkräften mit dem Lernzuwachs ihrer Lernenden in Zusammenhang?

### 3. Stand der Testentwicklung

Zurzeit läuft eine Pilotierung des vorläufigen Testinstruments. Dafür wurde ein Videovignettentest mit 15 Vignetten realisiert. In einer Expertenrunde wurden alle Items des Tests bezüglich der Frage diskutiert, ob die Antwortmöglichkeiten mit Blick auf das Verhalten der Schülerin in der zuvor gezeigten Videovignette eindeutig richtig oder falsch seien. Der so entwickelte Test wurde an 20 Probanden erprobt. Um möglichst große Unterschiede in der Erklärfähigkeit zu haben, enthielt die Stichprobe sowohl Physiklehramtsstudierende aus dem ersten und letzten Studienjahr, als auch Studierende der Fachphysik. Die zweite Stufe der Items wurde in einem offenen Format durchgeführt, um möglichst alle Überlegungen der Probanden zu erfassen. Mit Blick auf die Inhaltsvalidität wurde ferner mit 10 Probanden ein Stimulated-Recall-Interview durchgeführt, in dem die Testpersonen ausführlich zu ihren Erwägungen während des Entscheidungsprozesses bei der Beantwortung der Items befragt wurden. Aus den so gewonnenen Ergebnissen wurde eine überarbeitete Version des Testinstruments mit angepassten Videovignetten erstellt.

### 4. Ausblick

Aktuell werden zwei weitere Sachverhalte entwickelt und pilotiert. Hier sollen ebenfalls eine Expertenrunde und Stimulated-Recall-Interviews eingesetzt werden. Ferner wird eine Untersuchung zur kongruenten Validität vorbereitet. Hierzu sollen Probanden sowohl den DET als auch den Videovignettentest durchführen. Da Studien zum DET bereits sehr belastbare Argumente für die Validität des Verfahrens erbrachten (Kulgemeyer und Tomczyszyn, 2015), wäre eine hohe Korrelation der Ergebnisse auch ein starkes Argument für die Validität im Zusammenhang mit dem Vignettentest. Anschließend soll die Haupterhebung mit mindestens 100 Probanden (Lehramtsstudierende und Lehrkräfte) durchgeführt werden, um umfangreiche statistische Analysen zu ermöglichen. Falls sich das Instrument hier als belastbar hinsichtlich Validität und Reliabilität erweist, wäre dies ein starkes Argument für die Generalisierbarkeit des Testverfahrens und würde die Beantwortung der FF 1 ermöglichen.

Ferner werden Untersuchungen mit mindestens 10 Schulklassen von Lehrkräften durchgeführt, die zuvor am Vignettentest teilgenommen haben. Mit einem Pre-Post Test wird der Lernzuwachs der Lernenden durch eine kontrollierte Erklärsituation mit den Lehrkräften untersucht. Die Lehrkräfte erklären dabei jeweils ein zuvor festgelegtes Szenario, das – wie die Videovignettentests – thematisch im Bereich Mechanik angesiedelt ist. Als Testinstrument sollen hier Subskalen des Force Concept Inventory (vgl. z. B. Hestenes et al., 1992) eingesetzt werden. Von dieser Untersuchung werden erste Hinweise auf einen positiven Effekt der Erklärfähigkeit von Lehrkräften auf den tatsächlichen Lernzuwachs ihrer Lernenden erwartet. Sie soll die Beantwortung der FF 2 ermöglichen und Argumente für die prognostische Validität des Vignettentests liefern.

Das so entwickelte Instrument soll einen Beitrag zur validen Messung der Handlungskompetenz von Lehrkräften leisten. Langfristig wird mit solchen Verfahren die Untersuchung der Auswirkungen von Studienelementen der Lehrerbildung auf die tatsächliche Handlungskompetenz von zukünftigen Lehrkräften im Klassenraum angestrebt.

**Literatur**

- Von Aufschnaiter & C.; Blömeke, S. (2010): Professionelle Kompetenz von (angehenden) Lehrkräften erfassen – Desiderata. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 16, S. 361–367.
- Bartels, H. & Kulgemeyer, C. (2016): Entwicklung eines interaktiven computerbasierten Tests für Erklärbarkeit. In PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG Frühjahrstagung.
- Cauet, E. (2016): Testen wir relevantes Wissen? Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 204).
- Hestenes D., Wells M. & Swackhamer G. 1992: Force Concept Inventory. *The Physics Teacher* 30: 141-166.
- Kulgemeyer, Christoph; Schecker, Horst (2013): Students Explaining Science - Assessment of Science Communication Competence. In: *Res Sci Educ* 43 (6), S. 2235–2256.
- Kulgemeyer, C. & Tomczyszyn, E. (2015): Physik erklären. Messung der Erklärbarkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 21 (1), S. 111–126.
- Lindmeier, A. (2013): Video-vignettenbasierte standardisierte Erhebung von Lehrerkognitionen. In: Klaas Macha und Ulrich Riegel (Hg.): Videobasierte Kompetenzforschung in den Fachdidaktiken. Münster: Waxmann, S. 45–61.
- Miller, G. (1990): The Assessment of Clinical Skills / Competence / Performance. In: *Journal of the Association of American Medical Colleges* 65 (9), S. 563–567.
- Rehm, M. & Bölsterli, K. (2014): Entwicklung von Unterrichtsvignetten. In: Dirk Krüger, Ilka Parchmann und Horst Schecker (Hg.): *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, S. 213–225.
- Riese, J.; Kulgemeyer, C.; Zander, S.; Borowski, A.; Fischer, H. E.; Gramzow, Y. et al. (2015): Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In: *Zeitschrift für Pädagogik* (61), S. 55–79.
- Tan, K.; Goh, N. K.; Chia, L. S. & Treagust, D. (2002): Development and Application of a Two-Tier Multiple Choice Diagnostic Instrument To Assess High School Students' Understanding of Inorganic Chemistry Qualitative Analysis. In: *Journal of Research in Science Teaching* 39 (4), S. 283–301.
- Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2013): Zur Handlungsvalidität von Tests zum professionellen Wissen von Lehrkräften. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 19, S. 103–128.
- Wittwer, J. & Renkl, A. (2008): Why Instructional Explanations Often Do Not Work: A Framework for Understanding the Effectiveness of Instructional Explanations. In: *Educational Psychologist* 43 (1), S. 49–64.

Anna Nowak<sup>1</sup>  
 Sven Liepertz<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Potsdam

### **Stärkung der Reflexionskompetenz im Praxissemester Physik**

Selbstreflexion ist Teil der nationalen und internationalen Standards zur Lehrerbildung (KMK, 2005; InTASC, 2011). Helmke (2015) hat Reflexionskompetenz sogar als „eine Schlüsselbedingung für die Verbesserung des eigenen Unterrichts und damit ein zentrales und für den nachhaltigen Unterrichtserfolg unabdingbares Merkmal der Lehrperson“ bezeichnet (Helmke, 2015, S. 116). Ziele von Reflexion sind unter anderem die berufliche Weiterentwicklung und die Anpassung an praktische Anforderungen (Larrivee, 2008). Gleichwohl ist Reflexion „an active, effortful enterprise; it does not just happen“ (Wildman, Niles, Magliaro & McLaughlin, 1990, S. 48). Genau dieser aktive Prozess soll im Praxissemester Physik der Universität Potsdam durch die Intervention gefordert und gefördert werden.

Ein weiteres Rahmenthema des Praxissemesters Physik ist der Methodeneinsatz im Physikunterricht. Dies lässt sich einerseits mit dem Modell über das Zustandekommen schulischer Leistungen begründen. Demnach gibt es Aspekte, die von der Lehrperson nicht mehr, indirekt oder direkt zu beeinflussen sind (Becker, 2007). Die eigene Methodenkompetenz gehört zu den direkt zu beeinflussenden Aspekten (ebd.). Aus physikdidaktischer Perspektive gibt es im deutschen Physikunterricht einige Probleme, die ebenfalls für die Fokussierung auf Unterrichtsmethoden im Praxissemester sprechen. So ist der deutsche Physikunterricht bei Schülerinnen und Schülern unbeliebt (Merzyn, 2013) und hauptsächlich lehrerzentriert (Duit & Wodzinski, 2010). Zudem ist nach Merzyn (2013) ein Merkmal guten Physikunterrichts lernzielorientierte Methodenvielfalt.

Ziel der Begleitung im Praxissemester ist es, die Studierenden für den Methodeneinsatz zu sensibilisieren, indem sie darüber reflektieren und sie somit bei ihrer Entwicklung zu professionellen Lehrpersonen zu unterstützen.

Untersucht werden sollen die schriftlichen Reflexionen der Praxissemesterstudierenden im Hinblick auf Vollständigkeit und ob sich die Reflexionskompetenz durch die geplante Intervention im Laufe des Praxissemesters entwickelt.

#### **Theoretische Verortung von Reflexion**

Reflexion ist eine bestimmte Form des Denkens (Dewey, 2002). Schön (1983) hat die Begriffe reflection-in-action (Reflexion während einer Handlung) und reflection-on-action (Reflexion nach der Handlung) geprägt, wobei es im Praxissemester Physik um die Förderung letzterer Reflexion geht. Eine Reflexion beinhaltet immer Zurückblicken und Vorwärtsblicken (Valli, 1997) und ist dann erfolgreich, wenn eine Handlungsalternative generiert wird (Dewey, 2002). Sie setzt eine offene Grundhaltung und Willen voraus und ist erlernbar (ebd.).

Korthagen (2002) stellt mit seinem Reflexionsmodell ALACT dar, wie das Lernen durch Erfahrung im Referendariatsunterricht geschieht. Auf eine Handlung (Action) wird zurückgeblickt (Looking back on action). Dabei wird sich die reflektierende Person wichtiger Aspekte bewusst (Awareness of essential aspects) und generiert eine Handlungsalternative (Creating alternative methods of action). Der Versuch diese Alternative umzusetzen stellt eine erneute Handlung dar, auf die wieder zurück geblickt wird usw. Dieses Kreislaufmodell passt auch auf die Situation im Praxissemester Physik der Universität Potsdam, da die Studierenden 25 Stunden selbst unterrichten und dabei in der Schule und in der Universität zum Reflektieren angeregt werden.

Erfolgreiche Lehrerbildungsprogramme zeichnen sich unter anderem durch die Implementation von Unterrichtsbeobachtungen und –reflexionen aus (Darling-Hammond, 2006). Von Felten (2005) fand heraus, dass ein reflexives Praktikum Reflexion fördert. Davis (2006) empfiehlt, Studierende ständig dazu anzuregen, auf einem höheren Niveau und über bestimmte Inhaltsbereiche zu reflektieren. Eine gute Möglichkeit zur Förderung von Reflexion in Praxisphasen ist ein Portfolio, in welchem eigene Unterrichtsversuche und deren Reflexion dokumentiert werden (Roters, 2012). Eine weitere Möglichkeit zur Reflexionsanregung ist die Videoreflexion, die einen besonders hohen Lerngewinn bringt, wenn ein eigenes Video mit einem strukturierten Arbeitsauftrag reflektiert wird (Seidel & Prenzel, 2007).

Reflexion kann über schriftliche Berichte erfasst und durch qualitative Inhaltsanalyse ausgewertet werden (u.a. Hatton & Smith, 1995; Davis, 2006). Eine vollständige Reflexion umfasst die Elemente Beschreibung, Bewertung, Begründung, Alternativen und Konsequenzen (Windt & Lenske, 2015). Die Anzahl der Elemente ermöglicht dann die Einschätzung der Qualität in einem Stufenmodell (ebd.).

Ergebnisse bisheriger Interventionsstudien zeigten, dass die Reflexionen der Studierenden hauptsächlich beschreibend und bewertend, kaum begründend oder Alternativen nennend waren (Abou Baker El-Dib, 2007). Damit einher gehen auch die Ergebnisse von Hatton und Smith (1995), welche die Schreibtypen descriptive writing, descriptive reflection, dialogic reflection und critical reflection ausmachten, wobei nur die drei letzteren Reflexionstypen sind. Am häufigsten trat auch hier der Reflexionstyp descriptive reflection auf (ebd.). Allerdings stellten sie fest, dass eine „critical friend“ Partnerschaft und die Diskussion von Videoausschnitten hilfreich waren (ebd.). Auch Meentzen und Stadler (2010) konnten durch ihre Intervention einen Anstieg der reflexiven Elemente in erfassten Logbüchern verzeichnen, systematisches Reflektieren allerdings nur in 10% der Fälle.

### **Theoretische Verortung von Unterrichtsmethoden**

Eine Unterrichtsmethode ist eine typische Handlungsabfolge im Unterricht, die einen universellen Charakter hat, zielorientiert ist und Strukturiertheit vorgibt (Barzel, Büchter & Leuders, 2007). Sie ist lernpsychologisch und pädagogisch-didaktisch in ihrer jeweiligen Form begründet und bietet somit ein theoretisches Fundament für den Unterricht (ebd.). Im Physikunterricht lassen sich die drei Methodenarten Methodische Großformen (bspw. Praktikum, Exkursion), „Innere“ lern- und inhaltsorientierte Methoden (bspw. historisch orientierter Physikunterricht) sowie „Äußere“ Methoden (bspw. Textarbeit, Spiele) unterscheiden (Mikelskis-Seifert & Rabe, 2007, S.14). Letztere sind beobachtbare Sozialformen und Handlungsmuster, welche im Praxissemester Physik thematisiert werden sollen.

### **Forschungsfragen**

Für das Projekt ergeben sich die folgenden Forschungsfragen:

- i) Inwieweit lässt sich die Reflexionskompetenz der Studierenden im Praxissemester mit Hilfe des Reflexions-Kategoriensystems des Projekts abbilden?
- ii) Wie vollständig sind die Reflexionen der Physiklehramtsstudierenden im Praxissemester?
- iii) Wie entwickelt sich die Reflexionskompetenz der Physiklehramtsstudierenden im Verlauf des Praxissemesters?

### **Vorstellung der Intervention**

An der Universität Potsdam folgen im Praxissemester auf die Vorbereitungswoche an der Universität 14 Wochen an der Schule mit zweiwöchentlicher Begleitung in den Begleitseminaren an der Universität in beiden Unterrichtsfächern und den Erziehungswissenschaften. Während dieser 14 Wochen hospitieren die Studierenden 66

Stunden und unterrichten jeweils 25 Stunden in beiden Fächern. Abgeschlossen wird das Praxissemester an der Universität in der Nachbereitungswoche.

In einer Vorbereitungssitzung (2,5 Stunden) und den ersten beiden Begleitsitzungen (je 2,5 Stunden) werden die Themen Reflexion und Methodeneinsatz im Physikunterricht behandelt. Dabei lernen die Studierenden Leitfragen und mögliche Reflexionsthemen kennen, welche sie bei der Reflexion ihres Unterrichts unterstützen sollen.

Auf der Schulebene fertigen die Studierenden nach mindestens 15 ihrer selbst geplanten und gehaltenen Stunden eine kurze schriftliche Selbstreflexion über den Einsatz einer ausgewählten Methode an. Diese Reflexionen werden wöchentlich gesammelt und in einem Reflexionstagebuch in Moodle eingereicht. Geplant ist es, dass jeder Studierende im Laufe des Praxissemesters mindestens zwei Feedbacks zur Güte der Reflexionen im Sinne der Vollständigkeit durch das Betreuer team bekommt.

In den 4 Begleitsitzungen selbst (je 2,5 Stunden) arbeiten die Studierenden in festen Vier- bis Fünfergruppen zusammen. Jeder Studierende ist einmal dafür verantwortlich, einen eigenen videographierten Methodeneinsatz im Physikunterricht vorzustellen, über welchen die Gruppe dann reflektiert. Dabei wird zunächst Zeit gegeben, alleine zu reflektieren und die Gedanken zu notieren. Anschließend erfolgt eine Gruppendiskussion. Die Betreuer beobachten nur und geben anschließend ein Feedback.

#### **Auswertung der Daten**

Die 15 schriftlichen Selbstreflexionen über den Methodeneinsatz im Physikunterricht sowie die schriftliche Selbstreflexion zum eigenen Video werden in MAXQDA durch die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) auf Vollständigkeit untersucht. Dafür wurde in Anlehnung an Windt und Lenske (2016) ein Kategoriensystem entwickelt. Dieses umfasst die sechs Kategorien Begründung didaktischer Entscheidungen, Beschreibung, Begründung, Bewertung, Alternativen und Konsequenzen. Als vollständig wird eine Reflexion eingestuft, wenn sie alle sechs Kategorien aufweist, andernfalls wird sie nach der Anzahl der vorhandenen Elemente eingestuft.

Erste Ergebnisse aus einzelnen Reflexionen im Sommersemester 2016 zeigen, dass die Reflexionen vor allem beschreibender und bewertender Art sind und über das Stufenmodell auf niedrigen Stufen eingeordnet werden. Ob sich die Reflexionskompetenz der Potsdamer Praxissemesterstudierenden durch die Intervention fördern lässt wird sich in den nächsten zwei Jahren zeigen.

Die Intervention beginnt im Wintersemester 2016/17 und soll in 4 aufeinanderfolgenden Semestern durchgeführt werden. Dabei werden voraussichtlich insgesamt ca. 40 Studierende teilnehmen. Nach Abschluss des Projekts sollen die Erkenntnisse zur gezielten Förderung der Reflexionskompetenz auf das gesamte Physik-Lehramtsstudium übertragen werden.

**Literatur**

- Abou Baker El-Dib, M. (2007). Levels of reflection in action research. An overview and an assessment tool. *Teaching and Teacher Education*, 23 (1), 24-35.
- Barzel, B., Büchter, A. & Leuders, T. (2007). *Mathematik Methodik*. Berlin: Cornelsen.
- Becker, G. E. (2007). *Unterricht auswerten und beurteilen*. Weinheim: Beltz.
- Darling-Hammond, L. (2006). *Powerful Teacher Education: Lessons from Exemplary Programs*. 1. Aufl. San Francisco: Wiley.
- Davis, E. A. (2006). Characterizing productive reflection among preservice elementary teachers: Seeing what matters. *Teaching and Teacher Education*, 22 (3), 281-301.
- Dewey, J. (2002). *Wie wir denken*. Zürich: Pestalozzianum.
- Duit, R. & Wodzinski, C. T. (2010). Merkmale guten (Physik)unterrichts. PIKO-Brief 4.
- Hatton, N. & Smith, D. (1995). Reflection in teacher education: Towards definition and implementation. *Teaching and Teacher Education*, 11(1), 33-49.
- Helmke, A. (2015). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Franz Emanuel Weinert gewidmet. 6. Aufl. Seelze: Klett Kallmeyer.
- [InTASC] Interstate Teacher Assessment and Support Consortium (2011). *Model Core Teaching Standards: A Resource for State Dialogue*. Washington DC.
- [KMK] Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- Korthagen, F. A. J. (2002). *Schulwirklichkeit und Lehrerbildung. Reflexion der Lehrertätigkeit*. Hamburg: EB-Verlag.
- Meentzen, U. & Stadler, M. (2010). Wie Lehrkräfte bei der Reflexion über ihren Unterricht unterstützt werden können. Das Fachgruppenportfolio im Programm SINUS-Transfer. In: F. H. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders & J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (S. 161-173). Münster: Waxmann.
- Merzyn, G. (2015). *Guter Physikunterricht. Die Sicht von Schülern, Lehrern und Wissenschaftlern*. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 0. Abgerufen am 10. Oktober 2016 von <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/589/745>
- Mikelskis-Seifert, S. & Rabe, T. (2007). Vorwort. In: S. Mikelskis-Seifert & T. Rabe (Hrsg.). *Physik Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 10-14). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Larivee, B. (2008). Meeting the Challenge of Preparing Reflective Practitioners. *The New Educator*, 4 (2), 87-106.
- Roters, B. (2012). *Professionalisierung durch Reflexion in der Lehrerbildung: eine empirische Studie an einer deutschen und einer US-amerikanischen Universität*. Münster: Waxmann.
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner: how professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Seidel, T. & Prenzel, M. (2007). Wie Lehrpersonen Unterricht wahrnehmen und einschätzen – Erfassung pädagogisch-psychologischer Kompetenzen mit Videosequenzen. In M. Prenzel, I. Gogolin & H. H. Krüger (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* (S. 201-216). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Valli, L. (1997). Listening to Other Voices: A Description of Teacher Reflection in the United States. *Peabody Journal of Education*, 72(1), 67-88.
- von Felten, R. (2005). *Lernen im reflexiven Praktikum: eine vergleichende Untersuchung*. Münster: Waxmann.
- Wildman, T. M., Magliaro, S. G., Niles, J.A. & McLaughlin, R. A. (1990). Promoting Reflective Practice among Beginning and Experienced Teachers. In: R. T. Clift, W. R. Houston & M. C. Pugach (Hrsg.), *Encouraging reflective practice in education. An analysis of issues and programs* (S. 139-162). New York: Teachers' College Press.
- Windt, Anna & Lenke, Gerlinde (2016). Qualität der Sachunterrichtsreflexion im Vorbereitungsdienst. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 284). Universität Regensburg.

### **Professionswissen von Lehrkräften im Bereich der Elementarteilchenphysik Motivation und Überblick**

Das im Folgenden beschriebene Forschungsvorhaben strebt die Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung sowie Charakterisierung professioneller Kompetenzen gymnasialer Lehrkräfte im Bereich moderner Elementarteilchenphysik an.

Die wissenschaftliche Grundlagenforschung auf dem im weiteren Verlauf lediglich als „Teilchenphysik“ bezeichneten Gebiet hat sich insbesondere in den letzten Jahrzehnten rasant entwickelt. Neue Hypothesen und Entdeckungen, gekrönt von der Entdeckung des Higgs-Bosons (ATLAS Collaboration, CMS Collaboration 2012) als zentralem letztem Bestandteil des Standardmodells, trugen maßgeblich zu unserem Verständnis über die Struktur der Materie und dem Ursprung des Universums bei. Das Interesse an der Beantwortung derart zentraler Fragen der Menschheit gemeinsam mit der aktuell entsprechend hohen Medienpräsenz der Teilchenphysik (u.a. Filme und Serien wie *The Big Bang Theory*) führen zu einer wachsenden Faszination bei Schülerinnen und Schülern. Auch kann argumentiert werden, dass in der Teilchenphysik – hier im europäischen Kernforschungszentrum CERN in Genf - eine außergewöhnlich friedliche internationale Zusammenarbeit vieler – häufig junger - Wissenschaftler stattfindet. Im Zuge der wachsenden technologischen Vernetzung von Ländern begeistert dies junge Menschen genauso sehr wie die Tatsache, dass sich verschiedene Wissenschaften zusammenfinden müssen, um Großprojekte wie einen LHC (engl. *Large Hadron Collider*, dt. Großer Hadronenspeicherring, befindlich am CERN) zu realisieren.

Diese Kollaboration von PhysikerInnen, IngenieurInnen, InformatikerInnen usw. spiegelt sich ebenfalls in einer Reihe von bedeutenden Alltagsanwendungen wider, deren Grundlagen aus der Teilchenphysikforschung hervorgegangen sind. Insbesondere sind hier die Erfindung des *World Wide Web* 1989 am CERN (Berners-Lee et al. 1994) sowie bildgebende und therapeutische Verfahren wie der PET-Scanner und die Hadronentherapie in der Strahlenmedizin zu nennen. Unter dem Stichwort Kontextorientierung liefern diese und andere Anwendungen im Alltag weitere Anknüpfungspunkte für das wachsende Interesse an der Teilchenphysik bei jungen Menschen.

Neben der Motivation aus Lernendenperspektive haben sich die Bildungspolitik und die Lehrplanmacher in Deutschland der Teilchenphysik zugewandt. In Folge der 2004 in der KMK beschlossenen Bildungsstandards ist das Thema zum aktuellen Stand (Schuljahr 2016/17) in den (Rahmen-) Lehrplänen bzw. Bildungsplänen von 14 Bundesländern für die gymnasiale Oberstufe im Fach Physik explizit im Pflicht bzw. Wahl(pflicht-)bereich zu finden. Pionierarbeit leistet insbesondere das Land Nordrhein-Westfalen, in dessen Kernlehrplan für die Sekundarstufe II von 2014 gemeinsam mit der Atom- und Kernphysik auch dem „...*Aufbau der Materie im Kleinsten nach dem sogenannten Standardmodell...*“ (Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/ Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen - Physik, 2014, S.21 ) im Pflichtbereich mit 11 planmäßigen Unterrichtsstunden im Leistungskurs eine explizite Rolle zukommt.

Dieser wachsenden Bedeutung der Teilchenphysik im Schulkontext stehen ausgebildete junge oder erfahrenere Lehrkräften gegenüber, welche sich aufgrund der bisherigen Struktur der Lehrerausbildung an den deutschen Hochschulen zumeist nur oberflächlich mit der Teilchenphysik beschäftigt haben. Darüber hinaus wird die Lehrerfortbildungslandschaft in

Deutschland zum Thema Teilchenphysik im Grunde durch die fachbezogenen Abteilungen einzelner Hochschulen gestaltet sowie durch das hochschulangegliederte Projekt *Netzwerk Teilchenwelt* ([www.teilchenwelt.de](http://www.teilchenwelt.de)), welches zusätzlich verschiedene Kooperationsprojekte mit Schulen allgemein oder einzelnen Schülerinnen und Schülern im Speziellen anbietet. Aufgrund derzeitiger Strukturen liegt der Fokus der Lehrerfortbildungen auf den fachwissenschaftlichen Aspekten.

In dem hier beschriebenen Projekt werden die von Lehrpersonen benötigten fachwissenschaftlichen sowie fachdidaktischen Kompetenzen noch einmal aus Sicht der aktuellen Lehrerkompetenzforschung untersucht und es wird angestrebt, durch die Verbindung zweier unterschiedlicher Sichtweisen – derjenigen von Fachwissenschaftlern und derjenigen von Fachdidaktikern - eine Grundlage zu schaffen, auf die sich die zukünftige Lehreraus- und -weiterbildung stützen kann.

Durch die Entwicklung eines Testinstruments, welches die Natur sowie das Niveau des themenbezogenen Professionswissens bei praktizierenden Physiklehrkräften abbildet, zielt das Projekt auf die Untersuchung des aktuellen Status Quo sowie insbesondere auf die Erforschung typischer Wissensdefizite und Fehlvorstellungen ab, die Lehrkräfte über die Teilchenphysik besitzen. Beides kann als Ausgangspunkt für die Entwicklung zukünftiger Fortbildungsprogramme oder Unterrichtskonzepte dienen.

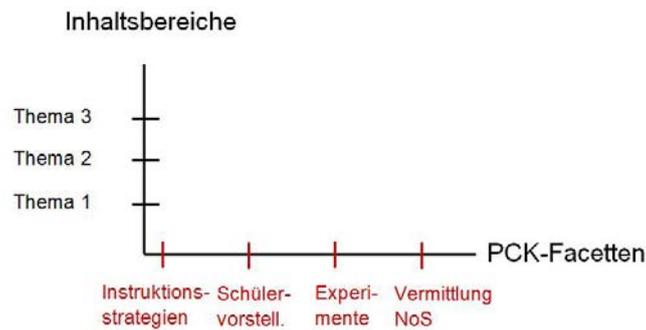
Die Studie basiert aus theoretischer Sicht fundamental auf dem Modell professioneller Handlungskompetenz von Baumert und Kunter (2006) und umfasst Allgemeines Pädagogisches Wissen (im Folgenden PK), Fachwissen (CK), Fachdidaktisches Wissen (PCK), Organisations- und Beratungswissen. Neben diesem Ansatz wurde das Professionswissen von Lehrkräften auf verschiedene Arten konzeptualisiert, u.a. von Shulman (1986, 1987), welcher sich auf 7 Dimensionen bezieht oder von Elbaz (1983), der 5 Komponenten erwähnt. Es gibt zahlreiche Studien, die aufzeigen, dass es diejenigen Lehrerkompetenzen sind, welche sich den Komponenten PK, CK und PCK zuordnen lassen, die den größten Effekt auf den Lernfortschritt von Schülerinnen und Schülern haben (Abell 2007, Blömeke et al. 2009, Kunter, Klusmann, & Baumert 2009).

Aufgrund der Priorisierung auf themenspezifischen Aspekte im Zusammenhang mit der Teilchenphysik wird der Untersuchungsrahmen dieser Studie weiter auf die Bereiche CK und PCK eingeschränkt.

Um die beiden Kategorien zu konzeptualisieren und geeignete Testitems zu entwickeln, werden zwei unterschiedliche Strategien verfolgt: Die Fachwissenskomponente wird modelliert bzw. strukturiert durch die Ermittlung und Beschreibung der zentralen Ideen (engl. *key ideas*) der Teilchenphysik mithilfe einer Befragung von Experten aus Wissenschaft, Lehre und Öffentlichkeitsarbeit. Basierend auf einer systematischen Literaturrecherche von anerkannten Lehrwerken und den neuesten verfügbaren Unterrichtsmaterialien von *Netzwerk Teilchenwelt* wurde das breite Feld der Teilchenphysik für die folgenden Studien bereits im Voraus auf drei zentralen Themengebiete eingeschränkt: *Erkenntnisse der modernen (Astro-)Teilchenphysik*, *experimentelle Forschungsmethoden* sowie *aus der Grundlagenforschung hervorgegangenen Alltagsanwendungen*.

Im Gegensatz dazu wird für die Modellierung der PCK-Komponente ein Ansatz verfolgt, welcher auf fundierten Erkenntnissen aus der Fachdidaktikforschung aufbaut: Durch die Evaluation der von den Forschungsprojekten ProWiN (Tepner, et al., 2012), ProfiLe-P (Gramzow, Riese, & Reinhold, 2013) und KiL (Kröger, Euler, Neumann, Härtig, & Petersen, 2012) verwendeten Modelle werden die relevanten Kompetenzfacetten für diese Studie definiert als das *Wissens über Instruktionsstrategien*, *Wissens über Schilervorstellungen*, *Wissens über und Einsatz von Experimenten* und das *Wissens über die*

*Kommunikation eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses.* Diese Komponenten werden validiert und ergänzt durch eine Studie, in welcher Lehramtsstudierenden zu ihren Erfahrungen bei der Konzeption und Durchführung einer Unterrichtseinheit zu Themen aus der Teilchenphysik befragt werden. Schließlich werden die Testitems für die fachdidaktischen Dimensionen in Anlehnung an fachdidaktische Studien zu verwandten Themengebieten aus der Physik konstruiert. Insbesondere sind dies Studien zu Teilchenmodellen (z.B. Mikelskis-Seifert & Leisner, 2005).



*Abb.1 : zweidimensionales Modell des Professionswissens*

Abbildung 1 gibt einen Überblick über das Gesamtmodell der Studie, welches die fachwissenschaftlichen sowie fachdidaktischen Komponenten umfasst. Das darauf aufbauende Testinstrument wird nach einer Pilotierung an Physiklehrkräfte der Sekundarstufe II geschickt, welche sich bereits mit Teilchenphysik im Schulkontext beschäftigt haben. Aufgrund großer internationaler Unterschiede sowohl in der Lehrerbildung als auch in Inhalten und Struktur von Lehrplänen konzentriert sich diese Studie in einem ersten Schritt auf den deutschsprachigen Raum. Es wird erwartet, dass sich aus den Ergebnissen der Studie ermitteln lässt, wie sich die Kompetenz der Lehrkräfte über die einzelnen Facetten verteilt und ob sich Zusammenhänge zeigen. Darüber hinaus könnten folgende Fragen beantwortet werden: Lässt sich innerhalb des Fachwissens eine schrittweise Niveaustufung finden ähnlich derer, die aus anderen Bereichen der Physik bzw. Naturwissenschaften bekannt sind? Wie lässt sich die Modellierung der fachdidaktischen Kompetenz speziell auf das Thema Teilchenphysik bezogen optimieren?

**Literatur**

- Abell, S. (2007). Research on science teachers' knowledge. In S. Abell, & N. Lederman, Handbook of Research on Science Education (S. 1105-1149). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- ATLAS Collaboration (2012). Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. Phys. Lett. B716, S. 1-29.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), S. 469-520.
- Berners-Lee, T., Secret, A., & Manning, G. (1994). The WWW virtual library. WWW Virtual Library, ©1994-
- Blömeke, S., Kaiser, G., Lehmann, R., König, J., Döhrmann, M., Bucholtz, C., et al. (2009). TEDS-M: Messung von Lehrerkompetenzen im internationalen Vergleich. In O. Zlatkin-Troitschanskaia, K. Beck, D. Sembill, R. Nickolaus, & R. Mulder, Lehrprofessionalität. Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung (S. 181–210). Weinheim: Beltz.
- CMS Collaboration (2012). Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC. Phys. Lett. B716, S. 30-61.
- Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik - Beschluss der KMK vom 01.12.1989 i.d.F. vom 05.02.2004. (2004).
- Elbaz, F. (1983). Teacher thinking: A study of practical knowledge. New York: Nichols.
- Gramzow, Y., Riese, J., & Reinhold, P. (2013). Modelling Prospective Teachers' knowledge of Physics Education. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 19, S. 7-30.
- Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen - Physik. (2014). Heftnummer 4721. Ministerium für Schule und Weiterbildung Nordrhein-Westfalen.
- Kröger, J., Euler, M., Neumann, K., Härtig, H., & Petersen, S. (2012). Messung Professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt, Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011 (S. 616-618). Berlin: LIT-Verlag.
- Kunter, M., Klusmann, S., & Baumert, J. (2009). Professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Das COACTIV-Modell. In O. Zlatkin-Troitschanskaia, K. Beck, C. Sembill, R. Nickolaus, & R. Mulder, Lehrprofessionalität. Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung (S. 153-165). Weinheim: Beltz.
- Mikelskis-Seifert, S., & Leisner, A. (2005). Transferfähigkeit einer Modellkompetenz zur Teilchenstruktur der Materie. In A. Pitton, Relevanz fachdidaktischer Forschungsergebnisse für die Lehrerbildung. Jahrestagung der GDCP in Heidelberg 2004. Münster: LIT-Verlag.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15, S. 4-14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching of the new reform. Harvard Educational Review, 57, S. 1-22.
- Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., et al. (2012). Item Development Model for Assessing Professional Knowledge of Science Teachers. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 18, S. 7-28.

Maren Kempin  
 Christoph Kulgemeyer  
 Horst Schecker

Universität Bremen  
 IDN Physikdidaktik

## **Reflexionsperformanz - Lehramtsstudierende reflektieren Physikunterricht -**

Die Unterrichtsreflexion stellt eine Standardsituation im Lehrberuf dar und ist unter anderem eine Voraussetzung für die Planung von Unterricht (Plöger & Scholl, 2014). In Praxisphasen während des Studiums kommen angehende Lehrkräfte mit der Reflexion von Unterricht in Kontakt. Die Reflexion von Unterricht aus physikdidaktischer Perspektive ist jedoch nur wenig erforscht, insbesondere stellt sich die Frage, welche Wirkung im Studium vermitteltes Wissen bzw. Kompetenzen auf die Qualität der Reflexionen haben. Das in diesem Beitrag vorgestellte Projekt *Reflexionsperformanz von Lehramtsstudierenden der Physik* soll (i) den Einfluss des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens auf die Reflexion von Physikunterricht klären und (ii) die Entwicklung der Reflexionsperformanz durch das Praxissemester untersuchen. Das Projekt ist Teil des Verbundvorhabens *ProfiLe-P+* (Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik, s. Vogelsang et al., 2016; BMBF Förderung).

### **Reflexions- oder Analysekompetenz**

In der Literatur sind die Begriffe der Reflexion und der Analyse nicht trennscharf definiert. So verstehen z.B. Plöger und Scholl (2014) unter der Analysekompetenz „*jene Fähigkeit, die Qualität von beobachtetem Unterricht erfassen und bewerten zu können*“ (Plöger & Scholl, 2014, S. 85). Die Kultusministerkonferenz hingegen schreibt in den Standards für die Lehrerbildung (KMK, 2004), dass die zu erreichenden Kompetenzen in der Lehrerbildung unter anderem durch „*gegenseitige Hospitation und gemeinsame Reflexion*“ (KMK, 2004, S. 6) gefördert werden. Plöger und Scholl und die KMK nutzen somit für die qualitative Untersuchung von eigenem und fremden Unterricht unterschiedliche Begriffe: Reflexion und Analyse.

In unserem Projekt sollen Lehramtsstudierende der Physik eigenen und fremden Unterricht hinsichtlich seiner Qualität untersuchen. Unter Berücksichtigung der Anschlussfähigkeit an die zweite Phase der Lehrerbildung wird dabei von Unterrichtsreflexion gesprochen. Reflexion in diesem Sinne kann an eigenem oder fremdem Unterricht vorgenommen werden.

### **Theoretischer Rahmen**

#### *Reflexionskompetenz und -performanz*

Um die Handlungsfähigkeit von (angehenden) Lehrkräften zu untersuchen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Miller (1990) unterscheidet vier verschiedene Formen, die in aufsteigender Reihenfolge in ihrer Authentizität zunehmen, zugleich jedoch in ihrer Standardisierung abnehmen: (1) schriftliche Wissenstests zur Erfassung deklarativen Wissens; (2) Kompetenztest, durch die untersucht wird, ob eine Testperson das professionelle Wissen zur Lösung einer Problemsituation besitzt (diese Tests erfolgen in der Regel ebenfalls schriftlich); (3) Performanztests, bei denen reale Handlungssituationen standardisiert abgebildet werden und (4) die Beobachtung einer realen, beruflichen Handlungssituation in einer realen Umgebung (z.B. durch Videografie einer Unterrichtsstunde).

Performanz meint dabei die beobachtbare Leistung als Ausdruck einer zugrunde liegenden Kompetenz. Die Fähigkeit zur konkreten Durchführung adäquater Handlungen ist Ziel der Lehrerausbildung. Die im Studium vermittelten Kompetenzen sollen dabei zur Lösung einer ganzen Klasse von berufsbezogenen Problemen befähigen und somit eine hochqualitative Performanz in verschiedenen Handlungsbereichen ermöglichen. Dies gilt nicht erst für das

Ende der zweiten Phase, sondern in Erprobungssituationen auch für die universitäre Phase. Performanztests bieten aufgrund ihres kontrollierten Abbildens einer beruflichen Handlungssituation einen Kompromiss zwischen Authentizität der Handlungssituation (und damit der Validität des Tests) und standardisiertem Testen. Deshalb wird in diesem Projekt Reflexionsperformanz untersucht. Diese Vorgehensweise entspricht der Forderung von Vogelsang und Reinhold (2013), dass nur Beobachtungen der Performanz Rückschlüsse auf Kompetenzen, die zum Unterrichten notwendig sind, ermöglichen. Außerdem bieten Performanztests einen weiteren Vorteil: Die Testpersonen müssen nicht in der Lage sein, ihr Vorgehen verbalisieren zu können, wie es im Kompetenztest der Fall ist. Sie können ihr Vorgehen direkt demonstrieren (Neuweg, 2011).

#### *Professionswissen und Reflexionsperformanz*

Das Professionswissen von Lehrkräften wird in Strukturmodellen meist in drei Dimensionen unterteilt: Fachwissen (FW), Fachdidaktisches Wissen (FDW) und Pädagogisches Wissen (PW) (vgl. z.B. Riese, 2009). Untersuchungen ergaben bislang jedoch keine oder nur geringe Zusammenhänge zwischen Professionswissen und Unterrichtsqualität (z.B. Cauet, 2016; Vogelsang, 2014). Es ist also noch unklar, inwiefern universitär erworbene Kompetenzen beim beruflichen Handeln genutzt werden. Ergebnisse aus dem Vorgängerprojekt *ProfiLe-P* zeigen allerdings positive Zusammenhänge von FW und FDW mit der Erklärperformanz (Kulgemeyer et al., 2016).

Um eine valide Aussage zur Evaluation von Lehramtsausbildung treffen zu können, sind weitere Zusammenhangsanalysen zwischen Professionswissen und Performanz notwendig. Der Zusammenhang zur Reflexionsperformanz soll in diesem Projekt geklärt werden.

#### **Untersuchungsdesign**

Die Untersuchungen werden an den vier Projektstandorten – RWTH Aachen, Universität Bremen, Universität Paderborn und Universität Potsdam – durchgeführt. An der Studie werden Physiklehramtsstudierende teilnehmen, die das Praxissemester absolvieren.

Um unterschiedliche Gewichtungen zwischen der Nähe zu professionellen Handlungssituationen und der Teststandardisierung abzubilden, wird die Reflexionsperformanz durch zwei Methoden erhoben: (1) Im standardisierten Performanztest wird fremder Unterricht von den Studierenden reflektiert; zudem (2) reflektieren die Studierenden eine selbst geplante und durchgeführte Unterrichtsstunde.

Für die Zusammenhangsanalysen zwischen Professionswissen und Reflexionsperformanz liegen aus *ProfiLe-P* Kompetenztests zum FW und FDW vor. Diese werden zusammen mit den standardisierten Performanztests zum Erklären physikalischer Sachverhalte, zum Planen (siehe Schröder, Riese, Vogelsang & Reinhold, in diesem Band) und zur Reflexion von Unterricht vor und nach dem Praxissemester erhoben. So kann neben den Zusammenhangsanalysen auch die Entwicklung der Reflexionsperformanz erfasst werden. Zusätzlich werden Kontrollvariablen, wie zum Beispiel Rechenfähigkeiten, erhoben. In einer Zusatzhebung werden die Studierenden *während* des Praxissemesters den eigenen Unterricht reflektieren.

#### **Performanztest zur Reflexion fremden Unterrichts**

Beim Performanztest zur Unterrichtsreflexion werden die Probanden in eine standardisierte Situation einer kollegialen Beratung versetzt, indem sie gebeten werden, einem Mitpraktikanten Feedback zu dessen Unterricht zu geben. Dazu wird ein Skript zu einer Unterrichtsstunde angefertigt, in das gezielt Aspekte aus den Kompetenztests zu FW und FDW einfließen. Dies ermöglicht die Analyse von Zusammenhängen zwischen FW, FDW und Reflexionsperformanz. Außerdem wurden Aspekte aus FW und FDW mit denen der Planungsperformanz abgeglichen, sodass auch hier Zusammenhangsanalysen ermöglicht werden. Beim

Verfassen des Skripts wurde darauf geachtet, dass eine authentische Unterrichtsstunde entsteht. Dazu wurden unter anderem die Befunde von Seidel et al. (2006) beachtet, die die charakteristischen Merkmale von Physikunterricht darstellen.

Das Skript wird verfilmt und als online-basierter Vignettest aufgearbeitet. Dazu wird die Unterrichtsstunde in einzelne Abschnitte unterteilt, die zu reflektieren sind. Die Reflexion wird durch einen Prompt, wie z.B. ‚Was sagst du zu meinem Unterrichtseinstieg?‘ angeregt. Die Antworten der Probanden werden mittels Audioaufnahme erfasst. Auf diese Weise sollen Schreibhemmungen umgangen werden.

### Bewertung des standardisierten Performanztests

Zur Bewertung der Reflexionen der Studierenden dient ein Stufenmodell, das in Anlehnung an das von Plöger und Scholl (2015) entwickelte Modell entworfen wurde. Das Arbeitsmodell zur Reflexionskompetenz von Physikunterricht (Abb. 1) ist in sieben Stufen unterteilt, die nach dem Komplexitätsgrad der Reflexion geordnet sind. Stufe 0 – einzelne Handlungen werden lediglich benannt – entspricht dabei dem geringsten Komplexitätsgrad und Stufe VI – Zusammenhänge mehrerer Sinneinheiten werden vor dem Hintergrund übergeordneter Zusammenhänge betrachtet – dem höchsten. Die sieben Stufen können dabei der Sicht- und der Tiefenstruktur von Unterricht zugeordnet werden.

Tiefenstruktur	Stufe VI	Es werden theoretisch fundierte Zusammenhänge mehrere Sinneinheiten gebildet und diese werden vor dem Hintergrund übergeordneter Ziele betrachtet.
	Stufe V	Sinneinheiten werden kategorienbasiert bewertet und es werden Handlungsalternativen – begründet durch Bezug zu physikdidaktischen Theorien – angegeben.
	Stufe IV	Sinneinheiten werden kategorienbasiert bewertet und es werden Alternativen angegeben.
	Stufe III	Sinneinheiten werden kategorienbasiert bewertet.
Sichtstruktur	Stufe II	Sinneinheiten werden Kategorien zugeordnet.
	Stufe I	Handlungen werden zu Sinneinheiten verdichtet.
	Stufe 0	Handlungen werden genannt.

Abb. 1: Arbeitsmodell zur Reflexionskompetenz von Physikunterricht

### Stand der Arbeit

Derzeit wird das Unterrichtsskript für den Performanztest fertiggestellt, das in einzelne Vignetten unterteilt wird. Die Entwicklung der dazugehörigen Prompts erfolgt zeitgleich. Eine Präpilotierung des Tests in schriftlicher Form – also noch ohne Videovignetten – findet zu Beginn des Wintersemesters 2016/17 statt. Auf dieser Grundlage werden weitere Verbesserungen am Skript vorgenommen, in deren Anschluss das Unterrichtsskript videografiert werden soll. Die Präpilotierung dient zudem der Erarbeitung eines ersten Kodiermanuals. Anfang 2017 soll dann eine Pilotierung des gesamten Testpakets – bestehend aus den Kompetenztest zu FW und FDW und den Performanztests zum Erklären und zum Planen und Reflektieren von Unterricht – stattfinden.

**Literatur**

- Cauet, E. (2016). Testen wir relevantes Wissen? Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 204). Berlin: Logos Berlin.
- KMK. (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004.
- Kulgemeyer, C., Tomczyszyn, E. & Schecker, H. (2016). Was beeinflusst die Performanz beim Erklären von Physik? Fachwissen und fachdidaktisches Wissen im unterrichtlichen Handeln. In: C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Universität Regensburg (2016), 190-192.
- Miller, G. E. (1990). The Assessment of Clinical Skills/Competence/Performance. *Academic Medicine* 65 (9), 63-67.
- Neuweg, G. H. (2011). Das Wissen der Wissenschaftler. Problemstellungen, Befunde und Perspektiven der Forschung zum Lehrwissen. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 451-477). Münster: Waxmann.
- Plöger, W. & Scholl, D. (2014). Analysekompetenz von Lehrpersonen – Modellierung und Messung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 17 (1), 85-112.
- Plöger, W., Scholl, D. & Seifert, A. (2015). Analysekompetenz - ein zweidimensionales Konstrukt?! *Unterrichtswissenschaft. Zeitschrift für Lernforschung* 43 (2), 166-184.
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 97). Berlin: Logos-Verl. (Univ., Diss.--Paderborn, 2009).
- Seidel, T., Prenzel, M., Rimmel, R., Dalehefte, I. M., Herweg, C., Kobarg, M. & Schwindt, K. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik* 52 (6), 799-821.
- Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. *Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrperformanz (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 174)*. Berlin: Logos.
- Vogelsang, C., Borowski, A., Fischer, H. E., Kulgemeyer, C., Reinhold, P., Riese, J. & Schecker, H. (2016). ProfiLe-P+ - Professionskompetenz im Lehramtsstudium Physik. In O. Zlatkin-Troischanskaia, H. A. Pant, C. Lautenbach & M. Toepper (Hrsg.): *Kompetenzmodelle und Instrumente der Kompetenzerfassung im Hochschulsektor - Validierungen und methodische Innovationen (KoKoHs): Übersicht der Forschungsprojekte (KoKoHs Working Paper Nr. 10, Humboldt Universität Berlin & Johannes Gutenberg Universität Mainz)*, 39-43.
- Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2013). Zur Handlungsvalidität von Tests zum professionellen Wissen von Lehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 19, 103-128.

Christoph Vogelsang<sup>1</sup>  
 Josef Riese<sup>2</sup>  
 Christoph Kulgemeyer<sup>3</sup>  
 Andreas Borowski<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universität Paderborn  
<sup>2</sup>RWTH Aachen  
<sup>3</sup>Universität Bremen  
<sup>4</sup>Universität Potsdam

### **Profile-P+ - Professionskompetenz und Unterrichtsperformanz im Lehramtsstudium Physik**

#### **Ausgangslage**

Ein übergeordnetes Ziel der Lehrerbildungsforschung ist es, ausgehend von einer systematischen Evaluation der Wirkungen bisheriger Lehrerbildungsprogramme Erkenntnisse zu ihrer evidenzbasierten Neu- bzw. Weiterentwicklung von Ausbildungsformaten gewinnen. Den theoretischen Ausgangspunkt bildet dabei die - auch implizit - für die gesamte deutsche Lehramtsausbildung angenommene Wirkkette der Lehrerbildung. Nach dieser erwerben angehende Lehrkräfte im Rahmen ihrer Ausbildung insbesondere professionelles Wissen (als Teil professioneller Kompetenz), welches es ihnen ermöglichen soll, schulische Handlungsanforderungen mit hoher Qualität zu bewältigen. Basierend auf dieser Annahme wurden in vielen Forschungsprojekten auch Modelle und Testverfahren zur Erfassung des Professionswissens für (angehende) Lehrkräfte im Fach Physik entwickelt und in verschiedenen Erhebungen eingesetzt (z.B. Riese & Reinhold, 2010; Kirschner, 2013). Dabei wurden z. B. Erkenntnisse zur inneren Struktur des professionellen Wissens oder zu Zusammenhängen zu weiteren Aspekten der professionellen Kompetenz gewonnen. Bezogen auf die Entwicklung professioneller Kompetenz abhängig von spezifischen Ausbildungsanteilen und insbesondere bzgl. der Relevanz des erfassten professionellen Wissens für qualitativvolles unterrichtliches Handeln liegen allerdings wenig bzw. indifferente Befunde vor. In diesem Zusammenhang sollen im Projekt Profile-P+ empirische Hinweise für die weitere Diskussion gewonnen werden.

#### **Theoretischer Rahmen**

Professionelles Wissen von (angehenden) Physiklehrkräften kann angelehnt an die Vorschläge von Shulman (1986) und Baumert & Kunter (2006) sowie bestehenden Modellierungen der fachdidaktischen Forschung aus dem Vorgängerprojekt Profile-P entsprechend (Riese et al., 2015) in Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen unterschieden werden. Zur Erfassung fachlichen und fachdidaktischen Wissens wurden schriftliche Paper-Pencil-Testinstrumente entwickelt, erprobt und validiert. Für die erfassten Konstrukte liegen Erkenntnisse zur inneren Struktur und zu Unterschieden zwischen verschiedenen Probandengruppen (z.B. Studierende für das Lehramt an Gymnasien/Gesamtschulen, Studierende für das Lehramt an Haupt- und Realschulen, Vollfach-Bachelorstudierende Physik) vor. Aus den bestehenden Querschnittserhebungen konnten auch Vermutungen für mögliche Einflussfaktoren bzw. Prädiktoren – ähnlich zu bestehenden Projekten der Professionswissensforschung – für den Erwerb fachlichen und fachdidaktischen Wissens abgeleitet werden (Riese et al., 2015). Für die Analyse der Wirkungen verschiedener Voraussetzungen (z.B. besuche Physikkurse in der Schulzeit) und um den Einfluss verschiedener Studienformate (z.B. Art und Umfang von Praxisphasen im Studium) auf die Entwicklung dieser Aspekte professionellen Wissens abschätzen zu können, fehlt es allerdings an Daten aus echten Längsschnitterhebungen. Dies ist ein generelles Forschungsdesiderat der naturwissenschaftsdidaktischen Professionswissensforschung bzgl. der deutschen Lehramtsausbildung (vgl. Meyer, Steffensky & Parchmann, 2016). Inwiefern die mit Hilfe der entwickelten Instrumente erfassten Wissens- bzw. Kompetenzbereiche auch tatsächlich eine Handlungsressource für das Unterrichten im Fach

Physik unter Schulbedingungen bildet, ob es also prognostisch valide bzgl. unterrichtlicher Handlungen ist, ist ebenfalls eine bisher ungeklärte Frage. Bestehende Forschungsprojekte, die den Zusammenhang zwischen Professionswissen von (angehenden) Physiklehrkräften und der Qualität des von ihnen gestalteten Unterrichts untersuchten, konnten keine bzw. nur sehr geringe Zusammenhänge beobachten (Vogelsang, 2014; Cauet, 2016). Allerdings ist der dabei in schulischen Unterrichtssituationen im Feld videografierte Unterricht durch viele Variablen „geprägt“, die nicht bzw. nur schwer standardisierbar sind (z.B. Stundenlage, Zusammensetzung von Klassen) und somit Aussagen über die Relevanz des untersuchten Wissens einschränken.

Eine Analysemöglichkeit, die diese Einschränkungen stärker „vermeidet“, ist die Untersuchung des Vorgehens von (angehenden) Lehrkräften in standardisierten, berufsnahen Handlungssituationen „in vitro“ (angelehnt an die Ausbildung von angehenden Medizinern, Miller, 1990), also die Erfassung ihrer Performanz in kontrollierten Handlungssettings. Bspw. konnten im Projekt Phi-Actio stärkere positive Zusammenhänge zwischen Aspekten professioneller Kompetenz (insbesondere Professionswissen) von Lehramtsstudierenden mit dem Fach Physik und der Unterrichtsqualität von 12-minütigen, standardisierten Unterrichtsminiaturen beobachtet werden (Korneck, Kunter, Oettinghaus & Redinger, 2016). In diesem Sinne wurde in der ersten Projektphase von Profile-P ein Test zur Erfassung der Erklärperformanz entwickelt, der auf standardisierten, dialogischen Erklärsituationen basiert (Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015). Dabei ergaben sich in Analysen ebenfalls positive korrelative Zusammenhänge zwischen Erklärperformanz und insbesondere fachdidaktischem Wissen (Kulgemeyer, in diesem Band).

### **Ziele & Forschungsfragen**

Im Projekt Profile-P+ werden bezogen auf die skizzierten bisherigen Forschungsergebnisse die folgenden drei Teilziele bzw. Forschungsfragen bearbeitet:

1. *Abilden von Kompetenzentwicklungen im Verlauf des Lehramtsstudiums Physik* (Wie entwickeln sich Aspekte professioneller Kompetenz im Verlauf eines Lehramtsstudiums im Fach Physik?)
2. *Zusammenhang zwischen universitär erworbenen Professionskompetenzen und Performanz in drei Unterrichtssituationen: Unterrichtsplanung, Unterrichtsreflexion und Erklären von Physik im Unterricht* (Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Aspekten professioneller Kompetenz und der Performanz in Standardsituationen?)
3. *Sammlung von Hinweisen zum Zusammenhang von Studieninhalten (z.B. Praxissemester) und Studierenertrag* (Wie beeinflussen verschiedene Konzeptionen des Praxissemesters die Veränderung von Kompetenz und Performanz?)

### **Studiendesign**

Die Untersuchung der Forschungsfragen erfolgt an zwei unterschiedlichen Längsschnittkohorten. Zum einen wird innerhalb der Lehramtsstudierendenkohorte, die ihr Bachelorstudium im WS 2016/2017 beginnt, im Verlaufe der ersten sechs Studiensemester zu drei Messzeitpunkten jeweils das fachliche und fachdidaktische Wissen erfasst sowie einige weitere Aspekte professioneller Kompetenz (z.B. Selbstkonzept, pädagogisches Wissen). Geplant und (vorläufig) zugesagt ist eine Erhebung an mehreren lehrerbildenden Standorten innerhalb Deutschlands und im deutschsprachigen Ausland. Angestrebt wird eine Stichprobe von ca. 600-800 Studierenden. Ziel dieser Längsschnittuntersuchung ist es auch, eventuelle Einflüsse unterschiedlicher Studiengangsgestaltungen auf die Kompetenzentwicklung abzubilden. Um die Erfassung im Längsschnitt zu ermöglichen, wird das in der ersten Projektphase entwickelte Instrument zur Erfassung fachlichen Wissens inhaltlich

angepasst (siehe Buschhüter, Fischer & Borowski, in diesem Band). Zum anderen werden an den vier Ausbildungsstandorten Aachen, Bremen, Paderborn und Potsdam Lehramtsstudierende im Masterstudiengang in einem Prä-Post-Design vor und nach dem Absolvieren des Praxissemesters (als Quasi-Intervention) untersucht. Dabei werden sowohl die Aspekte der professionellen Kompetenz zu zwei Messzeitpunkten, als auch die Performanz in den Standardsituationen Unterrichtsplanung und Unterrichtsreflexion vor und nach dem Praxissemester erfasst. Hierzu werden für jede dieser Standardsituation standardisierte Performanztests „in vitro“ entwickelt und erprobt (für die Planungsperformanz siehe Schröder, Riese & Vogelsang, in diesem Band; für die Reflexionsperformanz siehe Kempin, Kulgemeyer & Schecker, in diesem Band). Zur Prüfung der Übertragbarkeit auf tatsächliche Unterrichtssituationen bzw. zur Validierung erfolgt eine Erfassung der Performanz bei der Planung und Reflexion realen Ausbildungsunterrichts „in vivo“ an einem Zeitpunkt innerhalb des Praxissemesters. Ebenso wird die Erklärperformanz an einigen Standorten begleitend zum Praxissemester erhoben. Die Instrumentenentwicklung erfolgt dabei in starker Anlehnung an die bestehenden Professionswissensmodelle (vgl. Riese et al., 2015), um die angestrebten Zusammenhangsanalysen valide interpretieren zu können. Da dieses Studiendesign mit einer hohen Testbelastung einhergeht und um die Lehrgestaltung im Praxissemester nicht negativ zu beeinflussen, werden die Erhebungen mit standardisierten Lehrsettings in die bestehenden Begleitveranstaltungen im Praxissemester „eingepasst“. In Abbildung 1 wird eine grobe Heuristik der angenommenen Wirkstruktur der erfassten Konstrukte inklusive einiger erfasster Kontrollvariablen dargestellt.

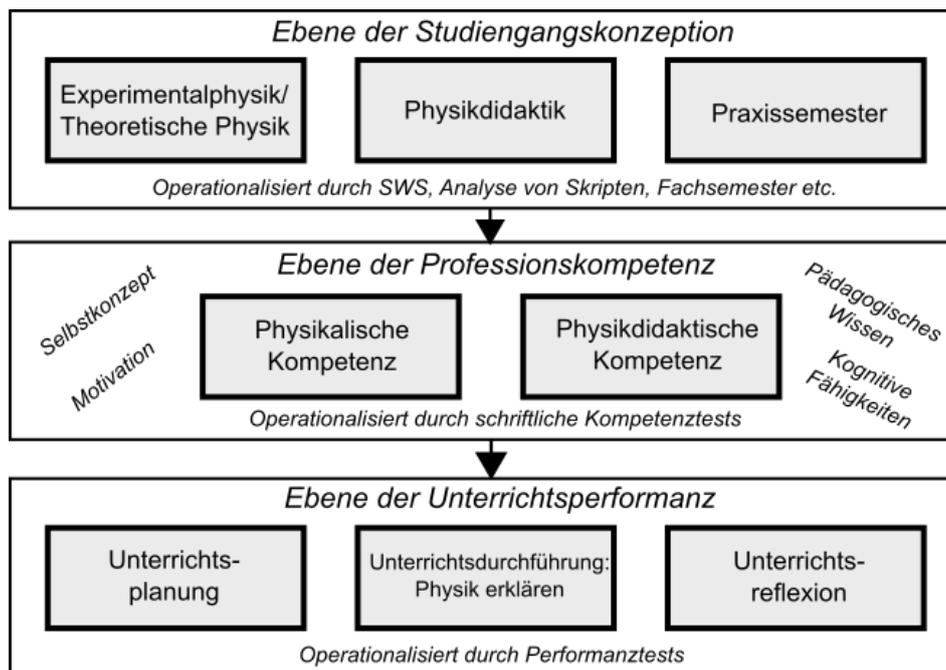


Abb. 1 Rahmenheuristik angenommener Wirkzusammenhänge

#### Hinweis

Profile-P+ wird gefördert im Rahmen des BMBF-Rahmenprogramms KoKoHs (FKZ 01PK15005A-D).

**Literatur**

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006): Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469–520.
- Cauet, E. (2016): Testen wir relevantes Wissen? Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten. Berlin: Logos.
- Kirschner, S. (2013): Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften. Berlin: Logos.
- Korneck, F.; Oettinghaus, L.; Kunter, M. & Redinger, R. (2016). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen - Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In U. Rauin; M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.): Videoanalysen in der Unterrichtsforschung - Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele (S.174-197). Weinheim: Beltz Juventa.
- Kulgemeyer, C. & Tomczyszyn, E. (2015): Physik erklären – Messung der Erklärens-fähigkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. 111-126.
- Meyer, C.; Steffensky, M.; & Parchmann, I. (2016): Entwicklung des chemiedidaktischen Wissens von Lehramtsstudierenden. In C. Maurer (Hrsg.): Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Berlin 2015 (S. 233-235). Regensburg.
- Miller, G. E. (1990): The assessment of clinical skills/competence/performance. In Academic Medicine 65 (9), 563–567.
- Riese, J.; Kulgemeyer, C.; Zander, S.; Borowski, A.; Fischer, H.; Gramzow, Y.; Reinhold, P.; Schecker, H. & Tomczyszyn, E. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In S. Blömeke, & O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.): Kompetenzen von Studierenden: 61. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik (S. 55-79). Weinheim: Beltz.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2010): Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 16, 167–187.
- Shulman, L. (1986). Those who Understand: Knowledge Growth in Teaching. In Educational Researcher, 15, 4-15.
- Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz. Berlin: Logos.

Josef Riese<sup>1</sup>  
 Jan Schröder<sup>1</sup>  
 Christoph Vogelsang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen  
<sup>2</sup>Universität Paderborn

## **Der Einfluss professioneller Kompetenzen auf die Planungsperformanz angehender Physiklehrkräfte**

### **Ausgangslage**

Evidenzbasierte Vorschläge zur Verbesserung des Lehramtsstudiums liegen im naturwissenschaftlichen Bereich bislang kaum vor (vgl. Blömeke, Hsieh, Kaiser & Schmidt, 2014). Zwar existieren Arbeiten zur Kompetenzmodellierung und -messung in der Physik (z.B. die Arbeiten von Kirschner, 2013; Kröger, Neumann & Petersen, 2013; Riese & Reinhold, 2012). Wegen begrenzter inhaltlicher Auflösung der zu messenden Konstrukte und der üblichen Anlage als Querschnittsstudie konnte bislang allerdings kaum belastbares Wissen zur Wirkung bestimmter universitärer Lerngelegenheiten oder Gestaltungswissen in Bezug auf ausgewählte Studienabschnitte generieren werden. Vor allem aber ist bisherigen Arbeiten gemein, dass die gemessenen Konstrukte keine validen Interpretationen bzgl. der Performanz im Unterrichtshandeln der (angehenden) Lehrkräfte erlauben. So liegen keine eindeutigen Ergebnisse zum Zusammenhang von professioneller Kompetenz und Unterrichtsqualität, die in Videostudien erhoben wurde (vgl. z.B. Olszewski, 2010; Ohle, Fischer & Kauertz, 2011; Vogelsang, 2014; Cauet, 2016), für das Fach Physik vor. Insbesondere bleibt unklar, über welche Kompetenzen Lehrkräfte eigentlich verfügen müssen, um sach- und fachgerecht planen zu können. Vorliegende Professionswissensmodelle (z. B. König & Blömeke, 2009) wurden bisher eher im Hinblick auf die Durchführung des Unterrichts untersucht, wobei allerdings weitgehend unklar ist, ob bzw. bis zu welchem Grad Aspekte der Unterrichtsplanung in der Durchführung abgebildet werden. Vor diesem Hintergrund versucht der Projektverbund Profile-P+ empirische Evidenz für die weitere Diskussion zu generieren (vgl. Vogelsang, Riese, Kulgemeyer & Borowski, in diesem Band), wobei das in diesem Beitrag vorgestellte Teilprojekt primär Zusammenhänge von professionellen Kompetenzen und der Performanz im Anforderungsbereich Unterrichtsplanung sowie die Entwicklung dieser Konstrukte in Praxisphasen (z.B. im Praxissemester) im Fach Physik untersucht.

### **Ziele & Forschungsfragen**

Konkret sollen die folgenden Forschungsfragen bearbeitet werden:

- *Welche Zusammenhänge bestehen zwischen Aspekten des Professionswissens und der Performanz bei der Unterrichtsplanung im Fach Physik?*
- *Wie verändert sich die Performanz bei der Unterrichtsplanung im Verlaufe verschiedener Praxissemesterkonzeptionen?*

### **Theoretischer Rahmen**

Eine zentrale berufliche Anforderung von Lehrkräften ist die Unterrichtsplanung (vgl. KMK, 2004). Shavelson & Stern (1981) beschreiben den Planungsprozess als zirkulären kognitiven Entscheidungsablauf, bei dem ausgehend von Analysen der Vorbedingungen (z.B. Lernvoraussetzungen) in Selektions- und Integrationsprozessen Entscheidungen für Unterrichtsaktivitäten getroffen werden, die wiederum nach dem Unterricht reflektiert und modifiziert werden. Unterrichtsplanung kann somit interpretiert werden als mentales Handeln zur Lösung eines offenen Problems, das aus der Entwicklung einer Abfolge von Handlungsskripten besteht (Stender, 2014). Alternativ kann Unterrichtsplanung als Designaufgabe modelliert werden, in welcher ein funktionales immaterielles Artefakt zu entwerfen ist, das multi-

kriterialen, teils auch widersprüchlichen Teilanforderungen (z. B. verschiedenen Lernzielen) genügen soll (Aprea, 2014). Aus diesem Grund erfordert der Planungsprozess häufige Phasen der Aufgaben- und Zielklärung und verläuft somit nicht linear, sondern iterativ.

Da nur wenige Modelle zur Qualität von Planungen existieren (Stender, 2014; König, Buchholtz & Dohmen, 2015) wird der Planungsprozess in der Literatur überwiegend deskriptiv beschrieben. In empirischen Arbeiten wurde der Planungsprozess dabei meist in kleineren Fallgruppen mit Hilfe von Interviews oder mit der Methode des lauten Denkens untersucht (als Übersicht vgl. Gassmann, 2013). Dabei folgt Unterrichtsplanung in der Regel einem fachspezifischen, für jede Lehrperson individuellen Prozessverlauf, wobei jedoch übergreifende Planungsmuster beobachtet werden können: Beginnend mit Phasen der Erkundung schließen sich Phasen des Entwurfs von Aktivitätsabfolgen an, die „sich als über mehrere Zyklen verlaufende Elaboration, Überprüfung und Adaption der Ausgangsidee beschreiben lassen“ (ebd., S. 113), bevor schließlich eine Feinabstimmung der einzelnen Schritte vorgenommen wird. Dabei zeigen Ergebnisse zur Planungsdocumentation von Lehrkräften, dass Planungen kaum oder nur knapp schriftlich fixiert werden (ausführliche Planungsentwürfe scheinen eher Ausbildungsartefakte zu sein) und universitär erworbenes theoretisches Wissen wenig bewusst zur Planung herangezogen wird (Seel, 2011).

#### Heuristisches Prozessmodell der Unterrichtsplanung

Die Untersuchung des Zusammenhangs des universitär erworbenen Wissens und der Performanz bei der Unterrichtsplanung erfordert die Entwicklung von Qualitätskriterien bzw. Qualitätsmaßen, mit denen die „Güte“ der Planung bestimmt werden kann. Zu diesem Zweck wird nachfolgend eine einfache Prozessheuristik vorgestellt, die sowohl den zirkulären Verlauf des Planungsprozesses als auch Planungsziele berücksichtigt (ausführlicher siehe auch Vogelsang & Riese, angenommen).

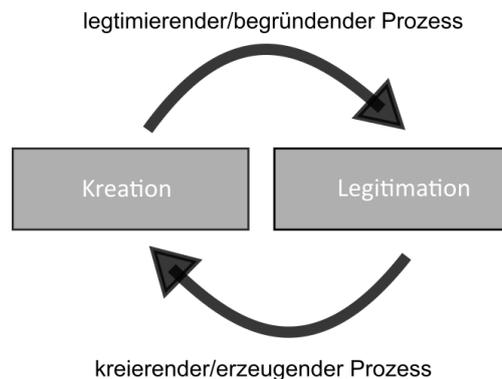


Abb. 1 Einfache Prozessheuristik der Unterrichtsplanung

Im Zusammenhang mit der Unterrichtsplanung lassen sich grundsätzlich zwei Zielklassen unterscheiden. Einerseits verfolgt Unterrichtsplanung das Ziel der Handlungsvorbereitung oder Kreation. Dies beinhaltet, dass eine mögliche Interaktionsstruktur für einen konkreten Unterrichtsverlauf entwickelt und quasi 'vorgedacht' wird. Dabei folgt die Planung auch internalen Motiven, wie etwa der Verringerung subjektiver Handlungsunsicherheit (Tebrügge, 2001). Andererseits hat Unterrichtsplanung auch das Ziel einer Legitimation, da von Lehrpersonen als professionell Tätige Rechtfertigungen (z.B. an übergeordneten Zielen oder Prinzipien wie Curricula) für ihr Unterrichtshandeln eingefordert werden (Tenorth, 2006). Planungsüberlegungen von Lehrkräften müssen sich also auf beide Zielklassen beziehen: Eine konkrete Unterrichtseinheit muss sowohl als Handlungsstruktur vorbereitet

als auch begründet bzw. legitimiert werden. In dieser Heuristik wird angenommen, dass zum Erreichen der Zielklassen jeweils unterschiedliche kognitive Prozesse notwendig sind, die sich allerdings zirkulär wechselseitig bedingen (Abbildung 1). Planungsprozesse folgen dabei zwei wesentlichen Mustern: Einerseits einem legitimierenden Muster, bei dem zunächst eine konkrete Handlung für den Unterricht (z.B. eine Aufgabe) kreiert oder ausgewählt und anschließend begründet wird (oberer Pfeil in Abb. 1). Andererseits folgt Planung einem kreierenden Muster, bei dem ausgehend von einer theoretischen oder subjektiven Konzeption eine Unterrichtshandlung abgeleitet wird (unterer Pfeil in Abb. 1). Dass allgemein- oder fachdidaktisches Theoriewissen von Lehrkräften selten explizit zur Planung herangezogen wird, kann somit möglicherweise darauf zurückzuführen sein, dass derartiges Wissen kreierende Planungsprozesse kaum unterstützt. Vielmehr könnte es eher als teilweise beliebiges Begründungswissen wahrgenommen werden.

Der gesamte Planungsprozess einer Unterrichtseinheit kann somit, ähnlich dem Modell von Shavelson & Stern (1981), als zirkuläre Abfolge beider Muster modelliert werden. Der Beginn des Prozesses ist im Modell unbestimmt, der Einstieg mittels eines kreierenden Moments scheint jedoch plausibel. Durch den Bezug zu Planungszielen, die ein Erfolgskriterium für Planung bilden, kann diese Heuristik als Anforderungsbeschreibung fungieren, anhand derer Qualitätsmerkmale formuliert werden können. Demnach zeigt sich eine hohe Planungsqualität sowohl in hoher Designqualität der geplanten Interaktionsstruktur als auch in hoher Begründungsqualität. Diese beiden Performanzbereiche sollen im Rahmen von Profile-P+ weiter ausdifferenziert und konkretisiert werden.

#### **Methode und Studiendesign**

Um eine starke Konfundierung durch Störvariablen im Unterrichtsalltag (z.B. unterschiedliche Lernvoraussetzungen) zu vermeiden, ist die Untersuchung der Unterrichtsplanung in kontrollierten, berufsnahen Handlungssituationen (angelehnt an die Ausbildung angehender Mediziner, vgl. Miller, 1990) geplant. Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird daher zunächst ein „Planungsperformanztest“ entwickelt und erprobt. Hierzu werden standardisierte Anforderungen zur Planung einer Unterrichtsstunde (max. 60 min, Inhaltsbereich Mechanik, Prompts zu Planungsaspekten, definierte Hilfsmittel) vorgegeben. Zur Bildung eines quantitativen Qualitätsmaßes wird eine „theoretische“ Planungslösung ausgehend von empirisch vorliegenden Planungen mittels qualitativer Inhaltsanalyse modifiziert und anhand von Expertenurteilen validiert. Zur Prüfung der Übertragbarkeit auf tatsächliche Unterrichtssituationen bzw. zur Validierung sollen darüber hinaus innerhalb des Praxissemesters auch Planungsentwürfe der Studierenden zu real durchgeführten Physikstunden analysiert werden.

Mit dem Planungsperformanztest sollen Lehramtsstudierende im Masterstudiengang in einem Prä-Post-Design vor und nach dem Absolvieren des Praxissemesters (als Quasi-Intervention) an vier Universitäten untersucht werden ( $N > 60$ ). Zu beiden Messzeitpunkten werden neben demographischen Daten und Kontrollvariablen (vgl. Vogelsang, Riese, Kulgemeyer & Borowski, in diesem Band) auch fachliche und fachdidaktische Kompetenzen der Lehramtsstudierenden mit den in der ersten Projektphase von Profile-P entwickelten Instrumenten (vgl. Riese et al., 2015) erfasst. Um die Testbelastung zu begrenzen und um die Lehrgestaltung im Praxissemester nicht negativ zu beeinflussen, sollen die Erhebungen in die bestehenden Begleitveranstaltungen im Praxissemester „eingepasst“ werden.

#### **Hinweis**

Das beschriebene Teilprojekt von Profile-P+ wird gefördert im Rahmen des BMBF-Rahmenprogramms KoKoHs (FKZ 01PK15005B).

**Literatur**

- Apra (2014): Unterrichtsplanung als Designaufgabe. In *Journal für LehrerInnenbildung*, 4/2014, 47-50.
- Blömeke, S., Hsieh, F.-J., Kaiser, G., & Schmidt, W. (Eds.) (2014). *International Perspectives on Teacher Knowledge, Beliefs and Opportunities to Learn*. Dordrecht: Springer.
- Cauet (2016): Testen wir relevantes Wissen? Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten. Berlin: Logos.
- Gassmann (2013): *Erlebte Aufgabenschwierigkeit bei der Unterrichtsplanung - Eine qualitativ-inhaltsanalytische Studie zu den Praktikumsphasen der universitären Lehrerbildung*. Wiesbaden: Springer.
- Kirschner, S. (2013): *Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.
- KMK (2004): *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften - Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004*.
- König, J. & Blömeke, S. (2009): Pädagogisches Wissen von angehenden Lehrkräften. In *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 12 (3), 499-527.
- König, Buchholtz & Dohmen (2015): Analyse von schriftlichen Unterrichtsplanungen: Empirische Befunde zur didaktischen Adaptivität als Aspekt der Planungskompetenz angehender Lehrkräfte. In *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 18, 375-404.
- Kröger, J.; Neumann, K. & Petersen, S. (2013). Messung professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.): *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 533-535). Kiel: IPN.
- Miller, G. E. (1990): The assessment of clinical skills/competence/performance. In *Academic Medicine* 65 (9), 563-567.
- Ohle, A., Fischer, H. E. & Kauertz, A. (2011). Der Einfluss des physikalischen Fachwissens von Primarstufenlehrkräften auf Unterrichtsgestaltung und Schülerleistung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 17, S. 357-390.
- Olszewski, J. (2010). *The impact of physics teachers' pedagogical content knowledge on teacher action and student outcomes*. Berlin: Logos.
- Riese, J.; Kulgemeyer, C.; Zander, S.; Borowski, A.; Fischer, H.; Gramzow, Y.; Reinhold, P.; Schecker, H. & Tomczyszyn, E. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In S. Blömeke, & O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.): *Kompetenzen von Studierenden: 61. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik* (S. 55-79). Weinheim: Beltz.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen - Empirische Hinweise für eine Verbesserung des Lehramtsstudiums. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 15(1), 111-143.
- Seel (2011): Wie angehende Lehrer/innen das Planen lernen – Empirische Befunde zur ausbildungsbezogenen Unterrichtsplanung. In Zierer et al. (Hrsg.): *Jahrbuch für Allgemeine Didaktik 2011* (S. 304-318). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Shavelson, R. J. & Stern, P. (1981): Research on Teachers' Pedagogical Thoughts, Judgements, Decisions, and Behavior. In *Review of Educational Research*, 51 (4), 455-498.
- Stender (2014): *Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln. Theoretische Entwicklung und empirische Überprüfung des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung*. Berlin: Logos.
- Tebrügge, A. (2001): *Unterrichtsplanung zwischen didaktischen Ansprüchen und alltäglicher Berufsanforderung - Eine empirische Studie zum Planungshandeln von Lehrerinnen und Lehrern in den Fächern Deutsch Mathematik und Chemie*. Frankfurt am Main: Lang.
- Tenorth, H. E. (2006): Professionalität im Lehrerberuf - Ratlosigkeit der Theorie, gelingende Praxis. In *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 580-597.
- Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. *Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz*. Berlin: Logos.
- Vogelsang, C., Riese, J. (angenommen, 2016). Wann ist eine Unterrichtsplanung 'gut'? - Planungsperformanz in Praxisratgebern zur Unterrichtsplanung. Erscheint in S. Wernke & K. Zierer (Hrsg.), *Die Unterrichtsplanung – Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?!*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

## **Förderung experimenteller Kompetenz von Lehrkräften im Fach Chemie**

### **Motivation und theoretischer Hintergrund**

Naturwissenschaftliche Bildung hat unter anderem den Anspruch, Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zu vermitteln. Mayer definiert das kurz als das „Lernen wie wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden und was naturwissenschaftliche Methodik und Aussagen charakterisiert (Mayer, 2007, S. 177).“ Die Erkenntnisgewinnungskompetenz ist international als explizites Bildungsziel von naturwissenschaftlichem Unterricht formuliert (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz, 2005; National Research Council, 1996).

Empirische Studien zeigen allerdings immer wieder, dass Schülerinnen und Schüler im Regelfall über diese gewünschten Kompetenzen nicht oder nur unzureichend verfügen (Hammann, Phan, Ehmer & Bayrhuber, 2006; Walpuski & Schulz, 2011). Andererseits können experimentelle Kompetenzen mit geeigneten Unterrichtsmethoden und expliziter Förderung durchaus entwickelt werden (Heumann-Rupprecht, 2004; Hofstein, Navon, Kipnis & Mamlok-Naaman, 2005; Wahser & Sumfleth, 2008).

Als Definition von experimenteller Kompetenz kann vereinfacht die latente Fähigkeit zur regelbasierten Planung und Durchführung von Experimenten verstanden werden, die zur Klärung einer naturwissenschaftlichen Fragestellung dienen. (Eickhorst, Dickmann, Schecker, Theyssen & Neumann, 2015). In der hier vorliegenden Studie werden Experimente nach einem naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess betrachtet, wie er im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung der Bildungsstandards formuliert ist (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz, 2005).

Die experimentelle Kompetenz von Schülerinnen und Schülern wurde schon mehrfach auf unterschiedliche Weise untersucht (Eickhorst et al., 2015; Hammann, 2004; Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung von Sachsen-Anhalt, 2003; Schreiber, 2012). In dieser Studie liegt der Fokus auf der experimentellen Kompetenz von Lehrkräften, die in einer mehrtägigen Fortbildung gefördert werden soll, da diese im Regelfall nachhaltiger sind (Lipowsky, 2010).

### **Ziele und Fragestellungen**

Vorrangiges Ziel des Projektes ist die Förderung derjenigen Kompetenzen von Chemielehrkräften, die zur Vermittlung eines naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozesses bedeutsam sind. Das Projekt soll ergänzend das Fachwissen der Lehrkräfte im Bereich Photokatalyse und Photoelektrochemie fördern. Hierfür wird eine Fortbildung zum schülerzentrierten Einsatz von Experimenten im Unterricht entwickelt und mittels Tests, Fragebögen und Videoanalyse evaluiert. In der Follow-up-Erhebung werden die Lehrkräfte auch zur Ausleihe von bereitgestellten Experimentierboxen und zur Anwendung der Fortbildungsinhalte befragt.

Als zu untersuchende Fragestellungen ergeben sich somit:

F1: Inwiefern lässt sich das Fachwissen der Lehrkräfte im Bereich Photokatalyse und Photoelektrochemie im Rahmen einer dreitägigen Fortbildung fördern?

H1: Lehrkräfte, die an einer Fortbildung zur Photoelektrochemie und Photokatalyse teilgenommen haben, verfügen über höheres Fachwissen in den entsprechenden Themenfeldern als vor der Fortbildung.

F2: Inwiefern kann die experimentelle Kompetenz von Lehrkräften durch eine dreitägige Fortbildung gesteigert werden?

H2a: Lehrkräfte, die an einer dreitägigen Fortbildung mit Schwerpunkt Erkenntnisgewinnungsprozesse teilgenommen haben, weisen nachher größere praktische Fertigkeiten und höhere spontane Performanz bei Erkenntnisgewinnungsprozessen auf als vorher.

H2b: Lehrkräfte, die an einer dreitägigen Fortbildung mit Schwerpunkt Erkenntnisgewinnungsprozesse teilgenommen haben, weisen ein höheres experimentell-fachdidaktisches Wissen auf als vorher.

H2c: Lehrkräfte, die an einer dreitägigen Fortbildung mit Schwerpunkt Erkenntnisgewinnungsprozesse teilgenommen haben, ändern ihre Einstellung hin zu mehr Orientierung auf Erkenntnisgewinnung.

F3: Welche Faktoren korrelieren mit der Ausleihe der Experimentierboxen/der Anwendung der Fortbildungsinhalte?

H3: Lehrkräfte, die an einer dreitägigen Fortbildung teilnehmen, zeigen positive Korrelationen zwischen der Angabe zur Ausleihe der Experimentierboxen beziehungsweise zur Anwendung der Fortbildungsinhalte mit den erfassten Faktoren aktuelle Motivation zum Einsatz der Fortbildungsinhalte, subjektiver Lernerfolg am Ende der Fortbildung, Lernerfolg im experimentell-fachdidaktischen Wissen, Fachwissen und Einstellung hinsichtlich der Orientierung von Schülerexperimenten auf Erkenntnisgewinnung.

### **Studiendesign und Methoden**

Zur Untersuchung der Wirksamkeit der Lehrerfortbildung wird hypothesenprüfend im Pre-Post-(Follow-up)-Testdesign vorgegangen (siehe Abb. 1). Die Grundgesamtheit umfasst alle Lehrkräfte in Bayern mit Unterrichtsfach Chemie an Gymnasien. Die Stichprobe besteht aus Lehrkräften, die sich für die kostenlose Fortbildung angemeldet haben. Zeitlich wie thematisch wird der Ablauf standardisiert. Die Fortbildungen finden im Lehr-Lern-Labor der Chemiedidaktik der Universität Regensburg statt und umfassen drei Termine. Auf einen ganztägigen Fortbildungstermin folgen im Abstand von zwei und vier Wochen zwei halbtägige Termine. Am ersten ganztägigen Fortbildungstermin werden Schülerexperimente im Unterricht insbesondere mit Fokus auf Erkenntnisgewinnungsprozesse besprochen und einige mögliche Experimente hierzu vorgestellt und getestet. Fachdidaktischer Schwerpunkt sind Unterrichtsinhalte der Elektrochemie und deren (praktische) Vermittlung für Mittel- und Oberstufe des Gymnasiums. Fachwissenschaftlich werden Themen der Photokatalyse und der Photoelektrochemie an allen Fortbildungstagen theoretisch und mit praktischen Schülerexperimenten besprochen.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden verschiedene Evaluationsinstrumente eingesetzt.

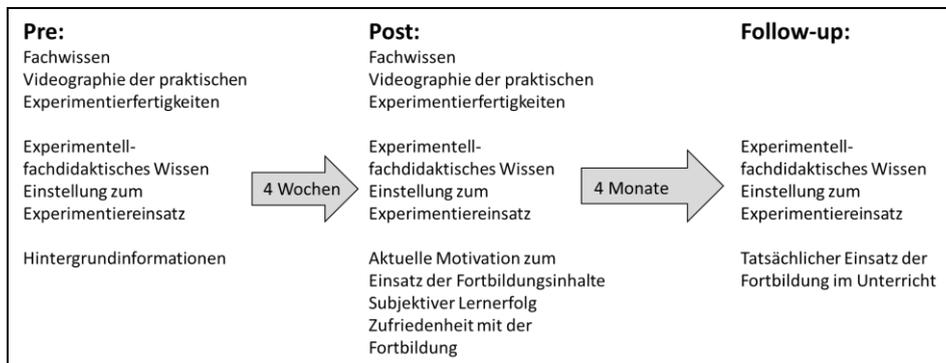


Abb. 1: Überblick über das Evaluationsdesign.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 1 (Inwiefern lässt sich das Fachwissen der Lehrkräfte im Bereich Photokatalyse und Photoelektrochemie im Rahmen einer dreitägigen Fortbildung fördern?) wird ein selbstentwickelter Fachwissenstest im Multiple-Choice-Format eingesetzt. Dieser wird von den Teilnehmenden vor und am Ende der Fortbildung beantwortet.

Zur Forschungsfrage 2 (Inwiefern kann die experimentelle Kompetenz von Lehrkräften durch eine dreitägige Fortbildung gesteigert werden?) wird das Konstrukt der experimentellen Kompetenz wie folgt operationalisiert. Einerseits wird die spontane Performanz der Lehrkräfte unter der Anweisung „Experimentieren und dokumentieren Sie bitte, wie Sie es von ihren Schülerinnen und Schülern idealerweise erwarten würden“ bewertet. Dabei entwickeln die Lehrkräfte selbst eine Fragestellung und führen ausgehend von dieser einen Erkenntnisgewinnungsprozess (inklusive Experiment) bis zur Dokumentation des Versuchsergebnisses durch (ohne weitere Auswertung). Dabei werden auch die Fertigkeiten der Lehrkräfte im rein praktischen Sinne anhand von Videographie und Kodiermanualen ausgewertet. Darüber hinaus wird das experimentell-fachdidaktische Wissen überprüft, das für die Vermittlung von experimenteller Kompetenz notwendig ist. Veränderungen werden über einen experimentell-fachdidaktischen Test von Backes, Sumfleth und Tepner (2012) geprüft. Ergänzend werden Einstellungsänderungen der Lehrkräfte zum Einsatz von Experimenten im Unterricht in Bezug auf Erkenntnisgewinnung gemessen (Schmitt, 2016). Zusätzlich werden zu Beginn der Fortbildungen Hintergrundinformationen wie Alter oder Studienort abgefragt (Schmitt, 2016).

Forschungsfrage 3 (Welche Faktoren korrelieren mit der Ausleihe der Experimentierboxen/der Anwendung der Fortbildungsinhalte?) befasst sich mit möglichen Korrelationen zu den am Ende der Fortbildung erhobenen Aspekten, wie der aktuellen Motivation zum Einsatz der Fortbildungsinhalte (Schmitt, 2016), dem subjektiven Lernerfolg (eigener Fragebogen), der Zufriedenheit mit der Fortbildung (Schmitt, 2016) und der Angabe zum tatsächlichen Einsatz der Fortbildungsinhalte vier Monate nach der Fortbildung (eigener Fragebogen).

#### Ausblick

Aktuell findet die Pilotierung mit vier Teilnehmerinnen und Teilnehmern nach dem oben angegebenen Design statt und wird qualitativ ausgewertet. Erste Ergebnisse werden im November 2016 vorliegen.

**Literatur**

- Backes, A., Sumfleth, E. & Tepner, O. (2012). Test zum experimentell-fachdidaktischen Wissen von Chemielehrkräften. Essen: Unveröffentlichtes Manuskript.
- Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- Eickhorst, B., Dickmann, M., Schecker, H., Theyssen, H. & Neumann, K. (2015). Messung experimenteller Kompetenz im Large-Scale: Bewertung experimenteller Aufgaben. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 169-171). Kiel: IPN.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 57 (4), 196-203.
- Hammann, M., Phan, T., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *MNU*, 59 (5), 292-299.
- Heumann-Rupprecht, D. (2004). Entdeckendes Lernen durch Experimentieren in Chemie. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München. München.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M. & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (7), 791-806.
- Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung von Sachsen-Anhalt. (2003). Zur systematischen Entwicklung experimenteller Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht. "Naturwissenschaftliches Arbeiten" Modul 2. Dresden: Polydruck Dresden.
- Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf: Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. H. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders & J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (S. 51-70). Münster: Waxmann.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 177-186). Berlin: Springer-Verlag.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards. Observe, interact, change, learn* (4. printing). Washington, DC: National Academies Press.
- Schmitt, A.-K. (2016). Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 198). Berlin: Logos.
- Schreiber, N. (2012). Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 139). Berlin: Logos.
- 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. & Schulz, A. (2011). Erkenntnisgewinnung durch Experimente - Stärken und Schwächen deutscher Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie. *Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae*, 37 (104), 6-27.

### **Diagnostizieren lernen im Praxissemester: Sachunterricht Erfassung potenzieller Lerngelegenheiten**

Im Zuge der Reformierung der Lehrerausbildung auf die Bachelor–Master–Struktur implementierte Nordrhein-Westfalen<sup>1</sup> das Praxissemester, welches am Standort Duisburg-Essen erstmalig ab Februar 2015 von allen Lehramtsstudierenden des zweiten Master-Semesters absolviert worden ist. Kernstück der *Rahmenkonzeption zur strukturellen und inhaltlichen Ausgestaltung des Praxissemesters im lehramtsbezogenen Masterstudiengang* in NRW (MSW, 2010) bildet die Kooperation zwischen der Universität und den Zentren für schulpraktische Lehrerbildung<sup>2</sup>. Diese sieht eine curriculare Abstimmung zwischen den Vorbereitungs- und Begleitseminaren der Universität und den einführenden Veranstaltungen der ZfsL vor, so dass „eine wechselseitige Anschlussfähigkeit in der Kompetenzentwicklung der/des Studierenden“ ermöglicht wird (MSW, 2010, S.5). Die Entwicklung der inhaltlichen Leitlinien fußt auf den gesetzlich verankerten Zielsetzungen des Praxissemesters, die die Ausbildung von sowohl konzeptionell-analytischen als auch reflexiv-praktischen Kompetenzen bei den Studierenden vorsieht. Hierbei nimmt der Ansatz des Forschenden Lernens in Form eines Studien- bzw. Unterrichtsprojekts einen zentralen Stellenwert ein (MSW, 2010). Zu konstatieren bleibt, dass die für den Kompetenzaufbau notwendigen Lerngelegenheiten am Lernort Schule implizit mitgedacht, jedoch nicht weiter spezifiziert werden. Die Frage, durch welche Lerngelegenheiten im Lehr-Lernfeld Schule (Arnold et al., 2011) die Studierenden die anzustrebenden Kompetenzen erreichen können, könnte zunächst trivial erscheinen. Das Lernen der Studierenden findet im Praxissemester zum größten Anteil in der Schule statt. Daher müssen - mit Blick auf die oben erwähnte wechselseitige Anschlussfähigkeit - auch Verknüpfungen zwischen den Lehr-Lernfeldern Universität und Schule in den Blick genommen werden. Die Prozessqualität der Praxis, folglich die Gestaltung der studentischen Lernprozesse am Lernort Schule unter dem Gesichtspunkt der Theorie-Praxis-Verknüpfung, wird jedoch bislang kaum untersucht (Hascher, 2012; König et al., 2014). Hier setzt das vorliegende Projekt an, indem potenzielle Lerngelegenheiten zur Förderung diagnostischer Fähigkeiten bei Studierenden im Sachunterricht erfasst werden sollen.

#### **Der Beitrag des Praxissemesters im Lehrerprofessionalisierungsprozess**

In der Lehrerprofessionsforschung wird Lehrerbildung als ein berufsbiographischer Entwicklungsprozess verstanden, der sich in drei Phasen gliedert. Jeder Phase kommt in diesem Prozess eine bestimmte Zielsetzung zu – die erste Phase der Lehrerbildung zielt dabei auf den Erwerb von Reflexionswissen ab (Radtke & Webers, 1998). Das Praxissemester als Studienelement unterliegt demnach dem Primat, akademisches Reflexionswissen zu vermitteln. So postulieren Weyland & Wittmann (2015) „[...] sollte in diesen [schulpraktischen Studien] auch studiert werden (können); demzufolge sollten theoretisch-reflexive und nicht handlungspraktische Zugänge im Vordergrund stehen“ (Weyland & Wittmann, 2015, S. 9). Ein zentraler Gestaltungsaspekt von Lerngelegenheiten für Studierende im Praktikum stellt somit die Verknüpfung von Theorie und Praxis dar. Hierbei müssen das akademische Begründungswissen und (sach)unterrichtliche Handlungssituationen zueinander in Beziehung gesetzt werden. Demgegenüber stehen

---

<sup>1</sup> im Folgenden NRW

<sup>2</sup> Kurzform ZfsL – Bezeichnung der Studienseminare in NRW

jedoch Hinweise aus der wissenschaftlichen Literatur, die gerade in diesem Bereich Problembereiche bzw. Herausforderungen beschreiben. So zeigen Studien auf, dass

- die reflexive Durchdringung von Praxissituationen eine Herausforderung für Studierende darstellt (Racherbäumer & Liegmann, 2012; Hascher & Wepf, 2007) und
- die beteiligten Akteure im Praxissemester unterschiedliche Zielvorstellungen mit dem Praxissemester verbinden. So stufen zum Beispiel Studierende und Lehrkräfte die theoretische Reflexion der Praxis als untergeordnetes Ziel ein, während dem handlungspraktischen Zugang eine hohe Bedeutung eingeräumt wird (Schlumm, 2011).

Werden die universitären Lernerfahrungen nun nicht mit den Lernerfahrungen in der Praxis verknüpft, besteht nach Arnold et al. (2011) die Gefahr, dass Studierende „*gewissermaßen in separierten Welten*“ lernen (Arnold et al. 2011, S. 227). Dies kann dazu führen, dass „*der Nutzen von Theorie seitens der Studierenden zunehmend in Frage gestellt*“ wird (Weyland, 2012, S. 61). Um diesem Umstand entgegenzuwirken, müssen demzufolge die in der Universität bearbeiteten theoretischen Anteile über gerichtete Aufgaben „*im Berufsfeld Relevanz erlangen*“ (Arnold et al. 2011, S. 227).

### **Ziel des Projektes und Forschungsfragen**

Die vorangegangenen Ausführungen verdeutlichen, welche hohe Bedeutsamkeit der Verbindung der beiden Systeme – Theorie und Praxis – im Lehr-Lernfeld Schule zukommt. Vor dem Hintergrund, dass jede Phase im Professionalisierungsprozess eine eigene Zielperspektive besitzt, sollten Lernprozesse innerhalb der universitären Praxisphase spezifisch gestaltet und es sollte herausgestellt werden, wie diese von den Lernprozessen der LehramtsanwärterInnen im Vorbereitungsdienst abzugrenzen sind (Weyland & Wittmann, 2015). Ziel des Projektes ist daher die Erfassung potenzieller Lerngelegenheiten im Praxissemester vor dem Hintergrund einer Ausdifferenzierung der lernprozessbezogenen Tätigkeiten. Dabei stehen folgende Fragestellungen im Zentrum der Untersuchung:

- Welche schulischen Lerngelegenheiten werden für die Entwicklung diagnostischer Fähigkeiten bei den Studierenden im Sachunterricht im Kontext des Praxissemesters von allen Akteuren sowohl als relevant als auch umsetzbar angesehen?
- Über welche unterschiedlichen lernprozessbezogenen Tätigkeiten können diese aus Sicht der Akteure gefördert werden?

### **Erfassung von Lerngelegenheiten zur Förderung diagnostischer Fähigkeiten**

Bei Durchsicht der im Praxissemester anzustrebenden Kompetenzen wird deutlich, dass die hierzu formulierten Standards eine große Bandbreite der diagnostischen Tätigkeiten einer Lehrkraft umfassen (Ingenkamp & Lissmann, 2008) - von der Ermittlung des Lernstandes der Schülerinnen und Schüler zu Beginn des Unterrichts bis hin zum Entwurf entsprechender Lernzielkontrollen und der Beurteilung der Lernfortschritte der Schülerinnen und Schüler (MSW, 2010). In der Rahmenkonzeption sind diese überfachlich für den Lernort Schule formuliert. Diese Standards müssen nun für den Sachunterricht „übersetzt“ werden. Dies soll in diesem Projekt vor dem Hintergrund der konzeptuellen Differenzierung des Standards-Begriffes nach Ravitch (1995, zit. nach BMBF, 2008) erfolgen, die drei zusammenhängende Typen unterschieden hat (content standards, performance standards, opportunity-to-learn standards). Konkret bedeutet dies, dass über die spezifische Beschreibung der Lerngelegenheiten deutlich werden soll:

- wie der Erwerb diagnostischer Fähigkeiten in Unterrichtssituationen inhaltlich für den Sachunterricht gestaltet werden sollen - *content standard*.
- auf welchem unterschiedlichen Niveau diese erreicht werden können (z.B. über den Grad der erfahrenen Unterstützung) – *performance standard*.

- welche Ressourcen zur Erreichung notwendig sind (Unterstützung der Mentoren, zeitliche Ressourcen für die Reflexion, die zur Verfügung stehende Zeit in den Lerngruppen) – *opportunity-to-learn standards*.

Darüber hinaus ist in diesem Zusammenhang die Frage nach den lernprozessbezogenen Tätigkeiten der Studierenden zu klären, die im Sinne der Zielperspektive des Praxissemesters den Theorie-Praxis-Transfer gezielt unterstützen. Sie konkretisieren die oben genannten Standards, indem die Handlungen der Studierenden in der Praktikumssituation beschrieben werden. In Anlehnung an die Überlegungen von König et al. (2014) zur Modellierung lernprozessbezogener Tätigkeiten im schulpraktischen Kontext werden demnach diagnostische Tätigkeiten der Studierenden über unterschiedliche Zugänge initiiert:

- über forschungsmethodische Zugänge, indem Studierende sich systematisch mit einer Fragestellung zu einer diagnostischen Situation auseinandersetzen;
- in Unterrichtshospitationen, in denen Studierende diagnostische Handlungen von Lehrkräften oder anderen Studierenden beobachten und diese theoretisch reflektieren;
- bei der Planung und Durchführung von eigenem Unterricht, in denen diagnostische Tätigkeiten theoriegeleitet geplant bzw. theoriegeleitet analysiert werden. Darüber hinaus können diese unterrichtlichen diagnostischen Tätigkeiten sowohl von den Praxissemesterstudierenden unter Anleitung einer Lehrkraft oder in Kooperation mit einer/einem Mitstudierenden gestaltet werden („Mitgestaltung“) als auch selbstständig durchgeführt werden („Gestaltung“) (König et al. 2014, S. 9).

Durch die Konkretisierung der Lerngelegenheiten in lernprozessbezogenen Tätigkeiten und zugehörigen Standards entsteht ein Curriculum, welches als Leitlinie dienen kann, wie die im Praxissemester anzustrebenden Kompetenzen im Bereich des Diagnostizierens gefördert werden können.

### **Zur Relevanz diagnostischer Fähigkeiten**

Mit der Ausrichtung auf den Bereich des Diagnostizierens fokussiert dieses Projekt einen Inhalt in der Lehrerbildung, welcher unter der Verankerung der inklusiven Bildung im Schulgesetz im Jahre 2014 eine verstärkte Bedeutung erhalten hat. Im Unterrichtsallday vollziehen Lehrkräfte zahlreiche diagnostische Tätigkeiten – Diagnostik ist somit grundlegend für das Lehrerhandeln (Helmke, 2012; Ingenkamp & Lissmann, 2008). Darüber hinaus weisen Studien darauf hin, dass diagnostische Fähigkeiten keine einheitliche Grundkompetenz darstellen, sondern an Fachinhalte gekoppelt sind (Buholzer & Zulliger, 2010). Vor diesem Hintergrund stellt der Sachunterricht aufgrund seiner Vielperspektivität eine besondere Herausforderung für Sachunterrichtslehrkräfte dar.

### **Methode**

Zur Generierung der Lerngelegenheiten werden Fokus-Gruppendiskussionen sowohl mit Sachunterrichtsausbildnern im Praxissemester als auch mit Studierenden, die das Praxissemester bereits absolviert haben, durchgeführt. Die so identifizierten Lerngelegenheiten werden anschließend aufbereitet und zur kommunikativen Validierung (Steinke, 2013) den jeweiligen Fokus-Gruppen zur Verfügung gestellt. Nach Zusammenführung der Gruppenantworten werden die von den TeilnehmerInnen nicht berücksichtigten Lerngelegenheiten, die jedoch aus theoretischer Sicht von Belang sein könnten, ergänzt und zur Diskussion gestellt. Über ein abschließendes Rating wird die Häufigkeit der Übereinstimmung über alle Akteursgruppen hinweg abschließend festgehalten (Heinzer & Baumgartner, 2013). Die Auswertung erfolgt mittels der dokumentarischen Methode (Nohl, 2013).

**Literatur**

- Arnold, K.-H. et al. (2011). Empowerment durch Schulpraktika: Perspektiven wechseln in der Lehrerbildung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2008). Qualität entwickeln - Standards sichern - mit Differenz umgehen. Bildungsforschung Band 27. Berlin: BMBF
- Hascher, T. (2012). Lernfeld Praktikum – Evidenzbasierte Entwicklungen in der Lehrer/innenbildung. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 2(2), 109–129
- Hascher, T., & Wepf, L. (2007). Lerntagebücher im Praktikum von Lehramtsstudierenden. *Empirische Pädagogik*, 21(2), 101–118
- Hascher, T., & de Zordo, L. (2015). Langformen von Praktika: Ein Blick auf Österreich und die Schweiz. *Journal für LehrerInnenbildung*, 15(1), 22–32
- König, J., Tachtsoglou, S., Darge, K. & Lünemann, M. (2014). Zur Nutzung von Praxis: Modellierung und Validierung lernprozessbezogener Tätigkeiten von angehenden Lehrkräften im Rahmen ihrer schulpraktischen Ausbildung. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 4(1), 3-22
- Littig, Beate ; Wallace, Claire (1997). Möglichkeiten und Grenzen von Fokus-Gruppendiskussionen für die sozialwissenschaftliche Forschung. Wien. Reihe Soziologie / Institut für Höhere Studien, Abt. Soziologie 21
- Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW (2010). Rahmenkonzeption zur strukturellen und inhaltlichen Ausgestaltung des Praxissemesters im lehramtsbezogenen Masterstudiengang. Aufgerufen über: [https://www.schulministerium.nrw.de/docs/LehrkraftNRW/Lehramtsstudium/Reform-der-Lehrerausbildung/Wege-der-Reform/Endfassung\\_Rahmenkonzept\\_Praxissemester\\_14042010.pdf](https://www.schulministerium.nrw.de/docs/LehrkraftNRW/Lehramtsstudium/Reform-der-Lehrerausbildung/Wege-der-Reform/Endfassung_Rahmenkonzept_Praxissemester_14042010.pdf) [Zugriff: 30.08.2016]
- McDonnell, L. M. (1996). Opportunity to Learn as a research concept and a policy instrument. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, (17), 305–322
- Nohl, A.-M. (2013). Interview und dokumentarische Methode. Anleitungen für die Forschungspraxis. 4. Aufl. Qualitative Sozialforschung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. Case, R. (1977). Implications of developmental psychology for the design of effective instruction. In I.J.W. Pellegrino, E.S.D. Fokkema & R. Glaser (Eds.), *Cognitive psychology and instruction*. New York: Plenum, 441 - 465
- Racherbäumer, K. & Liegmann, A. B. (2012). Theorie-Praxis-Transfer: Anspruch und Wirklichkeit in Praxisphasen der Lehrerbildung. In T. Hascher & G. H. Neuweg (Eds.), *Österreichische Beiträge zur Bildungsforschung: Vol. 8. Forschung zur (Wirksamkeit der) Lehrer/innen/bildung*, 123–141. Wien: Lit-Verl.
- Radtke, F.-O., & Webers, H.-E. (1998). Schulpraktische Studien und Zentren für Lehramtsausbildung: Eine Lösung sucht ihr Problem. *Die deutsche Schule*, 90(2), 199–216
- Schlumm, K. (2011). Evaluation des Praxissemesters des Ministeriums für Bildung, Jugend und Sport. In P. Pohlenz, W. et al. (Hrsg.). *Potsdamer Beiträge zur Hochschulforschung. Bd.1. Nach Bologna: Praktika im Studium - Pflicht oder Kür? Empirische Analysen und Empfehlungen für die Hochschulpraxis*, 239–254. Potsdam: Univ.-Verl. Potsdam. und Berufsbildungsverantwortlichen. S. 29-65. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Steinke, I. (2013). Gütekriterien in der qualitativen Forschung. In: Flick, U. et al. (Hrsg.). *Qualitative Forschung. Ein Handbuch*, S. 319-331. Reinbek b. Hamburg: Rohwolt Taschenbuch
- Weyland, U. (2010). Zur Intentionalität schulpraktischer Studien im Kontext universitärer Lehrerausbildung. Zugl.: Osnabrück, Univ, Paderborn
- Weyland, U. & Wittmann, E. (2015). Langzeitpraktika in der Lehrerausbildung in Deutschland: Stand und Perspektiven. *Journal für LehrerInnenbildung*, 15(1), 8–21

André Große<sup>1</sup>  
 Friederike Korneck<sup>1</sup>  
 Marvin Krüger<sup>1</sup>  
 Michael Szogs<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Goethe-Universität Frankfurt

## **Restrukturierung von Lehrerüberzeugungen bezüglich der Unterrichtsqualität**

### **Einleitung**

Lehrerüberzeugungen beeinflussen durch ihre vorstrukturierende Funktion von Wahrnehmung und Zielsetzung das unterrichtliche Handeln (Kunter et al., 2011). Überzeugungselemente gelten daher als eine Facette der professionellen Kompetenz von Lehrkräften mit besonderer Handlungsrelevanz (Helmke, 2009). Ein Zusammenhang von Lehrerüberzeugungen mit Merkmalen der Unterrichtsqualität ist daher theoretisch begründbar und konnte vereinzelt auch empirisch belegt werden (z. B. Kunter et al., 2013; Krüger, Szogs & Korneck, in diesem Band).

Etablierte Operationalisierungen von Lehrerüberzeugungen beziehen sich in der Regel auf Lerntheorien und weisen daher keine direkte inhaltliche Übereinstimmung zu Merkmalen der Unterrichtsqualität auf, obgleich ein solcher direkter inhaltlicher Bezug von Lehrerüberzeugungen auf den Gegenstand Unterricht sinnvoll erscheint und die Zusammenhänge von Überzeugungen und Unterrichtsqualität besser aufzuklären verspricht. Diese Arbeit verfolgt daher den Ansatz, Lehrerüberzeugungen explizit auf Merkmale der Unterrichtsqualität zu beziehen, indem zunächst ein bereits eingesetztes Inventar umstrukturiert wird.

### **Stichprobe und Instrument**

Die Grundlage dieser Analyse bildet ein im Projekt  $\Phi$ actio eingesetztes Inventar, das im Rahmen einer Microteaching-Lehrveranstaltung für angehende Physiklehrkräfte Lehrerüberzeugungen anhand eines Selbstauskunft-Fragebogens erhebt.

Die 28 Items des Fragebogens stammen aus etablierten Studien (Neuhaus, 2004; Seidel et al., 2005; Riese, 2009) und wurden für das Fach Physik adaptiert (Oettinghaus, 2015). Das Instrument deckt die Überzeugungsdimensionen „Überzeugungen zum selbstständigen Lernen“ und „Überzeugungen zum transmissiven Lernen“ ab. Für die Analyse steht ein Datensatz von 74 Physiklehramtsstudierenden zur Verfügung.

### **Zielsetzung**

Das im Projekt  $\Phi$ actio entwickelte Ratingmanual zur Messung von Unterrichtsqualität in videografierten Physikunterrichtssequenzen ermöglicht neben einer Untersuchung auf Ebene der Basisdimensionen *kognitive Aktivierung* und *konstruktive Unterstützung* auch eine reliable Erfassung auf Ebene von einzelnen Subdimensionen (Szogs, Krüger & Korneck, in diesem Band).

Während also die Unterrichtsqualität auf Subdimensionsebene untersucht werden kann, fehlt im Bereich der untersuchten Lehrerüberzeugungen eine entsprechende Struktur, da inhaltlich lediglich ein Bezug auf Lerntheorien vorliegt. Ziel dieser Arbeit ist es daher, durch eine Umstrukturierung der verwendeten Überzeugungsisems neue latente Faktoren bzw. Skalen zu identifizieren und diese auf Basis einer inhaltlichen Zuordnung zu Merkmalen der Unterrichtsqualität in Verbindung zu bringen.

### **Ergebnis**

Im Rahmen der explorativen Faktorenanalyse zeigten sich insgesamt 17 Items als geeignet zur Bildung der latenten Faktoren. Auf Basis der Auswertung von Scree-Tests und dem

Kaiserkriterium erwies sich dabei ein vierfaktorielles Modell als besonders geeignet. Diese vier extrahierten Faktoren sind in Tabelle 1 dargestellt.

	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4
TL	,78		-,39	
TL	,75			
TL	,73			
TL	,71			
TL	,69	-,32		
TL	,66		-,36	
TL	,62			
SL		,83		
SL	-,30	,75		
SL		,71	,36	,30
SL			,73	
SL	-,31		,62	
SL			,59	,42
SL		,41	,52	
SL				,83
SL		,30		,73
SL				,55

Tab. 1: Rotierte Komponentenmatrix der explorativen Faktorenanalyse  
TL: Überzeugungen zum transmissiven Lernen, SL: Überzeugungen zum selbstständigen Lernen, Korrelationen < .30 wurden ausgeblendet

Die extrahierten latenten Faktoren wurden anschließend durch inhaltliche Interpretation anhand des theoretischen Hintergrundes zu den beiden Unterrichtsqualitätsmerkmalen kognitive Aktivierung und konstruktive Unterstützung zugeordnet.

Abbildung 1 zeigt die internen Konsistenzen der vier Faktoren sowie die inhaltlich korrespondierenden Subdimensionen sowie die jeweils übergeordnete Basisdimension.

Faktor 1, dessen Items ausschließlich aus der Skala „Überzeugungen zum transmissiven Lernen“ stammen, lässt sich inhaltlich dem Bereich „kognitive Selbstständigkeit“ der kognitiven Aktivierung zuordnen. Die Faktoren 2, 3 und 4 bestehen aus Items der „Überzeugungen zum selbstständigen Lernen“ und lassen sich im Fall von Faktor 2 ebenfalls einer Facette kognitiver Aktivierung, dem „diskursiven Lernen“ zuordnen. Die Faktoren 3 und 4 beziehen sich inhaltlich auf Merkmale konstruktiver Unterstützung, die „Autonomie“ der Schüler(innen) sowie die „Relevanz“ des Unterrichts.

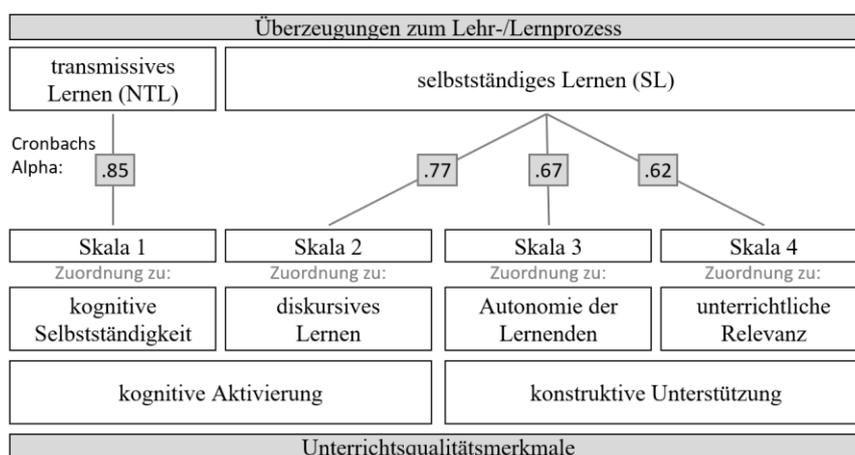


Abb. 1: Reliabilitäten und inhaltliche Zuordnung der extrahierten Faktoren

**Zusammenfassende Diskussion**

Auf Basis einer explorativen Faktorenanalyse konnten die Items der beiden Dimensionen „Überzeugungen zum transmissiven Lernen“ und „Überzeugungen zum selbstständigen Lernen“, wie sie im Phactio-Projekt erhoben wurden, in vier Faktoren aufgeteilt werden. Da verschiedene Studien bereits einen Zusammenhang zwischen transmissiven Lehrerüberzeugungen und kognitiver Aktivierung nachweisen konnten, ist es erwartungskonform, dass die Überzeugungssitems dieser Skala inhaltlich der kognitiven Aktivierung zuordenbar sind. Demgegenüber laden Items, die aus der Dimension „Überzeugungen zum selbstständigen Lernen“ stammen, auf Faktoren, die sowohl Merkmalen der konstruktiven Unterstützung als auch der kognitiven Aktivierung zuzuordnen sind. Durch diese Analyse wurde das Überzeugungsinventar so umstrukturiert, dass nun Qualitätsmerkmale des Unterrichts statt Lerntheorien als Gegenstand der Überzeugungen dienen.

**Ausblick**

Nachdem erste Ergebnisse einer erfolgreichen inhaltlichen Kopplung von Lehrerüberzeugungen an die Qualität von Unterricht vorliegen, gilt es, weitere Ausschärfungen vorzunehmen, indem einerseits die gefundenen Faktoren durch weitere Items ergänzt und andererseits Überzeugungssubdimensionen zu weiteren Merkmalen der Unterrichtsqualität entwickelt werden.

Auf diese Weise soll ein Überzeugungsinstrument entstehen, das durch seine inhaltliche Nähe zur Unterrichtsqualität besonders geeignet sein kann, den Einfluss von Lehrerüberzeugungen auf die Unterrichtsqualität detaillierter auf Subdimensionsebene nachzuweisen.

**Literatur**

- Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität: und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Stuttgart: Kallmeyer.
- Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U. & Richter, D. (2011). Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 55–68). Münster: Waxmann.
- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T. & Hachfeld, A. (2013). Professional competence of teachers: Effects on quality and student development. *Journal of Educational Psychology*, 29.
- Neuhaus, B. (2004). Einstellungsausprägungen von Biologielehrern. Ein bundesdeutscher Vergleich. Dissertation. Kassel: Universität Kassel.
- Oettinghaus (2015). Lehrüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen, Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat. Dissertation. Frankfurt: Goethe-Universität.
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Studien zum Physik- und Chemielernen Bd. 97. Berlin: Logos.
- Seidel, T., Prenzel, M., & Kobarg, M. (2005). How to run a video study: Technical report of the IPN Video Study. Münster: Waxmann.

## **Erfassung der Erklärkompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie**

### **Zusammenfassung**

Das Projekt FALKE (Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Erlären) ist Teil des vom BMBF im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung geförderten Vorhabens KOLEG (Kooperative Lehrerbildung Gestalten) an der Universität Regensburg. Ziele des Projekts sind die Konzeptualisierung des Konstrukts des „guten Erklärens“ im Unterricht sowohl in fachspezifischer Hinsicht, als auch unter fächerübergreifenden Gesichtspunkten sowie die Entwicklung eines videobasierten Messinstruments zur Erhebung des allgemeinen und des chemiespezifischen Erklärungswissens von Lehrkräften und Studierenden. Des Weiteren steht die Förderung der Erklärkompetenz von Lehramtsstudierenden im Rahmen von universitären Lehrveranstaltungen im Fokus.

Dazu kooperieren insgesamt 13 Disziplinen (11 Fachdidaktiken sowie die deutsche Sprachwissenschaft und die Sprechwissenschaft) aus 7 unterschiedlichen Fakultäten der Universität Regensburg.

### **Hintergrund**

Ein entscheidender Befund der kognitionspsychologischen Expertiseforschung ist die Erkenntnis, dass sich Experten, also Personen, die auf ihrem Gebiet besonders herausragende Leistungen zeigen, vor allem durch ein besonders tiefgreifendes professionelles Wissen auszeichnen (König, 2010). Das „professionelle Wissen“ oder „Professionswissen“ stellt damit eine wesentliche Teilkomponente der Lehrerkompetenz dar (Bromme, 1992). Als Professionswissen wird dabei allerdings nicht nur die reine Kenntnis von Fachwissensinhalten verstanden, sondern vielmehr die Fähigkeit von Experten, verschiedenste Herausforderungen aus ihrem Aufgabenbereich mithilfe einer gut vernetzten Wissensbasis effizient und flexibel bewältigen zu können.

Ein Ziel der in die deutsche PISA 2003/2004-Erhebung integrierten COACTIV-Studie war es, das Professionswissen von Mathematiklehrkräften zu operationalisieren und einer Messung zu unterziehen, um diese Ergebnisse schließlich auch mit dem Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler in Beziehung setzen zu können (Krauss et al., 2004, 2008; Kunter, 2011). Die Operationalisierung des Professionswissens folgt dabei der Taxonomie Shulmans (1986) und umfasst die drei Bereiche Fachwissen (content knowledge, CK), fachdidaktisches Wissen (pedagogical content knowledge, PCK) und pädagogisches Wissen (pedagogical knowledge, PK).

Als wichtige Erkenntnis von COACTIV in diesem Zusammenhang lässt sich festhalten, dass das fachdidaktische Wissen von Mathematiklehrkräften unter allen Facetten des Professionswissens als bedeutendster Einflussfaktor auf den Leistungszuwachs der Schülerinnen und Schüler identifiziert werden konnte, wohingegen für das Fachwissen kein entsprechender, direkter Zusammenhang nachgewiesen werden konnte (Krauss et al., 2011). Gleichwohl stellt eine fundierte Fachwissensbasis eine wesentliche Grundlage für die Entwicklung fachdidaktischen Wissens dar. Das fachdidaktische Wissen von Mathematiklehrkräften war unter COACTIV noch weiter in insgesamt drei Subfacetten unterteilt worden: Das „Wissen über Erklären und Repräsentieren“, das „Wissen über typische Schülerfehler und -schwierigkeiten“ und „Wissen über das Potential für multiple Lösungsansätze von Mathematikaufgaben“.

Daran anknüpfend fokussiert das Projekt FALKE auf dem Erklärungswissen von Lehrkräften als einer dieser Subfacetten, da die Erklärkompetenz von Lehrkräften

insbesondere aus Sicht der Schülerinnen und Schüler ein sehr bedeutsamer Aspekt der Lehrerpersönlichkeit zu sein scheint (Merzyn, 2013, 2015; Vogt, 2009). Von Interesse ist dabei insbesondere, inwiefern sich die Wahrnehmung von Erklärungen bei unterschiedlichen Expertengruppen (Lehramtsstudierende, Lehrkräfte sowie Fachdidaktiker) sowie den Adressaten (also den Schülerinnen und Schülern) unterscheidet. Außerdem soll untersucht werden, ob sich Kriterien identifizieren lassen, die eine hohe prädiktive Validität auf die Bewertung der wahrgenommenen Erklärqualität durch die einzelnen Gruppen besitzen.

Die gewonnenen Erkenntnisse sollen u. a. dazu verwendet werden, fächerübergreifende Lehrangebote für Lehramtsstudierende an der Universität Regensburg zu entwickeln, in denen die identifizierten fachspezifischen und fächerübergreifenden Kriterien guter Unterrichtserklärungen thematisiert und auch gezielt geschult werden können. Die Kooperation mit ortsansässigen Schulen und der Einsatz von Unterrichtsvideographie bieten hierbei auch die Möglichkeit, das mündliche Erklären mit den Studierenden in realen Unterrichtssituationen zu erproben und anschließend detailliert zu reflektieren.

### **Fragestellungen**

- Wie unterscheiden sich die Vorstellungen darüber, was eine gute Erklärung im Chemieunterricht ausmacht, innerhalb und zwischen den untersuchten Personengruppen (Schülerinnen und Schüler, Lehramtsstudierende, Lehrkräfte, Fachdidaktiker)?
- Lässt sich mithilfe eines fachspezifischen Kriterienrasters ein valides Messinstrument entwickeln, mit dem die Qualität einer Erklärung bzw. das Erklärungswissen von Lehrkräften und Studierenden erhoben werden kann?
- Inwiefern können die allgemeine und chemiespezifische Erklärkompetenz von Lehramtsstudierenden im Rahmen von universitären Lehrveranstaltungen gezielt verbessert werden?

### **Methode**

Anhand einer explorativen Vorstudie wird zunächst untersucht, welche fachspezifischen Aspekte beim Erklären im Unterricht von besonderer Bedeutung sein könnten. Dazu werden sowohl Lehrkräfte als auch Lehramtsstudierende in Form von leitfadengestützten Interviews gezielt bezüglich ihrer Vorstellungen zum guten Erklären im Unterricht befragt und die Interviews anschließend qualitativ ausgewertet.

Daran schließt sich die Hauptstudie in Form einer quasi-experimentellen Videostudie an. Es werden Videovignetten in Form von kurzen, lehrerzentrierten Unterrichtserklärungen erstellt, in denen Schülerinnen und Schülern ein konkreter, fachtypischer Sachverhalt erklärt wird. In die Videos werden auch Visualisierungen, wie zum Beispiel Modelle oder Animationen, eingebunden. Von jeder Vignette werden jeweils zwei Versionen erstellt, die möglichst identisch sind, sich jedoch in Bezug auf eine einzelne, konkrete und in der Vorstudie als bedeutsam für das Erklären identifizierte Variable unterscheiden.

Die Videovignetten werden zum einen Lehramtsstudierenden und Fachdidaktikern vorgelegt, die jeweils beide Versionen der Vignetten anhand von computerbasierten Fragebögen bewerten. Zum anderen werden die Videos Lehrkräften, die sich zur Teilnahme an der Untersuchung bereit erklärt haben, zusammen mit den Fragebögen online abrufbar zur Verfügung gestellt, wobei jeweils immer nur eine der beiden oben genannten Versionen zufällig zugeteilt wird. Die Videos sind thematisch so gewählt, dass die Lehrkräfte diese lehrplankonform in den Unterrichtsverlauf der von ihnen unterrichteten Klassen einbetten können, nachdem sie die Videos selbst angesehen und dabei auch den Fragebogen bearbeitet haben. Die Videos sollen den Schülerinnen und Schülern jeweils zur Vorbereitung auf die nächste Unterrichtsstunde dienen und von ihnen zu Hause über das Internet angesehen werden, wobei auch der dazugehörige Fragebogen bearbeitet werden soll.

Anhand der erhobenen Daten kann anschließend ein Zusammenhang zwischen der Ausprägung der unabhängigen Variablen und der empfundenen Gesamtqualität der Videos hergestellt werden. Zusätzlich können mithilfe von Paarvergleichen über das Gesamtprojekt hinweg auch weitere Kriterien, wie sprachliche und sprecherische Aspekte auf ihre Wirkungen hin untersucht werden.

**Ausblick**

Derzeit werden die im Rahmen der Vorstudie beschriebenen Interviews durchgeführt, anschließend erfolgt die qualitative Auswertung der Daten und die Erstellung der Videovignetten. Der Beginn der Hauptstudie ist für Anfang 2017 geplant.

**Literatur**

- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte*. Bern: Huber.
- König, J. (2010). Lehrerprofessionalität. Konzepte und Ergebnisse der internationalen und deutschen Forschung am Beispiel fachübergreifender, pädagogischer Kompetenzen. In J. König (Hrsg.), *Professionalität von Lehrkräften. Was sollen Lehrkräfte im Lese- und Schreibunterricht wissen und können?* (DGLS-Beiträge, Bd. 11, S. 40-105). Berlin: Dt. Ges. für Lesen und Schreiben.
- 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 (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 135-161). Münster: Waxmann.
- Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Jordan, A. & Löwen, K. (2004). COACTIV. Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*, 31-53.
- Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematikdidaktik*, 29 (3), 223-258.
- Kunter, M. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.
- Merzyn, G. (2013). Guter Chemieunterricht. Die Sicht von Schülern, Lehrern, Wissenschaftlern. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 62 (1), 37-42.
- Merzyn, G. (2015). Guter Physikunterricht. Die Sicht von Schülern, Lehrern und Wissenschaftlern. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- Vogt, R. (2009). Die Organisation von Erklärprozessen im Unterricht. In R. Vogt (Hrsg.), *Erklären. Gesprächsanalytische und fachdidaktische Perspektiven* (Stauffenburg Linguistik, Bd. 52, S. 203-225). Tübingen: Stauffenburg-Verlag.

Uwe Lüttgens<sup>1</sup>  
 Andreas Nehring<sup>2</sup>  
 Rüdiger Tiemann<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Humboldt-Gymnasium Berlin  
<sup>2</sup> Leibniz Universität Hannover  
<sup>3</sup> Humboldt-Universität zu Berlin

## **Chemiedidaktisches Lernen an Videovignetten zur Vernetzung von Studium und Referendariat**

### **Einführung**

Eine stärkere Verzahnung der ersten und zweiten Ausbildungsphase stellt ein häufig artikuliertes Ziel in der Lehrerbildung dar. Während die theoretische Fundierung professioneller Kompetenzen sowie der Aufbau fachdidaktischen und pädagogischen Wissens einen Teil der universitären Ausbildungsphase darstellen, steht bei der Ausbildung von Referendarinnen und Referendaren im Vorbereitungsdienst die Entwicklung einer professionellen Handlungskompetenz (Unterrichts-, Beurteilungs- und Erziehungskompetenz; Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft, 2014) im Mittelpunkt. Sichtbar werden sollen Kompetenzzuwächse bei der Unterrichtsgestaltung (Planung, Durchführung und Analyse), in der Wahrnehmung und in der Reflexion des Unterrichts. Die Nutzbarmachung des fachdidaktischen und pädagogischen Wissens für die Ausbildung einer professionellen Handlungskompetenz und für die Vermeidung von trägem Wissen gehören damit zu den Herausforderungen der Lehrerbildung (Lüttgens, Nehring & Tiemann, 2015). Aktuelle Befunde zur Heterogenität der wissensbasierten Wahrnehmung von Unterricht durch Referendarinnen und Referendare verdeutlichen den Bedarf einer Abstimmung zwischen beiden Phasen (Stürmer, Seidel & Kunina-Habenicht, 2015).

### **Anforderungen an die Wahrnehmung von Unterricht**

Gleichzeitig zeigen Ergebnisse aus der Forschung zur Unterrichtsqualität auf, dass die für die Lern- und Motivationsentwicklung der Schülerinnen und Schüler relevanten Prozesse auf einer Tiefenstruktur des Unterrichts ablaufen (Oser & Patry, 1990; Reiher, 2004). Hierzu sind Prozesse des theoriegeleiteten, interpretativen Wahrnehmens von Unterricht notwendig, die die Oberflächenstruktur des Unterrichts (z. B. Sozialform, Medieneinsatz) erweitern und auf eine Anwendung fachdidaktischer Theorien und Modelle rekurrieren. Die Wahrnehmung von Unterricht auf einer Tiefenstruktur stellt daher ein Ziel einer Theorie und Praxis verknüpfenden Ausbildung dar.

### **Videovignetten als Mittel der Verzahnung von erster und zweiter Ausbildungsphase**

In diesem Sinn stellt die Integration von konkreten Unterrichtsvideos in die Ausbildung einen vielversprechenden Ansatz dar (Sherin, 2007). Hierbei lassen sich theoretische Konzepte durch eine Fokussierung auf didaktische „Kernszenen“ aus dem Unterricht konkretisieren, in ihrer praktischen Umsetzung beobachtbar und für eine Interpretation zugänglich machen. Dies kann in beiden Phasen mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung vorgenommen werden. Weitere Möglichkeiten einer Nutzung bieten sich u. a. durch die Analyse komplexer Unterrichtssituationen, die Reflexion handlungsleitender subjektiver Theorien oder die Kooperation bei der Planung, Hospitation und gemeinsamen Reflexion sowie durch die Abstimmung der Ausbilderinnen und Ausbilder in der ersten und zweiten Phase der Lehramtsausbildung.

Für das Fach Chemie fehlen systematisch erstellte Ansätze für eine solche Verknüpfung bisher. Dabei bietet das Fach mit seinen Basiskonzepten, dem Wechsel zwischen der Phänomen- und der Teilchenebene sowie der Einbindung verschiedener Denk- und Arbeitsweisen typische Charakteristika, die einen fachspezifischen Ansatz rechtfertigen.

### Theoretischer Fokus des Projektes

Neben der Fokussierung der Wahrnehmung auf die Tiefenstrukturebene des Unterrichts wird das Lernen an den Videovignetten anhand fünf spezifischer Perspektiven (Seidel & Schäfer, 2015; Blömeke et al., 2015) gestaltet, die von der chemiedidaktischen Interpretation hin zur Generierung von Handlungsmöglichkeiten leiten:

- Erkennen und Beschreiben: Identifizieren chemiedidaktisch relevanter Elemente aus der Überkomplexität einer Unterrichtssituation.
- Erklären von Intentionen: Ableiten und Beschreiben der intendierten Ziele hinsichtlich der Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler in einer Unterrichtssituation.
- Bewerten von Lernsituationen: Beurteilen, ob eine Lernsituation in Bezug auf die Ziele der Lehrkraft hinsichtlich der Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler adäquat ist.
- Vorhersagen von Unterrichtsgeschehen: Vorhersehen und Beschreiben einer plausiblen Fortentwicklung einer Unterrichtssituation als Konsequenz des Lehrerhandelns und des Schülerverhaltens.
- Handlungsalternativen generieren: Entwickeln von Handlungsalternativen zur zielgerichteten Steuerung des weiteren Unterrichtsverlaufs.

Diese Perspektiven bilden die Grundlage für die Erarbeitung von Beobachtungsaufträgen, die sowohl in universitären Seminaren der Humboldt-Universität zu Berlin, der Leibniz Universität Hannover als auch an Fachseminaren des Landes Berlin eingesetzt werden sollen. Das folgende Beispiel illustriert diesen Einsatz.

### Beispielvignette für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung

Die Unterrichtsszene der ca. 2minütigen Videovignette zeigt eine Szene aus dem Chemieunterricht eines Oberstufen-Leistungskurses mit 11 Schülerinnen und Schülern in der 12. Klassenstufe eines Gymnasiums. Die Schülerinnen und Schüler sind aufgefordert, ein Verfahren für die Bestimmung und den Vergleich der Säurestärke von Essigsäure, Salzsäure und Zitronensäure zu entwickeln. Die Metalle Zink und Magnesium standen in jeweils zwei unterschiedlichen Zerteilungsgraden zur Verfügung; die Säuren wurden in verschiedenen Konzentrationen bereitgestellt.



Abb. 1: Unterrichtsszene der Beispielvignette

In der gezeigten Gruppenarbeitsphase diskutiert eine dreiköpfige Schülergruppe ihr Experiment, dessen Durchführung, die geeignete Wahl möglicher Parameter und die Beobachtungen, um bezüglich des Arbeitsauftrages, der Planung, Durchführung und Auswertung des selbstentworfenen „einfachen Experiments zur Stärke von Säuren“ zu einem aussagekräftigen Protokoll als Lernprodukt zu kommen (Sichtstrukturebene).

Bestimmende Merkmale der Vignette sind eine offene, problemorientierte Lernsituation, in der Ansätze zur Problemlösung bei der Operationalisierung der Säurestärke generiert werden müssen, die Diskussion in der Arbeitsgruppe zur Präzision und Verlässlichkeit verschiedener Messverfahren sowie die Interaktion zwischen Fachkenntnissen und Vorstellungen zum Vorgehen bei Versuchen, um, so das zentrale Ziel der Lehrkraft, die entsprechenden Kompetenzen zu fördern (Tiefenstrukturebene).

### **Wahrnehmungsfoki von Studierenden und Referendaren**

Allgemein festzustellen ist das hoch heterogene Antwortverhalten mit Überlappungsbereichen zwischen Studierenden und Referendaren. Exemplarisch seien an dieser Stelle einige Antworten zu Wahrnehmung des Unterrichts genannt:

#### *Erkennen und Beschreiben*

Instruktion: „Nennen und beschreiben Sie die Ihrer Meinung nach wesentlichen Aspekte der gezeigten Unterrichtsszene.“

- Student A, 2. Fachsemester, Bachelor: „Schülerversuch, Schüler alleine im Raum, Lehrer stößt dazu, hält sich nur im Hintergrund auf, Schülerin kommt kurz zu den im Vordergrund stehenden Jungs, können sich nicht helfen, Schüler geben sich Mühe, aber nichts klappt.“
- Referendar A, 2. Semester, Quereinsteiger: „forschender Unterricht: selbständiges Experimente, Beobachten; Hypothesenbildung -> erste Erklärungsversuche auf Basis des Vorwissens; Austausch von Ideen → kooperative Lernform“

#### *Erklären von Intentionen*

Instruktion: „Erläutern Sie mögliche Ziele, die die Lehrkraft mit der Schaffung dieser Unterrichtssituation verfolgt haben könnte. Konkretisieren Sie auch die so geförderten Kompetenzen.“

- Student B, 2. Fachsemester, Bachelor: „Ziele dieser Unterrichtseinheit könnten die Schaffung einer realistischen wissenschaftlichen Umgebung sein, die auf die Förderung der Kernkompetenzen Bewertung, Kommunikation und Fachwissen abzielt. Bewertung: Die SuS müssen selbst eine Hypothese entwickeln und das Experiment planen. Kommunikation: Die SuS arbeiten in Kleingruppen und müssen sich gegenseitig ihre Beobachtungen erklären. Fachwissen: Grundlagenvertiefung von Konzentrationsbegriff und den Eigenschaften von Säuren und Metallen.“
- Referendar B, 2. Semester, Quereinsteiger: „Kommunikation (Sozialform GA, SuS tauschen Beobachtungen aus), Erkenntnisgewinnung (SuS beobachten die Auswirkung von unterschiedlich starken Säuren auf Metalle und deuten diese Beobachtung).“

#### *Bewerten von Lernsituationen*

Instruktion: „Bewerten Sie, inwiefern die Lernumgebung geeignet ist, diese Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu fördern.“

- Student C, 2. Fachsemester, Master: „SuS diskutieren nur untereinander, jedoch beziehen sie sich nicht auf fachliche Inhalte, SuS haben/konnten keine Erkenntnisse ziehen → Lernumgebung nicht geeignet.“
- Referendar C, 2. Semester, Quereinsteiger: „Gut geeignet (Die Schüler sind engagiert und kommen auf sinnvolle Lösungen). Es stehen alle wichtigen Materialien zur Verfügung und Vorwissen ist vorhanden.“

#### *Vorhersagen von Unterrichtsgeschehen*

Instruktion: „Skizzieren Sie den möglichen weiteren Unterrichtsverlauf, der sich an diese Arbeitsphase anschließen könnte.“

- Student D, 4. Fachsemester, Bachelor: „Die Schüler könnten ihre Ergebnisse aus den Gruppen einander vorstellen und mithilfe der Lehrkraft anhand ihrer Ergebnisse den gewünschten Fachinhalt erarbeiten, dabei können Bilder, die gemacht wurden einander gezeigt werden, etc. . Zusätzlich könnten die Schüler versuchen ihren Gedankengang zu erläutern und zu reflektieren.“
- Referendar D, 2. Semester, Quereinsteiger: „Gruppe führt Protokoll (Auswertung) zu Ende (GA), Auswertung im Plenum – Vorstellung der Ergebnisse (Protokoll) – Präsentation der Ergebnisse durch die SuS“

**Literatur**

- Lüttgens, U., Nehring, A. & Tiemann, R. (2016). Videovignetten als chemiespezifisches Instrument zur Lehrerbildung: Entwicklung und Einsatz in der ersten und zweiten Ausbildungsphase. In C. Maurer (Ed.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Tagungsband zur Jahrestagung der Gesellschaft der Didaktik der Chemie und Physik. Regensburg: Universität Regensburg, 548-550.
- Oser, F. & Patry, J.-L. (1990). *Choreographien unterrichtlichen Lernens*. Basismodelle des Unterrichts. Berichte zur Erziehungswissenschaft Nr. 89. Freiburg: Universität Freiburg.
- Reyer, T. (2004). *Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht*. Berlin: Logos-Verlag.
- Senatsverwaltung für Bildung, J. und W. (2014). *Handbuch Vorbereitungsdienst*. Berlin: Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft.
- Sherin, M.G. (2007). The development of teachers' professional vision in video clubs. In R. Goldman, P. B., S.J. Barron & J. Derry (Hrsg.), *Video research in the learning sciences* (S. 383 – 395). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Stürmer, K., Seidel, T. & Kunina-Habenicht. (2015). Unterricht wissenschaftsbasiert beobachten. Unterschiede und erklärende Faktoren bei Referendaren zum Berufseinstieg. *Zeitschrift für Pädagogik*, 3, 345–360.

Martin Peuser<sup>1</sup>  
 Michael Szogs<sup>1</sup>  
 Marvin Krüger<sup>1</sup>  
 Friederike Korneck<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Goethe-Universität Frankfurt am Main  
 Institut für Didaktik der Physik

## Veränderung von Selbstwirksamkeitserwartungen durch Microteaching

### Einleitung

Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) sind motivationale Komponenten der professionellen Lehrerkompetenz (Baumert & Kunter 2006), die im Studium, insbesondere durch Praxisphasen, beeinflussbar sind (Holzberger, Philipp & Kunter, 2013). Jedoch zeigen bisherige Studien, dass die SWE nach den ersten Lehrerfahrungen aufgrund eines Praxischocks sinken (Woolfolk Hoy, 2000).

In diesem Beitrag wird der Einfluss einer Microteaching–Lehrveranstaltung auf physikspezifische Lehrer-SWE von 60 Teilnehmerinnen und Teilnehmer untersucht. Durch ein unterstützendes Lehrsetting und der Unterrichtserprobung in Form von komplexitätsreduzierten Unterrichtsminiaturen wird erwartet, dass die SWE der Teilnehmerinnen und Teilnehmer positiv beeinflusst werden können, ein Praxischock also nicht stattfindet. Des Weiteren wird untersucht, inwieweit die Veränderung der SWE von der Unterrichtsqualität der Unterrichtsminiaturen abhängt.

### Theoretischer Hintergrund

Ende der 70er Jahre wurden SWE erstmals von Bandura als Konstrukt mit Einfluss auf das Verhalten und die selbstregulativen Fähigkeiten beschrieben:

*„It is hypothesized that expectations of personal efficacy determine whether coping behavior will be initiated, how much effort will be expended, and how long it will be sustained in the face of obstacles and aversive experiences.“* (Bandura, 1977, S. 191).

Bisherige Studien zeigen, dass die SWE einen positiven Zusammenhang mit der Unterrichtsqualität aufweisen (Holzberger, Philipp & Kunter, 2013). Zusätzlich spielen die SWE immer eine motivationale und volitionale Rolle, wenn es um Zielerreichungsprozesse geht. Die wichtigsten Informationsquellen für die SWE sind direkte und indirekte Erfahrungen, also selbst erlebte Erfahrungen bzw. Handlungsmodelle, die von außen herangetragen werden (Schwarzer & Jerusalem, 2002).

### Lehrsetting

Untersucht wurde die Microteaching–Lehrveranstaltung *Unterrichtsversuche mit Videofeedback* für Lehramtstudierende und Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst des Faches Physik. Die Seminarteilnehmerinnen und -teilnehmer planen jeweils eine abgeschlossene Unterrichtsminiatur, führen diese an einem Unterrichtstag an einer Schule zweimal durch und reflektieren im Anschluss diese Praxiserfahrung in einer schriftlichen Ausarbeitung. Sowohl die Unterrichtsplanung und die Unterrichtsdurchführung als auch die Reflexion der Unterrichtsminiaturen werden, wie in Abbildung 1 dargestellt, durch kollegiales Feedback unterstützt. Die Unterrichtsminiaturen sind sowohl in ihrer Länge (ca. 12 Minuten) als auch in der Anzahl der Schülerinnen und Schüler (halbe Klassenstärke) reduziert. Im Zentrum der Unterrichtsminiaturen steht ein Freihandexperiment aus der Mechanik.

### Hypothesen

Die Art des Feedbacks erzeugt ein konstruktives Klima, da nicht nur kritisiert und gelobt wird, sondern auch Handlungsoptionen erarbeitet werden. Die Praxiserfahrung findet in einem bewertungsfreien Raum statt, da nur die o. g. schriftliche Ausarbeitung den Leistungs-

nachweis bildet. Durch die Komplexitätsreduktion können sich die Seminarteilnehmerinnen und -teilnehmer auf Details in der Unterrichtsdurchführung konzentrieren. Aufgrund dessen wird erwartet, dass ein Praxisschock nicht stattfindet, sondern eine Steigerung der SWE erreicht wird.

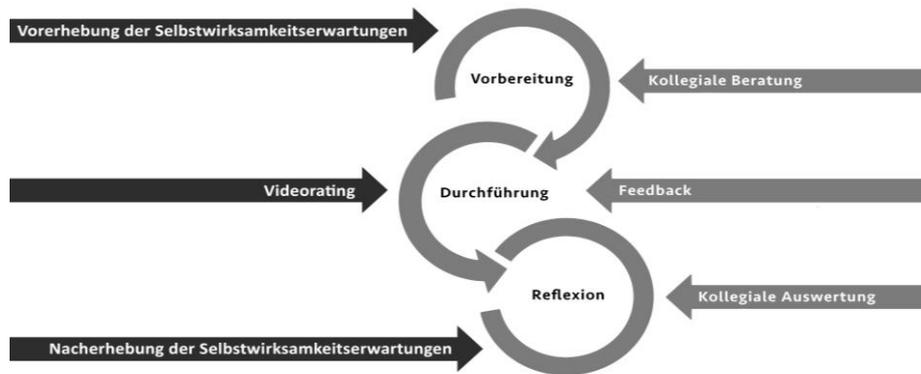


Abb. 1: Forschungs- und Lehrsetting der Veranstaltung ‚Unterrichtsminiaturen mit Videofeedback‘

### Forschungsdesign

In einer Längsschnittstudie werden vor und nach der Lehrveranstaltung die physikspezifischen Lehrer-SWE von 60 Seminarteilnehmerinnen und -teilnehmern durch einen Fragebogen erhoben. Zwischen dieser Vor- und Nacherhebung liegt eine Zeitspanne von etwa einem halben Jahr, in der Vorbereitung, Durchführung und Reflexion der Unterrichtsminiaturen stattfinden. Die SWE der Probanden werden bezüglich der Handlungsfelder *Experimentieren*, *Umgang mit Schülervorstellungen* und *Elementarisierung von Unterrichtsinhalten* erhoben, wobei diese Handlungsfelder jeweils in Planung und Durchführung unterteilt sind. Der verwendete Fragebogen wurde von Meinhardt entwickelt und stellt ein vorläufiges Ergebnis der Promotion von Meinhardt dar (vgl. (Rabe, Meinhardt & Krey, 2012)). Die Reliabilitäten der einzelnen Skalen liegen allesamt bei  $\alpha > .70$ .

Zwischen dieser Längsschnittstudie werden die Unterrichtsminiaturen videographiert, um nicht nur Anhaltspunkte für die Reflexion des Unterrichts zu bieten, sondern auch, um die Unterrichtsqualität durch ein Rating zu messen. Dies wird von vier Ratern durchgeführt (Szogs, Krüger & Korneck, in diesem Band). In dieser Arbeit dient ein Durchschnittswert aus den drei Basisdimensionen *kognitive Aktivierung*, *konstruktive Unterstützung* und *Klassenführung* als Maß der Unterrichtsqualität.

### Ergebnisse

Abbildung 2 stellt die Effektstärken für die Änderungen der SWE von 60 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern für die einzelnen Skalen dar. Die Ergebnisse zeigen, dass ein Praxisschock in dieser Veranstaltung nicht stattfindet. Insbesondere die SWE bezüglich der Planung von Experimenten werden durch das Seminar sogar gesteigert ( $d=.60$ ,  $p=.001$ ). Auch der Gesamtscore der physikspezifischen Lehrer-SWE weist eine positive Tendenz auf. Insgesamt werden die Planungsaspekte positiver als die Durchführungsaspekte beeinflusst.

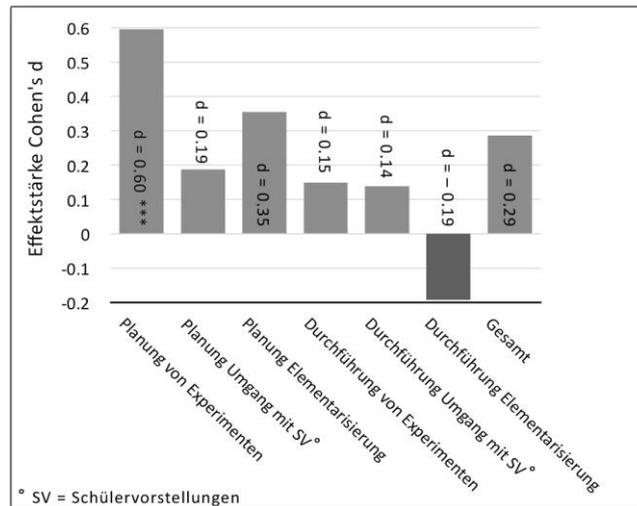


Abb. 2: Effektstärken auf die physikspezifischen Lehrer-SWE

Abbildung 3 zeigt die Effektstärken in Abhängigkeit von der Unterrichtsqualität. Die 60 Probanden wurden entsprechend ihrer Unterrichtsqualität in drei gleich große Gruppen eingeteilt, sodass ein Extremgruppenvergleich möglich ist.

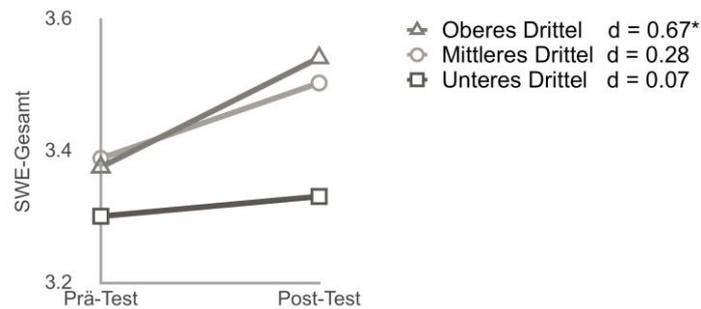


Abb. 3: Veränderung des Gesamtscores der SWE - Extremgruppenvergleich.

In dieser Abbildung wird deutlich, dass in keiner der drei Gruppen ein Rückgang der SWE stattfindet. Aus den Effektstärken ist erkennbar, dass eine erhöhte Unterrichtsqualität zu einer Steigerung der SWE führt, sodass das Drittel, welches die beste Unterrichtsqualität gezeigt hat, ihre SWE signifikant steigern konnte. Ausführlichere Daten und Analysen finden sich in Peuser (2016).

### Zusammenfassung

Die Hypothese, dass in dieser Lehrveranstaltung kein Praxisschock stattfindet, kann bestätigt werden. Dies zeigt sich auch daran, dass sogar das Drittel der Studierenden mit der niedrigsten Unterrichtsqualität ihre SWE aufrechterhalten konnte. Die aufgeführten Ergebnisse sprechen dafür, dass diese Lehrveranstaltung durch ihr unterstützendes Setting dazu geeignet ist, angehende Physiklehrkräfte auf Praxisphasen vorzubereiten.

Als nächster Schritt könnte untersucht werden, inwieweit ein Praxisschock während des Referendariats abgefedert wird, wenn in der Vorbereitung eine vergleichbare Lehrveranstaltung stattgefunden hat.

**Literatur**

- Bandura, A. (1977). Self-Efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. *Psychological Review*, 1977, 84 (2) (S. 191-215).
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9. Jahrg., Heft 4/2006 (S. 469-520).
- Holzberger, D., Philipp, A. & Kunter, M. (2013): How Teachers' Self-Efficacy Is Related to Instructional Quality: A Longitudinal Analysis. In: *Journal of Educational Psychology* 105(3):774.
- Kunter, M., & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften - Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster: Waxmann.
- Peuser, M. (2016). Selbstwirksamkeitserwartungen als Teil der professionellen Kompetenz angehender Physiklehrkräfte – Einflüsse einer Microteaching-Lehrveranstaltung auf physikspezifische Lehrerselbstwirksamkeitserwartungen. *Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der 1. Staatsprüfung, Goethe Universität, Frankfurt am Main.*
- Rabe, T., Meinhardt, C., Krey, O. (2012). Entwicklung eines Instruments zur Erhebung von Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 18, 2012 (S. 293-315).
- Szogs, M., Krüger, M., Korneck, F. (in diesem Band). Erhebung von Unterrichtsqualität mittels hochinferenter Videoratings - Das Ratingmanual der  $\Phi$ actio-Studie.
- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. *Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 44*, (S. 28–53).
- Woolfolk Hoy, A. (2000). Changes in Teacher Efficacy During the Early Years of Teaching. In: *Qualitative and Quantitative Approaches to Examining Efficacy in Teaching and Learning*. American Educational Research Association, New Orleans, LA. Session 43:22.

## Sind Concept-Maps ein valides Messinstrument für konzeptuelles Lernen?

### Einführung

Die vorliegende Analyse von Concept Maps ergab sich aus einem größeren Promotionsprojekt heraus. Dabei war das Ziel, sowohl die Vorstellungen von SchülerInnen am Ende der Sekundarstufe 2 zum Thema elektromagnetische Strahlung zu untersuchen, als auch das Potential von größeren Forschungsprojekten für SchülerInnen inklusive eines schriftlichen Berichts als fachliche Lerngelegenheit zu ermitteln. Im vorliegenden Fall sollten die SchülerInnen die Vorstellungen von anderen SchülerInnen erheben und dokumentieren. Der fachliche Kontext war dabei elektromagnetische Strahlung. Als „Nebenprodukt“ wurden erweiterte Mind-Maps eingesetzt um den Lernfortschritt der SchülerInnen zu messen.

### Stand der Forschung

Betrachtet man die Literatur zum Thema Mind- bzw. Concept Maps, so zeigt sich eine große Bandbreite an Verwendungszwecken. Mind- und Concept Maps werden nicht nur als Werkzeuge zum besseren Lernen im Unterricht benutzt. Sie werden ebenso als Werkzeug in qualitativen Studien verwendet, aber auch als Messinstrument für Wissen und den Wissenszuwachs eingesetzt. Nesbit & Adesope (2006) fanden in ihrer Metastudie mehr als 500 peer-reviewte Artikel im Bereich Unterricht und Psychologie, welche sich mit dem Thema Concept Map auseinandersetzten.

Novak & Gowin (1984) beschrieben die Erstellung einer Concept Map als Erste. In weiterer Folge wurde diese Methode in verschiedenen Disziplinen des naturwissenschaftlichen Unterrichts, vor allem in der Biologie eingesetzt. Mintzes, Wandersee & Novak (2001) verwendeten Concept Maps als Messinstrument für biologisches Fachwissen in verschiedensten Altersstufen und griffen dafür auf ein von Thompson & Mintzes (2002) entwickeltes Bewertungssystem zurück. In diesen Studien wird immer wieder auf die Notwendigkeit hingewiesen, dass die Erstellung von Concept Maps vor dem Einsatz erlernt werden müsse. Die SchülerInnen benötigen also eine „Einschulungsphase“ um das Instrument Concept Map zu lernen. Ist dies der Fall so sind Concept Maps nach Mintzes et al. (2001) eine sehr gute Strategie um Fachwissen zu messen.

Edmondson (2000) zeigte auf, dass Concept Maps sehr effektiv verschiedene Dimensionen des Wissens der SchülerInnen darstellen. Kritisch hinterfragt er dabei jedoch die Validität und die Reliabilität des Instruments. Ruiz-Primo & Shavelson (1996) wiesen davor schon auf dieses Problem hin und stellen die große Varietät von Concept-Maps und deren stark differierende Anwendung dar. Pearsall, Skipper & Mintzes (1997) befassen sich in ihrer Untersuchung ebenfalls mit dieser Problematik, wobei sie Studien zitieren, welche die Validität und Reliabilität des Instruments Concept-Map untersuchen und bestätigen. In Summe scheint eine Forschungslücke zu existieren, welche die Validität dieses Instruments betrifft.

Mind-Maps wurden in der Literatur (Buzan & Buzan, 1993) bisher eher als Lerninstrument verwendet. Dabei fokussiert die Anwendung oft auf den Prozess des Brainstormings und fungiert in diesem als Werkzeug der Strukturierung. Im Unterschied zu Concept Maps liegt der Mind-Map nicht zwingend eine hierarchische Strukturierung oder Ordnung zu Grunde. Ein zusätzlicher Nachteil der Mind-Map ist, dass die Verbindungen zwischen den einzelnen Begriffen in der Mind-Map von den SchülerInnen weder erklärt werden, noch diese aus einer Mind-Map ablesbar sind.

In der vorliegenden Studie wurden versucht die Vorteile der beiden Methoden zu verbinden. Ziel war es ja etwas über die Vorstellungen der SchülerInnen zum Thema Strahlung herauszufinden. Die SchülerInnen wurden daher aufgefordert eine Ordnung zu inkorporieren und diese danach mündlich zu erklären. Es liegt also eine Mischform der beiden Methoden vor, eine Art erweiterte Mind-Map.

### Datenerhebung

Im Lauf des Projekts wurden an mehreren Zeitpunkten Daten in unterschiedlicher Form erhoben (siehe Abbildung 1). Für die vorliegende Auswertung wurden vor allem die Interviews und die darin erstellten Mind-Maps herangezogen. Die restlichen Daten dienen zur Triangulation der Ergebnisse.

### Fallbeispiele

**Fall 1:** Zeigte sich in der ersten Mind-Map (Abbildung 2 links) noch eine recht willkürliche Ordnung, so kann in der zweiten Mind-Map (Abbildung 2 rechts) das elektromagnetische Spektrum klar verortet werden (der Rahmen wurde vom Autor eingefügt). Die erste Mind-Map zeigt eine Struktur, die eine Ordnung von oben nach unten beinhaltet. Die linke Seite weist eine Fokussierung auf nicht-ionisierende Strahlung auf. Dabei fällt das völlige Fehlen der ionisierenden Strahlung ins Auge. Diese kommt ebenso wie die sichtbare Strahlung nicht vor, obwohl die Sonne erwähnt wird. Eine fachliche Ordnung im Sinn des elektromagnetischen Spektrums lässt sich jedoch nicht erkennen. Eine solche fachliche Ordnung wäre am Ende der Schulzeit zu erwarten gewesen. Die fachliche Ordnung findet sich in der zweiten Mind-Map. Die Schülerin ordnet die verschiedenen Strahlungsarten an und begründet diese Anordnung auch mit dem Spektrum. Überraschend ist die starke Reduktion der Begriffe in

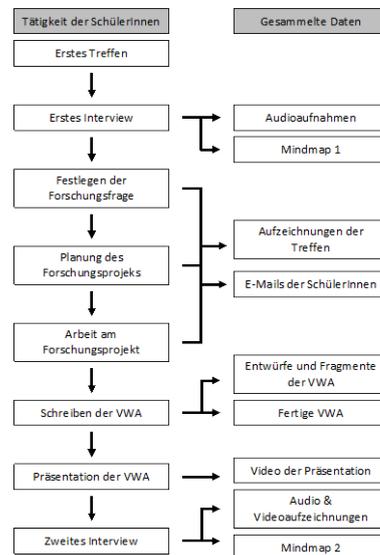


Abb. 1

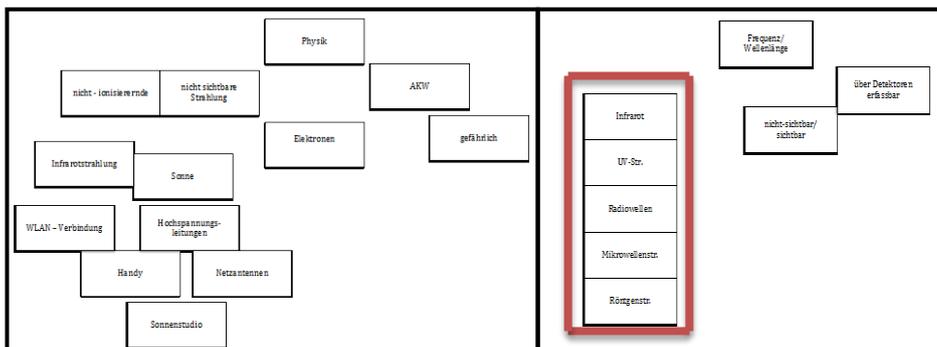


Abb. 2

der zweiten Mind-Map. Umso mehr als das die betreffende Schülerin im Interview ein großes konzeptuelles Wissen zeigte.

**Fall 2:** Die Schülerin zeigte in ihrer zweiten unteren Mind-Map (Abbildung 3) einen ungeheuren Anstieg in der Anzahl der Assoziationen.

Zusätzlich bilden sich in der Mind-Map zwei fachliche Prinzipien (Einteilung nach der Ionisation. Einteilung nach dem Spektrum.) ab, was darauf hindeutet, dass sie die Prinzipien

verstanden hat. Dies wird umso deutlicher, wenn die erste Mind-Map betrachtet wird. Dort findet sich, abgesehen von dem Block mit der Radioaktivität, kaum eine Ordnung. Dieser auf den ersten Blick erfreulicher Befund wird durch die Erkenntnisse aus den Interviews und dem geschriebenen Text leider konterkariert. Im Text finden sich nicht nur fachliche Fehler. Die Schülerin gibt auch falsche Vorstellungen von anderen SchülerInnen wieder und erkennt diese auch als aus ihrer Sicht richtig an. So schreibt sie, dass ein Schüler richtig erkannte, dass: „Die Mikrowellen bewegen die Wasser Moleküle in den z.B. Speisen, das führt zu Reibung und somit zu Wärme.“. Dass dies ein Fehlkonzept ist, hätte sie in der fachlichen Recherche lernen sollen. Dies ist offensichtlich nicht geschehen.

### Schlussfolgerung

Aus dem Vergleich der Fälle lassen sich verschiedene Schlüsse ziehen. So scheint es, dass die SchülerInnen nur auf einer oberflächlichen Ebene gelernt haben. Die Lernfortschritte sind nicht so groß wie gewünscht, vor allem im Hinblick auf ein konzeptuelle fachliches Verständnis. Dennoch ist die Erstellung einer Vorwissenschaftlichen Arbeit (VWA) auch aus fachlicher Sicht nicht komplett wirkungslos. Basale Konzepte (Spektrum) wurden bei der Arbeit an der VWA gelernt und konnten mehr oder weniger fachlich korrekt im Interview und im Text wiedergegeben werden. Problematisch ist jedoch der große Aufwand den das Erstellen darstellt, welcher in keiner Relation zu dem fachlichen Lernen steht. Dass durch diese Arbeit auch Metakompetenzen wie Recherchieren und Zitieren gelernt werden, mildert die Kritik etwas ab. So gaben die SchülerInnen im Abschlussinterview auch immer wieder an, dass sie vor allem im Bereich Zeitmanagement dazugelernt hätten.

Spannend an den beiden obigen Fällen ist nun, dass sie der Annahme widersprechen, dass es möglich ist mittels Mind- oder Concept Maps valide den Lernprozess zu messen. Diese Annahme beruht darauf, dass eine größere, dichtere Mind-Map mit inkorporierten fachlichen Konzepten ein gutes Verständnis der Konzepte widerspiegelt. Um dies zu Überprüfen, wurden Interviews mit den SchülerInnen geführt und deren VWA-Texte analysiert. So zeigte sich, dass Fall 1 bei großem Verständnis der Konzepte eine Verkleinerung der Mind-Map aufweist. Bei Fall 2 ist eine Umkehrung der Fall. Die Schülerin hatte kein gutes Verständnis bezogen auf verschiedene Strahlungskonzepte, produzierte jedoch eine sehr große und dichte Mind-Map.

Diese beiden Fälle weisen darauf hin, dass die Validität des Instruments Mind-Map in Zweifel gezogen werden sollte. Vor allem dann, wenn es um konzeptuelle Lernprozesse geht.

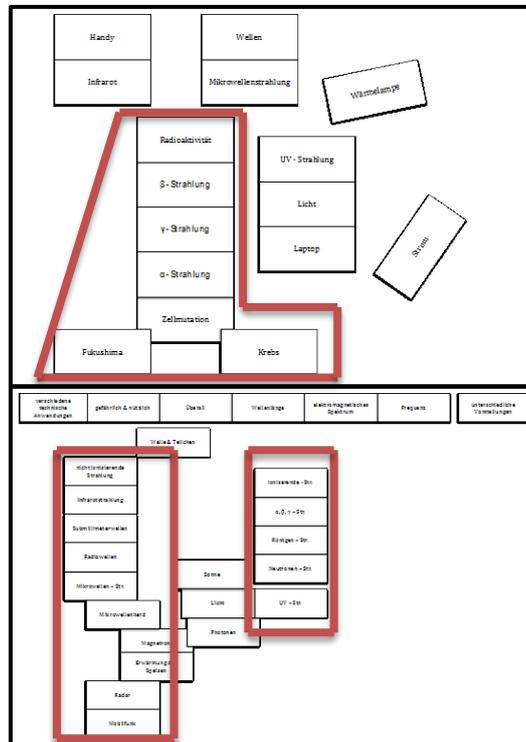


Abb. 3

**Literatur**

- Buzan, T., & Buzan, B. (1993). *The mind map book*. London, BBC Books.
- Edmondson, K. M. (2000). Assessing science understanding through concept maps. In: Mintzes, J. J., Wandersee, J. H. & Novak, J. D. (Hrsg.), *Assessing science understanding*. San Diego: Academic Press, 15-40
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (2001). Assessing understanding in biology. *Journal of biological education*, 35 (3), 118-124
- Nesbit, J. C., & Adesope, O. O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: A meta-analysis. *Review of educational research*, 76 (3), 413-448
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- Pearsall, N. R., Skipper, J. E. J., & Mintzes, J. J. (1997). Knowledge restructuring in the life sciences: A longitudinal study of conceptual change in biology. *Science Education*, 81 (2), 193-215
- Ruiz-Primo, M. A., & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of research in science teaching*, 33 (6), 569-600
- Thompson, T. L., & Mintzes, J. J. (2002). Cognitive structure and the affective domain: on knowing and feeling in biology. *International Journal of Science Education*, 24 (6), 645-660

## **Kautschuk aus Löwenzahn als Ersatzstoff im Zweiten Weltkrieg Lernen *über* Chemie durch Verknüpfung von Geschichte und Chemie**

### **Einleitung**

Gegenwärtig beschäftigen sich Forscher verschiedener Institutionen damit, Naturkautschuk statt herkömmlicherweise aus dem Kautschukbaum *Hevea brasiliensis* aus den Wurzeln einer russischen Löwenzahnart, *Taraxacum kok-saghyz*, zu gewinnen. Diese Idee ist nicht neu. Denn schon in den 30er und 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts gab es unter anderem in Deutschland, der Sowjetunion und in den USA intensive Bestrebungen, diese alternative Quelle des wertvollen Rohstoffs nutzbar zu machen. In den von Deutschland besetzten Gebieten wurden im Zweiten Weltkrieg Löwenzahnpflanzen angebaut und in einem Nebenlager des Konzentrationslagers Auschwitz chemische und biologische Analysen an Pflanzen und Rohstoffen durchgeführt. Eine Versuchsstation bei Auschwitz, die unter der Leitung der „SS“ stand, unterstützten auch Wissenschaftler aus dem Institut für Pflanzenzüchtungsforschung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, der Vorgängerorganisation der heutigen Max-Planck-Gesellschaft.

Die Annäherung an dieses aktuelle Thema über seine historische Seite bildet eine Ergänzung zu bereits erarbeiteten Schülerexperimenten zur Gewinnung und zum Nachweis des Kautschuks aus den Löwenzahnwurzeln (vgl. Göbel, Gröger, zur Veröffentlichung in PdN-ChiS angenommen). Im Folgenden wird dargelegt, inwiefern ein Einbezug von Aspekten über die Natur der Naturwissenschaften möglich ist. Es wird dargestellt, wie das Zusammenspiel von Chemie und Gesellschaft, Wissenschaft und Politik aufgezeigt werden kann. Abschließend wird ein konkretes Beispiel für eine Verknüpfung mit dem Geschichtsunterricht vorgestellt.

### **Erwerb von Wissen über die Natur der Naturwissenschaften**

In einer Vielzahl von Veröffentlichungen werden Ziele zum Lernen über Wissenschaftsgeschichte (vgl. Stork, 1985) sowie über die „Natur der Naturwissenschaften“ beschrieben (vgl. u.a. Höttecke & Henke, 2010, Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002).

Zur Rolle der Naturwissenschaftsgeschichte im naturwissenschaftlichen Unterricht benennt Stork vier Ziele, die durch „zeitweilige Einbeziehung von Wissenschaftsgeschichte in den Unterricht“ erreicht werden können (Stork, 1985, S. 297).

Mithilfe der Chemiegeschichte kann man ...

- (1) manche Unterrichtsinhalte sachlich besser verständlich machen.
- (2) Charakteristika der empirischen Naturwissenschaft Chemie verdeutlichen.
- (3) Chemie als Ergebnis der Tätigkeit kreativer, kooperierender Menschen herausstellen.
- (4) externe Einflüsse auf die Entwicklung der Chemie aufzeigen. (vgl. Stork, 1985, S. 297)

Das Ziel, externe Einflüsse auf die Entwicklung der Chemie aufzuzeigen, kann anhand der Kautschukforschung im Zweiten Weltkrieg gelingen. Zusätzlich wird auch einer der von Lederman et al. benannten unterrichtsrelevanten Aspekte von *nature of science* durch Thematisierung der Kautschukforschung zur Zeit des Zweiten Weltkriegs im

Chemieunterricht behandelt: Der soziale und kulturelle Einfluss auf naturwissenschaftliches Wissen.

*Science, it follows, affects and is affected by the various elements and intellectual spheres of the culture in which it is embedded. These elements include [...] social fabric, power structures, politics, socioeconomic factors, philosophy, and religion.* (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002, S. 501)

Mit Bezug auf diesen Faktor der Natur der Naturwissenschaften können folgende Aspekte im Chemieunterricht diskutiert werden:

- das Eingreifen der Politik in wissenschaftliche Abläufe
- der Ursprung des heutigen Wissens über den Löwenzahn als Kautschukträger
- die Bedingungen wissenschaftlichen Arbeitens zur Zeit des Zweiten Weltkriegs
- die Beweggründe für die Forschung am russischen Löwenzahn
- Wissenschaft und Forschung heute

### **Zusammenspiel von Wissenschaft und Politik im Zweiten Weltkrieg**

Die Beeinflussung von Forschung durch kulturelle, politische und sozioökonomische Faktoren im Zweiten Weltkrieg wird Lernenden unter anderem anhand der folgenden Aspekte zur Ersatzstoffforschung am Löwenzahn deutlich:

Als die deutschen Besatzer die Sowjetunion erreichten, beschlagnahmten sie Maschinen, Saatgut und wissenschaftliche Arbeiten. Sie gaben den Befehl zur Kinderarbeit in den von Deutschland besetzten Gebieten. In Rajsko bei Auschwitz wurden chemische und biologische Experimente sowie Anbauversuche des Löwenzahns unter der Leitung der „SS“ von KZ-Häftlingen durchgeführt und von der Politik in Deutschland gefördert und finanziell unterstützt. Chemiker der Continental-Werke und der IG Farben entwickelten Verfahren zur Verarbeitung des Löwenzahnkautschuks und fertigten Prototypen an (vgl. Heim, 2003).

Die oben genannten Aspekte können anhand von Primär- und Sekundärliteratur erarbeitet werden. Beispielhaft sollen hier zwei Originalzitate von Häftlingsfrauen aus der Pflanzenzuchtstation in Rajsko bei Auschwitz angeführt werden:

*Seine leichten, leisen Schritte zwingen uns, ständig auf der Hut zu sein. Er steht dauernd hinter uns, versucht alles zu kontrollieren und besteht darauf, dass es unsere Pflicht sei, ehrlich zu arbeiten und die volle Produktionskapazität zu erreichen.* (Originalzitat von Eva Tichauer über einen der Aufseher, in: Heim, 2003, S. 289)

*Aus jeder Wurzel wurde ein bis 7 cm langer Teil herausgeschnitten, in ein Reagenzglas getan und die Wurzel mit einer Sodalaugel begossen [...] und gekocht [...]. Die Lauge veranlasste die Vernichtung der Zellulose. Nach dem Kochen [...] stellte man die Kisten in die Schüttelmaschine, die durch einen elektrischen Motor angetrieben, die Kisten in horizontaler Bewegung schüttelte. Nach etwa 1/2 Stunde dieses Schüttelns und der Bewegung der Kugeln, die [...] die Absonderung der Kautschukreste vom Sud zur Folge hatte, goss man den Inhalt der ‚Becher‘ auf ein Sieb und entnahm mit einer Pinzette den reinen Kautschuk.* (Zięba, 1966, S. 89-90)

Unter ehemaligen Häftlingsfrauen wird weiterhin von Sabotage berichtet, welche als eine Form des Widerstandes angesehen werden kann: Sie verbrannten gesundes Saatgut, beschmutzten die Blüte bei der Bestäubung, vertauschten die Nummerierung der Pflanzen, oder begossen sie mit Chemikalien, damit sie verdarben (vgl. Shelley, 1991, S.242).

### **Fächerverbindendes Arbeiten zwischen Chemie- und Geschichtsunterricht**

In einem geschichtssensiblen Chemieunterricht oder in Fächerverbindung des Chemieunterrichts mit dem Geschichtsunterricht lassen sich im Rahmen einer Reihe zum Nationalsozialismus in der Oberstufe Zwangsarbeit und Widerstand einmal aus einer anderen Perspektive betrachten. Im Folgenden werden einige Beispiele für Arbeitsaufträge genannt, die an Primär- und Sekundärliteratur anschlussfähig sind und die eigenständige Recherche der Schülerinnen und Schüler einschließen.

- Erläutern Sie die Arbeitsbedingungen und Lebensumstände der Zwangsarbeitenden in der Löwenzahnforschung. Vergleichen Sie sie mit der Lage von Zwangsarbeitenden in anderen Einsatzbereichen im Dritten Reich.
- Nennen Sie Formen und erarbeiten Sie die Motive des Widerstands der in der Löwenzahnforschung eingesetzten Zwangsarbeitenden. Recherchieren Sie mögliche Folgen der Entdeckung und diskutieren Sie vor diesem Hintergrund die Handlungsmöglichkeiten der Gefangenen.
- Erläutern Sie, was die Wissenschaftler bei ihrer Forschung am russischen Löwenzahn angetrieben hat und fassen Sie zusammen, welche Mittel eingesetzt wurden, um das Ziel zu erreichen.
- Erläutern Sie, wie Forschung heute funktioniert. Stellen Sie Informationen über die Lenkung von Wissenschaft heutzutage zusammen. Nehmen Sie dazu auch das Internet zu Hilfe.

Folgende übergeordnete Kompetenzen können dadurch u.a. gefördert werden (beispielhaft dargelegt den Kernlehrplänen des Landes Nordrhein-Westfalen für Geschichte und Chemie, 2014):

Die Schülerinnen und Schüler...

- können fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Maßstäbe bei Bewertungen von naturwissenschaftlich-technischen Sachverhalten unterscheiden und angeben.
- können an Beispielen von Konfliktsituationen mit chemischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und ethisch bewerten.
- können begründet die Möglichkeiten und Grenzen chemischer und anwendungsbezogener Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.
- erörtern angeleitet die Aussagekraft von Argumenten aus historischen Deutungen unter Berücksichtigung von Standort- und Perspektivenabhängigkeit.
- bewerten angeleitet historische Sachverhalte unter Benennung der wesentlichen jeweils zu Grunde gelegten Kriterien.

### **Zusammenfassung**

Die Thematisierung der Kautschukgewinnung aus Löwenzahn vor dem Hintergrund der chemischen Ersatzstoffforschung im Zweiten Weltkrieg bietet nicht nur eine Beschäftigung mit den Fachinhalten, sondern auch einen Gesellschaftsbezug und somit die Möglichkeit, auch kritische Fragestellungen zu diskutieren. Es lässt sich festhalten, dass die Behandlung dieses Themas bereits ein grundlegendes Verständnis über die Natur der Naturwissenschaften erfordert. Denn im hier beschriebenen Fall geht es nicht, wie sonst häufig, um ein Verständnis dessen, wie Wissenschaftler arbeiten und wie sie zu neuem Wissen gelangen, sondern vielmehr um eine Metaebene, auf der über Wissenschaft nachgedacht wird.

**Literatur**

- Göbel, M., Gröger, M. (zur Veröffentlichung in PdN-ChiS angenommen). Alternative Kautschukquellen am Beispiel des russischen Löwenzahns experimentell erschließen
- Heim, S. (2003). Kalorien, Kautschuk, Karrieren. Göttingen: Wallstein-Verlag
- Höttecke, D., Henke, A. (2010). Über die Natur der Naturwissenschaften lehren und lernen. NiU-Chemie, 21 (118/119), 2-7
- 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
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2014). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Chemie.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2014). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Geschichte.
- Shelley, L. (1991). *Criminal experiments on human beings in Auschwitz and war research laboratories*. San Francisco: Mellen Research University Press
- Stork, H. (1985). Zur Rolle der Naturwissenschaftsgeschichte im naturwissenschaftlichen Unterricht, vor allem im Chemieunterricht. *Chemiker-Zeitung* 109(9), 293–301
- Zięba, A. (1966). Das Nebenlager Rajsko. *Hefte von Auschwitz*, 9, 75-108

## Effektivität von Lernleitern im Chemieunterricht der Sekundarstufe I

### Theoretischer Hintergrund

#### *Lernleiter als Strukturierungsform von Unterricht*

Der Einsatz von Lernleitern im Unterricht bietet Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, neue Inhalte strukturiert und gemäß ihrer individuellen Lernvoraussetzungen zu erlernen (Girg, Lichtinger & Müller, 2012). Lernen kann gemeinhin als individuelles Nachkonstruieren aufgefasst werden (Baumert & Köller, 2000). Individuelles Lernen heißt zudem kumulativ, wenn neues Wissen mit bereits bestehendem Wissen so vernetzt werden kann, dass die Wissensstruktur des Lernenden dahingehend verändert wird, dass ein vertieftes Verständnis entsteht (Baumert & Köller, 2000; Gagné, 1973). Es wurde festgestellt, dass im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht zu wenig kumulativ gelernt wird. Demzufolge sind die Schülerinnen und Schüler nicht in der Lage, die Inhalte ausreichend im Kopf zu vernetzen und zu strukturieren (BLK, 1997; ISB, 2002). Snow (1989) zeigte in seiner Aptitude-Treatment Interaction (ATI) Studie, dass Lernen insbesondere bei lernschwachen Schülerinnen und Schüler besser gelingt, wenn neue Inhalte den Schülerinnen und Schülern strukturiert vermittelt werden.

Eine mögliche Form der Strukturierung von Unterricht bietet die Lernleiter. Hierbei handelt es sich um eine Strukturierungshilfe, die den Lerninhalt in kleinschrittige Lernsequenzen, sogenannte *Milestones*, gliedert. Innerhalb einer Lernleiter weist jeder *Milestone* (siehe Abbildung 1) eine innere Prozessstruktur auf, die wiederum den Unterrichtsgang strukturiert (Girg, Lichtinger & Müller, 2012). Nach Meyer (2003; 2014) können zwei Formen der Unterrichtsstrukturierung unterschieden werden: (1) eine plausible Untergliederung des Unterrichtsinhalts (Inhaltsstruktur) sowie (2) die deutliche Markierung der einzelnen Unterrichtsschritte (Prozessstruktur). Eine Strukturierungshilfe, die den Inhalt strukturiert, ohne dabei die Prozessstruktur zu berücksichtigen, ist der auf David Ausubel (1960) zurückgehende Advance Organizer. Ein Advance Organizer geht der eigentlichen Wissensvermittlung mit dem Ziel voraus, die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler durch eine höhere Transparenz der Inhaltsstruktur zu verbessern (vgl. z. B. Holländer, 2010). Diese Studie nimmt mit der Lernleiter eine Strukturierungshilfe in den Blick, die sowohl zu einer Inhalts- als auch zu einer veränderten Prozessstruktur und damit zu einem erhöhten Maß an Strukturierung führt. Darüber hinaus kann die Lernleiter mit einer Differenzierung gekoppelt werden. Die Lernmaterialien zur Lernleiter wurden im Rahmen des nordrhein-westfälischen Projekts „Ganz In“ gemeinsam mit Lehrerinnen und Lehrern in mehreren Arbeitstreffen zum Themenfeld *Atombau* für die 8. Klasse erstellt. Die in der Studie eingesetzte Lernleiter umfasst insgesamt drei *Milestones*, wobei jeder *Milestone* aus fünf Bausteinen besteht, die nacheinander durchlaufen werden. Jeder *Milestone* beginnt mit einer

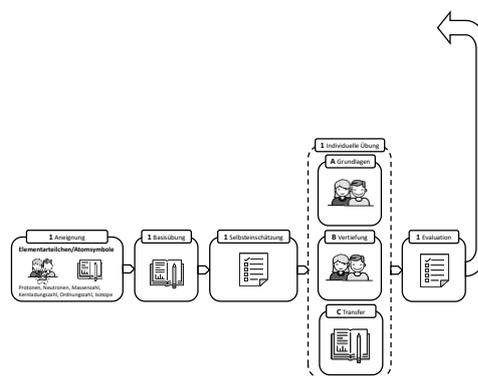


Abb. 1: Milestone einer Lernleiter

„Aneignungsphase“, in der in einen neuen Lerninhalt eingeführt wird. Es schließt sich eine „Basisübung“ an, in der die Inhalte der Aneignung in Aufgaben angewendet werden sollen. Auf die Basisübung folgt eine „Selbsteinschätzung“, bei der die Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Fähigkeiten mit Hilfe eines Selbsteinschätzungsbogens selbstständig beurteilen (vgl. Kallweit, 2014). Abhängig von ihrer Selbsteinschätzung wird den Schülerinnen und Schüler ein Arbeitsblatt zugeordnet, dessen Aufgaben an das jeweilige Leistungsniveau angepasst sind. In der sich anschließenden „Individuellen Übungsphase“ bearbeiten die Schülerinnen und Schüler das zugeordnete Arbeitsblatt. Jeder *Milestone* schließt mit einer „Evaluation“, in der ein Multiple-Choice-Test im Single-Select-Format eingesetzt wird. Dieser Fachwissenstest enthält Items zu den Inhalten des jeweiligen *Milestones* und dient einerseits als Leistungskontrolle für Lehrende und Lernende, andererseits soll auf diese Weise die Lernprogression im Verlauf der Bearbeitung der Lernleiter nachvollzogen werden. Der Baustein der individualisierten Übungsphase ermöglicht die Kopplung der Strukturierung mit der Binnendifferenzierung und somit die Kombination der beiden Interventionsmaßnahmen dieser Studie.

#### *Differenzierung*

Die deutsche Schülerschaft ist geprägt von Heterogenität, die sich unter anderem im Vorwissen, im Lerntempo, im Interesse und in der kognitiven Begabung widerspiegelt. Für einen erfolgreichen Lernprozess eines jeden Lernenden ist es erforderlich, die individuellen Lernvoraussetzungen im Unterricht zu berücksichtigen (Bohl, Bönsch, Trautmann & Wischer, 2012). Um den Unterricht entsprechend zu gestalten, bietet sich eine Binnendifferenzierung an, mit der „alle jene Differenzierungsformen [gemeint sind], die innerhalb einer gemeinsam unterrichteten Klasse oder Lerngruppe vorgenommen werden“ (Klafki & Stöcker, 1976). Eine mögliche Differenzierungsform ist die Einteilung der Schülerschaft nach ihrer Leistungsfähigkeit. Dies ermöglicht die Bearbeitung von Aufgaben, die an das jeweilige Leistungsniveau angepasst sind (Meyer, 2014).

Bisherige Studien zur Binnendifferenzierung zeigen für das Fach Chemie positive Ergebnisse. In einer Studie von Kallweit (2014) wurden Selbsteinschätzungsbögen in einer Unterrichtseinheit zur individuellen Förderung eingesetzt. Bezüglich des Fachwissenszuwachses wirkte die Intervention gleichermaßen auf verschiedene Fähigkeitsniveaus der Schülerinnen und Schüler. Eine Studie von Anus (2015) kam zu dem Ergebnis, dass die individuelle, diagnosegestützte Aufgabenzuordnung eine mögliche Methode zur Integration individueller Förderansätze im Chemieunterricht darstellt und sich positiv auf die Lernleistung auswirkt. Während in beiden Studien eine Parallelisierung der Probanden in die verschiedenen Gruppen erfolgte, wird in dieser Studie eine Untersuchung mit einer natürlichen Gruppierung der Untersuchungsteilnehmer (Klassen) durchgeführt. Die Differenzierung soll durch den Einsatz der Lernleiter mit einer verstärkten Strukturierung gekoppelt werden.

#### **Forschungsprojekt**

##### *Forschungsfragen*

Ziel dieser Studie ist es, den Einfluss der Lernleiter-Methode auf kognitive und affektive Schülervariablen zu untersuchen. Dabei sollen die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:

FF1: Inwieweit führt die Strukturierung des Unterrichts durch die Lernleiter zu einem größeren Lernerfolg bezüglich des Fachwissens im Vergleich zur Strukturierung von Unterricht durch einen Advance Organizer?

FF2: Inwieweit führt die Binnendifferenzierung nach Leistungsfähigkeit zu einem größeren Lernerfolg bezüglich des Fachwissens im Vergleich zu einem nicht differenzierenden Unterricht?

FF3: Inwieweit weist die Kombination der beiden Interventionsmaßnahmen Binnendifferenzierung und Strukturierung Interaktionseffekte auf?

#### Studiendesign

Es wird eine Prä-Post-Kontrollgruppenstudie im 2x2-Design durchgeführt, wodurch sich die vier in Abbildung 2 aufgeführten Interventionsgruppen A, B, C und D ergeben. Gruppe A erhält beide Interventionsmaßnahmen, während Gruppe B zwar mit der Lernleiter (LL), aber ohne eine Binnendifferenzierung (BD) unterrichtet wird. Anstelle einer Differenzierung erhalten die Schülerinnen und Schüler Aufgaben mit einem mittleren Anforderungsniveau. Gruppe C arbeitet ohne die Lernleiter, aber mit denselben Materialien einschließlich der Binnendifferenzierung. Als Strukturierung erhält diese Gruppe einen Advance Organizer (AO). Gruppe D wird ebenfalls mit einem Advance Organizer, aber ohne eine Binnendifferenzierung unterrichtet und dient somit als Kontrollgruppe. Die Probanden der Gruppe D erhalten wie die der Gruppe B Aufgaben mit einem mittleren Anforderungsniveau.

<b>A</b>	LL BD	<b>B</b>	LL Keine BD
<b>C</b>	AO BD	<b>D</b>	AO Keine BD

Abb. 2: 2x2-Studiendesign  
(LL: Lernleiter,  
BD: Binnendifferenzierung,  
AO: Advance Organizer)

Die Intervention soll in der Hauptstudie jeweils in vier Parallelklassen an vier bis fünf Gymnasien in Nordrhein-Westfalen stattfinden und circa zehn Unterrichtsstunden umfassen.

#### Testinstrumente

Als Testinstrumente werden zum Prä-Messzeitpunkt ein Schülerfragebogen und ein Lehrerfragebogen verwendet. Der Schülerfragebogen enthält einen Kognitiven Fähigkeitstest und einen Fachwissenstest im Multiple-Choice-Single-Select-Format. Zudem werden das Fachinteresse, das Sachinteresse, die Motivation sowie das Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler erhoben. Der Lehrerfragebogen dient dazu, die Einstellung der Lehrpersonen zur Binnendifferenzierung und zur Strukturierung allgemein zu erfassen. Während der Intervention wird ein Implementationstagebuch die Studie begleiten, in dem die Lehrkräfte z. B. Unklarheiten bezüglich des Lernmaterials festhalten. Außerdem werden an drei Messzeitpunkten das situationale Interesse einerseits und das Fachwissen der Lernenden andererseits erhoben. Die Items dieser Fachwissenstests sind ähnlich den Items des Fachwissenstests zum Prä- und Post-Zeitpunkt. Zum Post-Messzeitpunkt wird erneut der Schülerfragebogen der Prä-Testung (ohne Kognitiven Fähigkeitstest) eingesetzt. Zudem erhalten die Lehrpersonen erneut einen Lehrerfragebogen, der diesmal ihre Einstellung zur Lernleiter erheben soll.

#### Fazit

Lernleitern bieten eine Möglichkeit zur Strukturierung des Unterrichts und der Inhalte. Sie können mit individualisierten Übungsphasen (Binnendifferenzierung) gekoppelt werden.

Die beiden Interventionsmaßnahmen der Strukturierung und der Binnendifferenzierung stellen eine Chance dar, die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler zu steigern. Wie diese beiden Maßnahmen zusammenwirken, soll diese Studie aufzeigen.

In Zusammenarbeit mit den Projektschulen wird ferner ein Materialset entwickelt, das auch anderen Schulen zur Verfügung gestellt werden kann.

Vielen Dank an das Projekt „Ganz In“ und die Stiftung Mercator für ihre Unterstützung.

**Literatur**

- Anus, S. (2015). Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht. Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion. Berlin: Logos.
- Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, 51, 267–272.
- Baumert, J., & Köller, O. (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In: J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), TIMSS / III – Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der gymnasialen Oberstufe (S. 271-315). Opladen: Leske & Budrich.
- BLK (Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung) (1997) (Hrsg.). Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Heft 60 der Materialien zur Bildungsplanung und zur Forschungsförderung. Bonn: BLK Geschäftsstelle.
- Bohl, T., Bönsch, M., Trautmann, M., Wischer, B. (2012). Binnendifferenzierung – Ein altes Thema in der aktuellen Diskussion. Zur Einleitung. In: OECD (2013), PISA 2012 Ergebnisse, Was Schülerinnen und Schüler wissen und können: Schülerleistungen in Lesekompetenz, Mathematik und Naturwissenschaften (Band I), PISA, W. Bertelsmann Verlag.
- Gagné, R. M. (1973). Die Bedingungen des menschlichen Lernens. 3. Auflage. Hannover: Hermann Schroedel.
- Girg, R., Lichtinger, U., Müller, T. (2012): Lernen mit Lernleitern. Unterrichten mit der MultiGradeMultilevel-Methodology. Immenhausen: Prolog-Verlag.
- Holländer, M. (2010): Effektivität des Advance Organizers als Strukturierungshilfe im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Uni-Edition.
- ISB (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung) (Hrsg.) (O. J.). Kumulatives Lernen. URL: <http://www.sinus-transfer.de/uploads/media/Kapitel7.pdf> [aufgerufen am 12.01.16]
- Kallweit, I. (2014) Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen. Berlin: Logos.
- Klafki, W. & Stöcker, H. (1976). Innere Differenzierung des Unterrichts. *Zeitschrift für Pädagogik*, 22 (4), 497-523
- Meyer, H. (2003): Zehn Merkmale guten Unterrichts. Empirische Befunde und didaktische Ratschläge. Was ist guter Unterricht? *Pädagogik* 10(3), 36–43
- Meyer, H. (2014): Was ist guter Unterricht? 10. Auflage. Berlin: Cornelsen.
- Snow, R. E. (1989). Aptitude, Instruction and Individual Development. *International Journal of Educational Research*, 3(8), 827-948.

## Learning Progressions für lernschwache SuS im Fach Chemie

Die Kultusministerkonferenz (KMK) hat mit Beginn des Schuljahres 2005/06 Bildungsstandards eingeführt, welche die Kompetenzen benennen, die die Schülerinnen und Schülern (SuS) am Ende einer bestimmten Jahrgangsstufe erworben haben sollen (Klieme et al., 2007; KMK, 2005). Der IQB-Ländervergleich 2012 hat jedoch gezeigt, dass vor allem in NRW ein überwiegender Teil der SuS nicht die angestrebten fachlichen Kompetenzen erreichen. Im Fach Chemie erreichen in NRW von den SuS, die mindestens den mittleren Schulabschluss an einer nicht gymnasialen Schulform ansteuern, 69,7 % im Fachwissen nicht Kompetenzstufe III (Regelstandard) (Pant et al., 2013, S. 216). Deshalb sollen im Rahmen des Forschungsvorhabens Learning Progressions zu den drei fachlichen Basiskonzepten der Chemie „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ (MSW, 2011) entwickelt werden, um grundlegende Kompetenzen im Kompetenzbereich Fachwissen im Fach Chemie abzubilden. Außerdem sollen diese Kernideen in eine logische Reihenfolge gebracht und anschließend in einer Strand-Map miteinander vernetzt werden, um die in den Learning Progressions dargestellten hypothetischen Zusammenhänge der fachlichen Kernideen empirisch überprüfen und evaluieren zu können. Ziel ist es hierbei allen SuS eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu vermitteln, sie zu fördern und ihnen die weitere Partizipation am naturwissenschaftlichen Unterricht zu ermöglichen, indem eine fachliche Mindestvoraussetzung ermittelt wird.

### Theoretischer Hintergrund

Der Erwerb und das Verständnis von grundlegenden chemischen Fachinhalten sind für ein anschlussfähiges Wissen von besonderer Bedeutung. Die American Association for the Advancement of Science (AAAS, 2007) strebt in „Project 2061“ die Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung von allen SuS an und beschreibt im „Atlas of Scientific Literacy“ Beziehungen zwischen Lernzielen und Kernideen, die in Strand-Maps dargestellt werden (AAAS, 2007).

Den theoretischen Rahmen bilden „Learning Progressions“, die mögliche Wege der fachlichen Kompetenzentwicklung aufzeigen. Sie postulieren eine bestimmte Abfolge von Fähigkeiten und Fachkenntnissen, die von SuS über einen längeren Zeitraum erworben werden sollen (Abbott, 2014; Corcoran, Mosher & Rogat, 2009; Duit & Neumann, 2011; Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007). Eine Learning Progression enthält einige charakteristische Elemente. Der Anfangspunkt ist gekennzeichnet durch die Fähigkeiten der SuS, die zu Beginn einer Lerneinheit vorhanden sind. Der Endpunkt einer Learning Progression stellt die Lernziele dar, die die SuS im Laufe der Progression erreichen sollen. Zwischen dem Anfangs- und dem Endpunkt der Learning Progression befinden sich Progressionsstufen, die die SuS durchlaufen müssen, um die an sie gestellten Leistungserwartungen erfüllen und somit schrittweise die erforderlichen fachlichen Kompetenzen entwickeln zu können (Corcoran et al., 2009; Duncan & Hmelo-Silver, 2009; Stevens, Delgado & Krajcik, 2010).

### Forschungsfragen

In dieser Studie wird folgenden Forschungsfragen nachgegangen:

- Können die in den Learning Progressions angenommenen hypothetischen Abhängigkeiten empirisch nachgewiesen werden?

- Zeigt sich im Lernzuwachs (insbesondere bei lernschwachen SuS) ein Vorteil, wenn der Unterricht gemäß der Learning Progression strukturiert wurde?

### **Forschungsdesign und Methoden**

Im Rahmen eines Sinus-Projektes in NRW haben neun Lehrkräfte unter fachdidaktischer und ministerieller Begleitung (MSW, Bezirksregierung Düsseldorf und QUA-LiS) ein Wissensmaß entwickelt, das sich aus Kompetenzbeschreibungen (Kernideen) und postulierten Abhängigkeiten zusammensetzt. Diese beziehen sich bisher ausschließlich auf den Kompetenzbereich Fachwissen und basieren auf dem Kernlehrplan (MSW, 2011) und den Bildungsstandards (KMK, 2005). Die drei Basiskonzepte „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ bilden die Basis für die fachliche Strukturierung der chemischen Konzepte und sollen den logischen und systematischen Aufbau von Wissen ermöglichen. Jede Kernidee wird durch mehrere fachliche Mindesterwartungen konkretisiert, über die SuS verfügen müssen, um eine bestimmte Aufgabe bearbeiten zu können. Die Kernideen werden zusätzlich möglichst präzise durch an dieser Stelle noch nicht benötigte Erwartungen (Grenzen) eingegrenzt. Um die Entwicklung entsprechender Diagnoseaufgaben zu unterstützen, werden außerdem zu jeder Kernidee bereits bekannte, typische Schülervorstellungen benannt. Die identifizierten chemischen Kernideen zu den drei Basiskonzepten wurden – analog zu AAAS (2007) – in einer fachlich logischen Reihenfolge in einer Strand-Map vernetzt. Die Vernetzung berücksichtigt zum einen eine hierarchische Anordnung der Kernideen über die siebte und neunte Jahrgangsstufe und zum anderen eine Differenzierung in notwendige oder hinreichende Bedingungen für den weiteren Wissensaufbau. Beziehungen, die für das Verständnis der nächsten, hierarchisch höheren Kernidee relevant sind, wurden mit einem roten und die Kernideen, die nicht zwangsläufig für das Verständnis der nächsten Kernidee als relevant gehalten wurden, wurden mit einem schwarzen Pfeil dargestellt. Die dargestellten Bedingungen sind hypothetisch und müssen noch überprüft werden, um Aussagen über die Gültigkeit treffen zu können.

In einer Quasi-Längsschnittstudie sollen SuS der 7./9. oder 8./9. Jahrgangsstufe an Gesamtschulen in NRW getestet werden. Insgesamt wurden 56 Kernideen mit Erwartungen, Grenzen und Schülervorstellungen formuliert. Zu diesen Kernideen werden zur Zeit Testitems entwickelt. Pro Kernidee sollen jeweils 5 Items im Multiple-Choice-Single-Select-Format und halboffenem Aufgabenformat mit kurzen Antworten konstruiert werden. Der Attraktor bildet eines der Erwartungen ab, die für die einzelnen Kernideen formuliert wurden. Die Distraktoren bestehen dagegen aus den fachlich fehlerhaften Schülervorstellungen. In der anstehenden Pilotierung (mit zwei Messzeitpunkten) soll die Qualität und die Eignung der Testaufgaben überprüft werden, indem untersucht werden soll, inwieweit die in den Kernideen beschriebenen Kompetenzen mit dem konstruierten Fachwissenstest erfasst werden. In der darauffolgenden Hauptstudie soll die Untersuchung der einzelnen Abhängigkeiten der Kernideen erfolgen, in dem der entwickelte Fachwissenstest zu drei Messzeitpunkten eingesetzt wird.

In Kürze werden zu den Kernideen ebenfalls Aufgabenmaterialien als Orientierungshilfe entwickelt, die die Lehrkräfte im Unterricht einsetzen können.

Die angenommenen Abhängigkeiten sollen anhand von verschiedenen statistischen Methoden wie die cross-lagged-panel-Analyse, dem McNemar-Test, der Guttman-Analyse und den Bayesschen Netzen untersucht werden und gegebenenfalls ermöglichen neue notwendige Abhängigkeiten in der Strand-Map zu finden und eventuell vorhandene Abhängigkeiten zu ändern. Hierzu ein Beispiel: Zwischen Kernidee A und Kernidee B wird eine Abhängigkeit angenommen. Die Testitems zu diesen Kernideen werden den gleichen SuS zur Bearbeitung vorgelegt. Im Idealfall sind in dem SuS-Anteil, die die Aufgaben zu Kernidee B lösen konnten nur SuS dabei, die auch die Aufgaben zu Kernidee A richtig

gelöst haben, sodass die Abhängigkeit zwischen den beiden Kernideen bestätigt werden kann. Im Extremfall gehören alle B-Löser nicht zur Gruppe der A-Löser, wodurch die angenommene Abhängigkeit widerlegt wird. Anhand der Testergebnisse aus dem Fachwissenstest sollen mit den erwähnten Methoden die angenommenen theoretischen Hierachievermutungen und Beziehungen überprüft werden (Klauer, 1974). Über Lösungswahrscheinlichkeiten erhält man eine Rückmeldung, inwiefern die SuS fähig sind, die Items zu lösen (Rost, 2004) und welche Lernentwicklung der einzelne Lernende durchlaufen hat.

### **Fazit und Ausblick**

Die Untersuchung der identifizierten Kernideen und den in der Strand-Map dargestellten Beziehungen sollen erste Hinweise für den Erwerb von fachlichen Konzepten liefern, die für alle SuS unabdingbar sind und für das weitere Verständnis erworben werden müssen. Für ein anschlussfähiges Wissen müssen insbesondere die Mindestanforderungen (die notwendigen Kernideen) erreicht werden. Die Lehrkräfte erhalten hierbei eine Rückmeldung über den Wissensstand der SuS, können so gezielt die notwendigen Kernideen hervorheben und diese grundlegenden chemischen Konzepte in ihrem Unterricht thematisieren. Gleichzeitig kann dies eine Rückmeldung für die Curricula, sowie für Bildungsstandards darstellen. Die defizitären Leistungen von SuS, die sich auch im IQB Ländervergleich 2012 gezeigt haben (Pant et al., 2013), können an der fehlenden Verbindung zwischen Unterricht, Curriculum und Standards liegen (Alonzo & Gotwals, 2012). Daher sollen Learning Progressions der Verbesserung der Curriculumentwicklung, den Standards, dem Unterricht und den Leistungsmessungen dienen und eine Verknüpfung zwischen diesen herstellen, um allen SuS anschlussfähiges Wissen vermitteln zu können (Corcoran et al., 2009; Duncan & Hmelo-Silver, 2009).

**Literatur**

- Abbott, S. (2014). The Glossary of Education Reform. Learning Progression. Abgerufen unter: <http://edglossary.org/learning-progression/> [27.09.2016].
- Alonzo, A.C. & Gotwals, A.W. (2012). Introduction: Leaping into Learning Progressions in Science. In: Alonzo, A.C. & Gotwals, A.W. (Hrsg.). *Learning Progression in Science. Current Challenges and Future Directions*. Rotterdam: Sense Publishers, 3-12.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (2007). *Atlas of Science Literacy. Volume 2*. Washington, DC: AAAS.
- Corcoran, T., Mosher, F.A. & Rogat, A. (Hrsg.) (2009). *Learning Progressions in Science. An Evidence-based Approach to Reform*. Philadelphia, PA: CPRE.
- Duit, R. & Neumann, K. (2011). Learning Progression und Kompetenzentwicklung. In: D. Höttecke (Hrsg.) *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. Berlin: Lit. 190-192.
- Duncan, R.G. & Hmelo-Silver, C. (2009). Editorial – Learning Progressions: Aligning Curriculum, Instruction, and Assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 606-609.
- Duschl, R.A., Schweingruber, H.A. & Shouse, A.W. (Hrsg.) (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Klauer, K.J. (1974). *Methodik der Lehrzieldefinition und Lehrstoffanalyse*. Düsseldorf: Pädagogischer Verlag Schwann.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riwuarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E., Vollmer, H. (2007). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards – Expertise*. Bonn, Berlin: BMBF.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2005). *Bildungsstandards für das Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Ministerium Für Schule und Weiterbildung NRW (2011). *Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Naturwissenschaften. Biologie, Chemie, Physik*. Frechen: Ritterbach Verlag.
- Pant, H.A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T., Pöhlmann, C. (Hrsg.) (2013). *IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Rost, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion*. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Verlag Hans Huber.
- Stevens, S.Y., Delgado, C. & Krajcik, J.S. (2010). Developing a Hypothetical Multi-Dimensional Learning Progression for the Nature of Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 47 (6), 687-715.

Jürgen Menthe<sup>1</sup>  
 Simone Abels<sup>2</sup>  
 Eva Blumberg<sup>3</sup>  
 Theresa Fromme<sup>3</sup>  
 Annette Marohn<sup>4</sup>  
 Andreas Nehring<sup>5</sup>  
 Lisa Rott<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universität Hildesheim  
<sup>2</sup>Universität Lüneburg  
<sup>3</sup>Universität Paderborn  
<sup>4</sup>Universität Münster  
<sup>5</sup>Universität Hannover

### Netzwerk Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht

Fragen des gemeinsamen Lernens sind schon seit vielen Jahren ein zentrales Thema des bildungswissenschaftlichen Diskurses. In Folge der Unterzeichnung der UN-Behindertenrechtskonvention im Jahre 2009 durch die Bundesregierung ist die gemeinsame Beschulung in vielen Bundesländern zum Regelfall geworden. Während sowohl die sonderpädagogische wie die fachdidaktische Forschung auf eine lange Tradition zurückblicken und gut bewährte Konzepte für die Lehrer/innenbildung wie die Unterrichtsforschung aufweisen, ist das Feld der gemeinsamen Beschulung in vielerlei Hinsicht unerforscht: Die durch die Einführung der gemeinsamen Beschulung geschaffene Praxis ist wissenschaftliches Neuland, das von den Fachdidaktiken theoretisch wenig bearbeitet wurde.

Diese für die Lehrkräfte unbefriedigende Situation ist aus Sicht der universitären Forschung sehr spannend, weil an vielen Standorten eine Aufbruchsstimmung zu bemerken ist. Überall machen sich Wissenschaftler/innen und Praktiker/innen auf den Weg, vor dem Hintergrund eigener Forschungstraditionen und fachlicher Besonderheiten die vielen offenen Fragen des inklusiven Unterrichts zu beforschen.

Auch im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik gibt es mittlerweile eine Vielzahl solcher Initiativen. Um diese Initiativen zusammenzuführen und einen überregionalen Austausch auch über die Fächergrenzen hinweg zu ermöglichen, haben sich im März 2016 Fachdidaktiker/innen und Sonderpädagog/innen der Naturwissenschaften zusammengefunden, um das „Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht“ (NinU) zu gründen (Abb. 1).



Abb. 1: Logo des Netzwerks (Design: Neele Gohde, Universität Paderborn)

Anhand von Projektvorstellungen der Teilnehmenden und innerhalb von Arbeitsphasen wurden Rahmenbedingungen, Ziele und Wünsche des Netzwerkes diskutiert (Abb. 2).

 <b>Ziele</b>	 <b>Wünsche</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenführung von Projekten, Forschenden und Praktiker_innen unterschiedlicher Standorte.</li> <li>• Forum für den Austausch über mögliche Probleme und deren Lösung bei der Entwicklung und Erforschung von inklusivem naturwissenschaftlichem Unterricht.</li> <li>• Herausarbeiten von Besonderheiten von naturwissenschaftlichem Unterricht mit Ausrichtung auf inklusive Kontexte.</li> <li>• Multiplikatorenfunktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstetigung</li> <li>• Gemeinsame Veröffentlichung &amp; Kongresse</li> <li>• Qualitätsstandards &amp; gemeinsame Leitlinien für die Forschung</li> <li>• Arbeitsgruppen</li> <li>• Begriffsklärung</li> <li>• Aufklärung <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Entideologisierung</li> <li>➢ Überwinden negativer Einstellungen</li> </ul> </li> <li>• Vernetzung <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ international</li> <li>➢ mit anderen Fachgesellschaften</li> </ul> </li> </ul>

Abb. 2: Ziele und Wünsche der Netzwerker\_innen

Ein Ergebnis des zweiten Netzwerktreffens in Hannover im Juni 2016 ist folgende Arbeitsdefinition inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts:

*Naturwissenschaftlicher Unterricht trägt zu gelungener Inklusion bei, indem er allen Lernenden – unter Wertschätzung ihrer Diversität und ihrer jeweiligen Lernvoraussetzungen – die Partizipation an individualisierten und gemeinschaftlichen fachspezifischen Lehr-Lern-Prozessen zur Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ermöglicht.*

Die Mitglieder des Netzwerks haben sich zudem darüber verständigt, welche Forschungsfragen und Arbeitsfelder im Moment vordringlich erscheinen und den Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeit der nächsten Jahre bilden werden:

1. **Standortbestimmung:** Welche (fach-)spezifischen Herausforderungen ergeben sich für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht?
2. **Empirie und Konzeption:** Was kennzeichnet gelungenen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht?
3. **Ressourcen:** In welcher Weise kann gelungener inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht gestaltet werden? (z.B. materielle Ressourcen, Ansätze, Methoden, Konzepte)
4. **Methodik:** In welcher Weise kann/sollte inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht erforscht werden?
5. **Professionelle Kompetenzen:** Was benötigen Lehrkräfte, um erfolgreich inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht zu gestalten? (z.B. Fähigkeiten, Fertigkeiten, Haltung, Wissen, personelle Ressourcen)
- 5.1 **Aus- und Fortbildung:** Wie sollte eine entsprechende Lehreraus- und -fortbildung bzw. -weiterbildung gestaltet sein?

Im Rahmen der Posterpräsentation der GDCP-Tagung 2016 konnten Forschende den eigenen Standort auf einer auf dem Poster befindlichen Landkarte ergänzen. Auf diese Weise wurde deutlich, an welchen Standorten sich Forschungsgruppen mit Fragen des inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts befassen, was einerseits die Sichtbarkeit dieser Themen

erhöht und zugleich mögliche Synergieeffekte aufzeigt. Der Austausch am Poster hat außerdem gezeigt, dass auch Fortbildungen für Universitätsdozent/innen ein Anliegen sind, um das Thema inklusiver Naturwissenschaftsunterricht in die Lehrer/innenausbildung integrieren zu können.

Das Netzwerk versteht sich als offene Plattform, interessierte Forscher/innen können über die Homepage des Netzwerks den Kontakt herstellen.

**Literatur**

NinU-Homepage: <https://www.uni-hildesheim.de/ninu/> (13.10.2016)

## **Lernunterstützung im Elementarbereich durch Scaffolding-Strategien**

### **Ausgangslage & Theoretischer Hintergrund**

Beim naturwissenschaftlichen Lernen von Vorschulkindern wird pädagogischen Fachkräften als Lehrpersonen eine große Bedeutung beigemessen. Bislang mangelt es aber noch an Informationen, wie die Unterstützung der Kinder im Detail aussehen sollte. Aussichtsreich erscheint eine Übertragung des Konzeptes Scaffolding auf das naturwissenschaftliche Lernen im Elementarbereich, das sich für ältere Lerner als lernförderlich erwiesen hat.

Allerdings besteht hinsichtlich der Konzeptualisierung von Scaffolding kein Konsens. Im hier skizzierten Projekt wird eine vergleichsweise breite Auffassung von van de Pol, Volman und Beishuizen (2010) genutzt. Sie gliedern Scaffolding-Maßnahmen in drei grundlegende Intentionen und sechs Mittel. Hinsichtlich der Intentionen unterscheiden sie Scaffolding-Maßnahmen, die sich auf kognitive, metakognitive sowie affektive Aspekte des Lernens beziehen. Die sechs Mittel beschreiben Möglichkeiten der Umsetzung dieser Intentionen: Hinweisen umfasst, dass die Lehrperson Tipps und Anregungen gibt, die bei der Lösung helfen, aber nicht die komplette Lösung vorgeben. Erklären geht darüber hinaus, indem die Lehrperson detaillierte Informationen oder Erklärungen gibt. Beim Modellieren führt sie Handlungen vor, die das Kind imitieren kann. Anleiten impliziert, dass die Lehrperson vorgibt, was das Kind tun soll oder erklärt, wie es zu tun ist. Beim Rückmelden gibt sie dem Kind Informationen über seine Performanz. Das Fragen bezieht sich ausschließlich auf Fragen, die eine kognitive Antwort herausfordern.

Im hier skizzierten Projekt soll zum einen ein theoretischer Ertrag erzielt werden, indem wie beschrieben das Konzept des Scaffolding auf das naturwissenschaftliche Lernen im Elementarbereich übertragen wird. Zum anderen soll empirisch untersucht werden, welche Scaffolding-Maßnahmen von pädagogischen Fachkräften eingesetzt werden und wie sich der Einsatz der Scaffolding-Maßnahmen auf das Fachwissen der Vorschulkinder auswirkt. Konkret sollen folgende drei Forschungsfragen beantwortet werden, wobei dieser Beitrag auf Forschungsfrage 1 fokussiert.

### **Forschungsfragen & Hypothesen**

F 1: Welche Scaffolding-Maßnahmen lassen sich identifizieren?

Aus der Forschungslage lassen sich keine Hypothesen ableiten, sodass ein exploratives Vorgehen gewählt wurde.

F 2: Wie hängen der Einsatz von Scaffolding-Maßnahmen zur Unterstützung des naturwissenschaftlichen Experimentierens und der Fachwissenszuwachs von Vorschulkindern zusammen?

H 2: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Scaffolding-Maßnahmen und dem Fachwissenszuwachs von Vorschulkindern.

F 3: Wie hängen der Einsatz von Scaffolding-Maßnahmen und der Fachwissenszuwachs von Vorschulkindern mit ungünstigen bzw. günstigen Lernvoraussetzungen zusammen?

H 3: Der positive Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Scaffolding-Maßnahmen und dem Fachwissenszuwachs von Vorschulkindern ist bei Vorschulkindern mit geringen kognitiven Fähigkeiten stärker als bei denen mit hohen kognitiven Fähigkeiten.

### **Methoden & Design**

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird eine Reanalyse von Video- und Fachwissentest-Daten durchgeführt. Der Test wurde vor und nach einer zehntägigen Intervention eingesetzt. Er umfasst zwölf Items und weist eine interne Konsistenz von  $\alpha = .630$  für den post-

Test auf. Die Videoaufnahmen der Intervention zeigen, wie jeweils vier bis sechs Vorschulkinder in ihrem letzten Kindergartenjahr und eine pädagogische Fachkraft in ca. 45 Minuten ein Experiment durchführen; pro Kindergruppe liegen zehn Videos zu zehn unterschiedlichen Experimenten vor. Die Stichprobe umfasst 26 Kinder, die von zwei pädagogischen Fachkräften aus zwei Kindertageseinrichtungen betreut wurden.

Die Videos werden anhand eines Kategoriensystem analysiert. Dieses wurde in einem iterativen Prozess entwickelt, in dem sowohl deduktiv aus der Literatur mögliche Scaffolding-Maßnahmen abgeleitet als auch induktiv im vorliegenden Videomaterial Scaffolding-Maßnahmen identifiziert wurden. Die ins Kategoriensystem aufgenommenen Maßnahmen sind sowohl auf das naturwissenschaftliche Lernen durch Experimente als auch auf das Lernen von Vorschulkindern angepasst. Das Kategoriensystem umfasst sechs Oberkategorien, die in je drei bis zehn Unterkategorien untergliedert sind, siehe Abb. 1. Hinsichtlich der drei Intentionen von Scaffolding-Maßnahmen nach van de Pol et al. (2010) wurden nur solche Maßnahmen aufgenommen, die sich auf kognitive und metakognitive Aktivitäten der Kinder beziehen. Verschiedene Studien aus dem Elementarbereich und auch die Sichtung des vorliegenden Videomaterials haben gezeigt, dass es pädagogischen Fachkräften in der Regel sehr gut gelingt, Kinder hinsichtlich affektiver Aspekte beim Lernen zu unterstützen, z. B. durch Lob oder das Aufzeigen von Erfolgen. Deswegen wurde hier der Fokus auf die Unterstützung kognitiver und metakognitiver Aktivitäten gerichtet. Darüber hinaus fand eine Orientierung an den sechs Mitteln bei van de Pol et al. (2010) statt. Hinweisen, Erklären, Modellieren, Anleiten und Rückmelden wurden als Kategorien übernommen. Das Fragen lässt sich nicht trennscharf vom Hinweisen abgrenzen, da kognitiv aktivierende Fragen immer auch Hinweise und Anregungen enthalten, die bei der Lösung helfen. Aus diesem Grund wurde das Fragen nicht als eigene Kategorie aufgenommen, sondern in die Kategorie Hinweisen & Fragen integriert. Zusätzlich wurde induktiv auf der Grundlage des vorliegenden Videomaterials die Kategorie Zeichnen ergänzt.

1 Hinweisen & Fragen	2 Erklären	3 Modellieren
1.1 Andere Antworten anregen 1.2 Gegenseitiges Verständnis herstellen & Austausch unter Kindern anregen 1.3 Mitteilen von Vermutungen anregen 1.4 Beobachten anregen 1.5 Mitteilen von Beobachtungen anregen 1.6 Begründen anregen 1.7 An Vorwissen erinnern 1.8 Widersprüche & Probleme aufzeigen 1.9 Wichtige Aussagen hervorheben 1.10 Wichtige Beobachtungen hervorheben	2.1 Aussagen ausarbeiten 2.2 Aussagen zusammenfassen 2.3 Erklärung geben	3.1 Experimentierschritte modellieren 3.2 Experimentierschritte modellieren lassen 3.3 Experimentierschritte gemeinsam durchführen 3.4 Umgang mit Material modellieren 3.5 Umgang mit Material modellieren lassen 3.6 Umgang mit Material gemeinsam üben
4 Anleiten	5 Rückmelden	6 Zeichnen
4.1 Experimentierschritte anleiten 4.2 Umgang mit Materialien anleiten 4.3 Zielorientierung im Experiment aufrecht erhalten 4.4 Wiederholen des Experimentes anregen	5.1 Rückmeldung zu Aussage geben 5.2 Rückmeldung zum Experimentieren geben 5.3 Rückmeldung zum Umgang mit Materialien geben	6.1 Zeichnen anregen 6.2 Ergänzen der Zeichnung anregen 6.3 Ergänzen der Zeichnung unterstützen 6.4 Korrigieren der Zeichnung anregen 6.5 Korrigieren der Zeichnung unterstützen 6.6 Erklären der Zeichnung anregen

Abb. 1: Überblick über das Kategoriensystem zur Kodierung der Scaffolding-Maßnahmen; grau markiert sind die Subkategorien, die bislang nicht identifiziert wurden, vgl. Ergebnisse

Es wird in einer event-basierten Kodierung in Videograph (Rimmele, 2005) jeweils der Beginn und das Ende der Scaffolding-Maßnahmen kodiert. Dabei wird für jedes einzelne Kind kodiert, welche Scaffolding-Maßnahmen der pädagogischen Fachkraft ihm zukommen. Das Kategoriensystem wurde in einem Expertenrating mit drei ExpertInnen validiert, die in der Forschung zum naturwissenschaftlichen Lernen junger Kinder etabliert sind. Zwei Kodierer wurden in einem umfassenden Prozess trainiert; die Übereinstimmung zwischen ihnen liegt bei  $1.0 > \kappa > .72$  für die 6 Kategorien.

### Erste Ergebnisse

Bislang wurden von allen 26 Kindern je zwei Videos kodiert. Abbildung 2 zeigt die Häufigkeiten der bislang identifizierten Kategorien und Subkategorien. Es wird deutlich, dass die pädagogischen Fachkräfte eine große Bandbreite an Maßnahmen einsetzen, allerdings in stark unterschiedlicher Häufigkeit. Sie unterstützen in einer 45-minütigen Experimentiersituation jedes Kind mit durchschnittlich knapp neun Scaffolding-Maßnahmen.

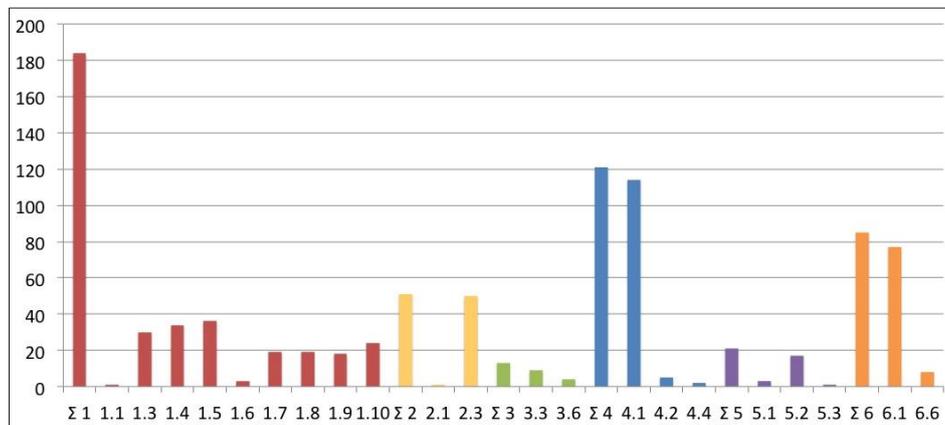


Abb. 2: Häufigkeiten der bislang identifizierten Kategorien und Subkategorien

### Diskussion & Ausblick

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die pädagogischen Fachkräfte durchaus eine Vielzahl unterschiedlicher Scaffolding-Maßnahmen einsetzen. Dabei deutet sich an, dass Maßnahmen aus der Kategorie Fragen & Hinweisen am häufigsten vertreten sind. Da diese Kategorie mit am stärksten mit dem Konstrukt des Problematisierens (Reiser, 2004) bzw. der kognitiven Aktivierung (z. B. Lipowsky, 2009) verbunden ist, ist zu erwarten, dass sich die Maßnahmen auf den Fachwissenszuwachs der Kinder auswirken.

Nach der Kodierung aller Videos sollen die Hypothesen H 2 und H 3 mittels Regressionsanalysen überprüft werden mit dem Fachwissenszuwachs als abhängige Variable und der Dauer der Scaffolding-Maßnahmen als unabhängige Variable sowie bei H 3 den kognitiven Fähigkeiten der Kinder als Kovariate.

**Literatur**

- Lipowsky, F. (2009). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*. Berlin: Springer, 73–102
- Reiser, B. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 273-304
- Rimmele, R. (2005). Videograph. Multimediaplayer zur Kodierung von Videos. Kiel: IPN
- Van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in Teacher-Student Interaction: A Decade of Research. *Educational Psychology Review*, 22, 271–296

Elisabeth Hofer<sup>1</sup>  
Anja Lembens<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Wien

## **Was ist Forschendes Lernen? – Vorstellungen österreichischer ChemielehrerInnen**

Von Februar 2013 bis Juni 2016 war die Universität Wien Partner im FP7-Projekt ‘Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated’ (TEMI)<sup>1</sup>. Ziel des Projekts war es, den Einsatz von Forschendem Lernen (FL) im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe I durch Entwicklung und Implementierung eines LehrerInnenbildungskonzepts zu fördern. Unter Berücksichtigung der von den Projektpartnern gemeinsam erarbeiteten vier Hauptelemente von TEMI gestaltete das Team der Universität Wien Workshops mit den folgenden inhaltlichen Schwerpunkten (vgl. Hofer, Lembens & Abels, 2016):

- Effektiv präsentierte Mysteries als Einstieg in das FL
- Das 5E-Modell zur Strukturierung des FLs (Bybee, 2009)
- Eine stufenweise Abgabe der Verantwortung an die Lernenden durch verschiedene Level des FLs (Abrams, Southerland & Evans, 2008)
- Drei Kategorien von Zielen für FL: FL durchführen lernen, über FL lernen, fachliche Inhalte lernen (Abrams, Southerland & Evans, 2008)

In vier halbtägigen Workshops hatten die TeilnehmerInnen die Gelegenheit, sowohl Einblicke in die theoretischen Grundlagen und Modelle von FL zu gewinnen als auch selbst Erfahrungen in Bezug auf die Planung und Durchführung von FL zu sammeln. Insgesamt nahmen 110 LehrerInnen aus ganz Österreich an der Fortbildungsreihe teil.

### **Forschungsfragen und Methode**

Formelles und informelles Feedback während und nach den Workshops zeigten, dass die LehrerInnen auch nach der TEMI Fortbildungsreihe noch ein lückenhaftes und wenig elaboriertes Konzept von FL hatten und weitere Unterstützung bei der Implementierung von FL in den eigenen Unterricht benötigen und auch explizit wünschen würden (Hofer, Lembens & Abels, 2016). Um adäquate Unterstützungsangebote für LehrerInnen gestalten zu können, bedarf es zusätzlicher Informationen bezüglich der Konzepte und Vorstellungen der LehrerInnen zu FL sowie darüber, welche Herausforderungen (als größte) am FL gesehen werden. Daraus ergaben sich die folgenden Forschungsfragen:

1. Welches Konzept haben LehrerInnen von FL nach der Teilnahme an den TEMI-Workshops in Bezug auf (a) dessen charakteristische Merkmale, (b) die Rolle der Lehrperson und der SchülerInnen, (c) die Ziele und (d) die Herausforderungen?
2. Welche allgemeine Haltung haben die LehrerInnen FL gegenüber?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen wurde eine Gruppendiskussion mit fünf ehemaligen TEMI-Teilnehmerinnen durchgeführt. Die Lehrerinnen unterrichten in verschiedenen Schultypen und -stufen und haben eine unterschiedlich lange Unterrichtserfahrung. Die etwa 40minütige Gruppendiskussion wurde durch Leitfragen initiiert und enthielt stark narrative Gesprächsanteile. Nach der vollständigen Transkription wurden die Aussagen mittels Qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) ausgewertet. Als Technik wurde eine zusammenfassende Analyse mit induktiver Kategorienbildung gewählt.

### **Ergebnisse**

---

<sup>1</sup> Das Projekt TEMI wird von der Europäischen Union im 7. Rahmenprogramm (FP7-Science -in-Society-2012-1; Grant Agreement N. 321403) unterstützt.

Nach einer intensiven Auseinandersetzung mit den Aussagen der TeilnehmerInnen zeigte sich, dass ein eindimensionales Kategoriensystem für die Beschreibung der Vorstellungen zu einem komplexen Unterrichtskonzept wie FL nicht entwickelbar ist bzw. nicht angemessen erscheint. Aus diesem Grund wurden vorerst verschiedene Aspekte in Bezug auf FL bzw. dessen Implementierung herausgearbeitet und miteinander in Beziehung gesetzt: (a) Struktur und Gestaltung, (b) Rolle, Handeln und Kompetenzen von Lehrperson und SchülerInnen und (c) Ziele, An- und Herausforderungen.

In der Gruppendiskussion stellte sich heraus, dass die LehrerInnen FL vor allem mit Aufgabenstellungen assoziieren, die ein höheres Maß an Offenheit aufweisen als jene in konventionellen Unterrichtssettings. Als ihre eigenen Aufgaben sehen sie dabei die Auswahl eines Phänomens in Abstimmung mit dem Lehrplan, die Gestaltung einer entsprechenden Aufgabenstellung sowie die Planung und Vorbereitung einer Einheit. Die Struktur dieser Einheit müsse dabei an die vorherrschenden Rahmenbedingungen sowie die Fähigkeiten und Kompetenzen der SchülerInnen angepasst werden. Während der FL-Einheit sehen sich die LehrerInnen in der Rolle eines Coachs, der die SchülerInnen in ihrem Denken und Handeln begleitet und unterstützt, wofür ein hohes Maß an Fachwissen erforderlich ist. Als weitere Herausforderungen werden die Diversität der SchülerInnen, Schwierigkeiten im Klassenmanagement und der hohe Aufwand für die Vor- und Nachbereitung von FL-Einheiten genannt. Außerdem wird betont, dass FL in seiner Implementierung sehr zeitaufwendig und deshalb nur eingeschränkt im regulären Unterricht einsetzbar wäre.

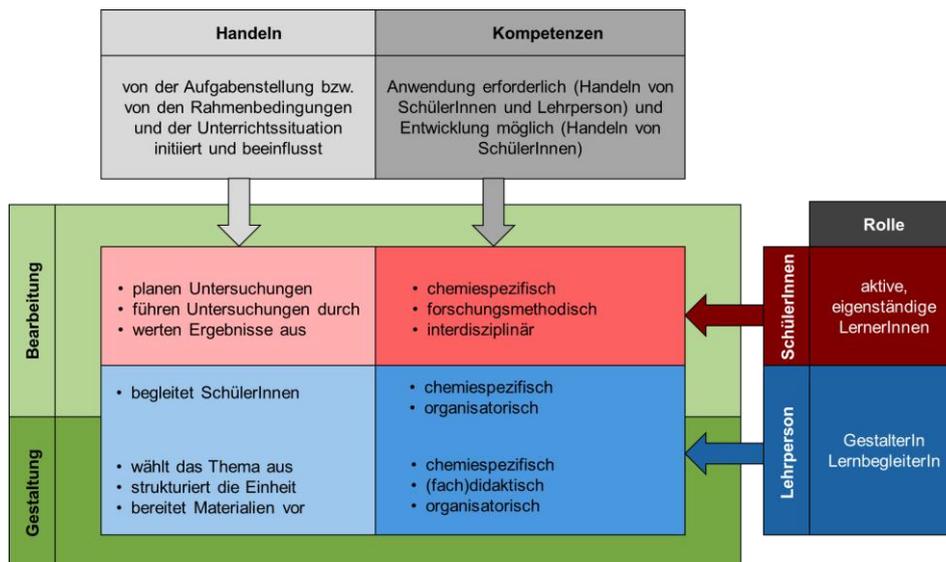


Abb. 1. Rolle, Handeln und Kompetenzen vor und während des Forschenden Lernens

Nach Angaben der befragten LehrerInnen planen die SchülerInnen beim FL Untersuchungen, führen diese durch und werten anschließend die Ergebnisse aus. Sie sind in der Rolle von aktiven und eigenständigen LernerInnen und haben die Möglichkeit, Kompetenzen – vor allem im Bereich des naturwissenschaftlichen Arbeitens – zu entwickeln und zu festigen. Im Zuge dessen sollen die SchülerInnen ihr Wissen und ihre Fähigkeiten interdisziplinär anwenden und dabei neue Erkenntnisse generieren. Als weitere Ziele werden das Lernen und Festigen von Methoden naturwissenschaftlichen Arbeitens, Fragenstellen sowie eigenständiges Denken und Handeln genannt, was gleichzeitig als eine der größten

Herausforderungen in Zusammenhang mit FL empfunden wird. Die Lehrerinnen erwähnen beispielsweise, dass die SchülerInnen Schwierigkeiten mit der Anwendung von Wissen und Kompetenzen hätten und es für sie ungewohnt sei, eigenständig zu arbeiten und ihren eigenen Fragen und Erkenntnisinteressen nachzugehen. Dieses Wechselspiel zwischen Herausforderungen und Chancen wird in der Diskussion nicht explizit genannt, sondern ist implizit durch Verbindung verschiedener Argumente rekonstruierbar.

### **Diskussion und Implikationen**

Allgemein kann der Gruppendiskussion entnommen werden, dass das Konzept bzw. die Vorstellung, welche die Lehrerinnen von FL haben, wenig bis gar nicht theoriegeleitet ist. Die theoretischen Grundlagen der Workshops wie das 5E-Modell, die stufenweise Abgabe von Verantwortung oder die unterschiedlichen Ziele für FL sind in den Ausführungen wenig bis gar nicht vertreten – die Lehrerinnen argumentieren auch nach den TEMI-Workshops größtenteils erfahrungsbasiert. In den Workshops vorgestellte Beispiele zur Gestaltung der unterschiedlichen Phasen des 5E-Modells wurden nicht als exemplarisch verstanden, sondern als fixer Bestandteil zur Begriffsbildung verwendet. Als Beispiel hierfür kann das Erzählen einer Geschichte als Unterrichtseinstieg genannt werden: die Diskutierenden verstanden diesen Vorschlag offenbar als verpflichtendes Element einer Engage-Phase. Insgesamt geht aus der Diskussion hervor, dass in den Vorstellungen der Lehrerinnen – ähnlich wie in der internationale Literatur (Abrams et al., 2008) – FL viele Gesichter hat und es unterschiedliche Auffassungen darüber gibt, was denn FL nun ist.

FL bedeutet für diese Lehrerinnen, dass die SchülerInnen Untersuchungen eigenständig planen, durchführen und auswerten, um eine bestimmte Fragestellung zu bearbeiten. Die Lehrerinnen verstehen unter FL also vor allem das, was Abrams, Southerland & Evans (2008) als Level 2 (Vorgabe der Aufgabenstellung durch die Lehrperson; Planung, Durchführung und Auswertung der Untersuchung durch die SchülerInnen) bezeichnen. Ihrer Meinung nach muss die Fragestellung bzw. das Thema jedenfalls von der Lehrperson vorgegeben werden, da zeitliche und organisatorische Rahmenbedingung eine völlige Offenheit (Level 3 nach Abrams et al.) nicht zulassen. Die Ausführungen auf die Frage, ob FL auch zur Erarbeitung neuer fachlicher Inhalte verwendet werden könnte, zeigten auf, dass FL in dieser Form in der Vorstellung dieser Lehrerinnen nicht präsent ist. Allgemein wird der Mehrwert der Methode gegenüber konventionellem praktischem Arbeiten im Unterricht hinterfragt, vor allem in Anbetracht des hohen Aufwands für die Lehrperson.

Die Zwiespältigkeit im Verständnis von FL, nämlich, dass es einerseits von offenem und eigenständigem Denken und Arbeiten der SchülerInnen geprägt sei, diese aber andererseits die dafür notwendigen Fähigkeiten und Kompetenzen nicht besitzen würden, erklärt, warum die Lehrerinnen FL als sehr herausfordernd, aber nur wenig gewinnbringend empfinden. Um diese Lücke zwischen vorherrschendem und gewünschtem Zustand zu schließen, ist es notwendig, dass die Lehrpersonen ein ganzheitlicheres Konzept von FL entwickeln. Dazu müssen sie sich der wesentlichen Merkmale von FL (National Research Council, 2000) bewusst werden und dementsprechende Ziele für ihren eigenen Unterricht formulieren. Eine Möglichkeit, ein adäquates Verständnis für einen solch komplexen Unterrichtszugang wie FL zu entwickeln, könnte sein, dass LehrerInnen und SchülerInnen gemeinsam in gewohnten Unterrichtssettings einzelne Aspekte von FL implementieren und sich nach und nach an ungewohnteren bzw. offeneren Aufgabenstellungen versuchen. Die Erprobung dieses Konzepts stellt den nächsten Schritt dieses Forschungsprojekts dar.

**Literatur**

- Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. A. (2008). Introduction: Inquiry in the Classroom: Identifying Necessary Components of a Useful Definition. In Abrams, E., Southerland, S. A. & Silva, P. C. (Eds.), *Inquiry in the Classroom: Realities and Opportunities*. Charlotte, North Carolina: Information Age Publishing, Inc.
- Bybee, R. W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Hofer, E., Lembens, A. & Abels, S. (2016). Enquiry-based science education in Austrian teacher professional development courses. In Eilks, I., Markic, S. & Ralle, B. (Eds.), *23rd Symposium on Chemistry and Science Education*. TU Dortmund University, May 26-28, 2016 (pp. 271-278). Dortmund: Shaker Verlag.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (11th ed.). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*: National Academy Press.

## **Quereinsteiger\*innen für die Unterrichtspraxis qualifizieren - ein Modellversuch**

### **Ausgangslage**

Für das Unterrichtsfach Physik besteht schon seit vielen Jahren ein hoher Einstellungsbedarf, welcher nicht durch ausgebildete Lehrkräfte gedeckt werden kann (Lamprecht, 2011, S. 3; KMK, 2011, S. 19). Um diesen Mangel an Physiklehrer\*innen auszugleichen, gibt es in fast allen Bundesländern die Möglichkeit für sogenannte Quer- und Seiteneinstiege, bei denen ausgebildetes Fachpersonal ohne ein Lehramtsstudium zum Vorbereitungs- oder direkt zum Schuldienst zugelassen werden kann (Korneck et al., 2010, S. 9ff.).

Eine bundesweite Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft von 2002 bis 2008 hat gezeigt, dass durch diese Quer- und Seiteneinstiege in diesem Zeitraum in etwa 3000 Physiklehrkräfte ohne Lehramtsstudium eingestellt wurden. Diese Lehrkräfte machten einen Anteil von 45% aller in Deutschland eingestellten Referendar\*innen in dieser Zeitspanne aus (ebd., S. 6). Es ist derzeit nicht davon auszugehen, dass sich dies in Zukunft ändern wird. Die Kultusministerkonferenz (KMK) prognostiziert einen weiterhin hohen Bedarf an Physiklehrkräften. Diesem steht eine geringe Anzahl an Lehramtsstudierenden mit dem Fach Physik gegenüber, sodass die Schwierigkeit, die offenen Stellen mit ausgebildeten Lehrkräften zu besetzen, weiter bestehen bleibt (ebd., S. 15; Heise et al., 2014 S. 23).

Die Quer- und Seiteneinstiegsprogramme vieler Bundesländer, welche aus der Not des Lehrkräftemangels heraus entstanden sind, werden oft legitimiert, indem davon ausgegangen wird, dass die Quereinsteiger\*innen über ein hohes Maß an Berufs- und Lebenserfahrung verfügen und somit den Mangel im pädagogischen und didaktischen Bereich kompensieren könnten (Melzer et. al., 2014, S. 10). Zudem wird angenommen, dass sie „idealistischer wie auch realistischer bei ihrer Berufsentscheidung sind“ (Weinmann-Lutz, 2006, S. 13).

Dem entgegen stehen die Ergebnisse der Studie von Jan Lamprecht von 2011, welche aufzeigen, dass nur 60% der quereinsteigenden Physiklehrkräfte im Referendariat einen Hochschulabschluss in Physik haben (Lamprecht, 2011, S. 193). Auch die Vermutungen bezüglich der Berufsentscheidung und wünschenswerter Berufswahlmotive konnte nicht bestätigt werden (ebd. S. 195).

Eine weitere Problematik besteht darin, dass die bisherigen Quereinsteigsprogramme nicht die von der KMK festgelegten Standards zur Lehrer\*innenbildung berücksichtigen. Diese sehen Studienbestandteile zur Professionalisierung im Lehrberuf in den Bereichen Fachwissenschaft und Fachdidaktik in zwei Fächern, Schulpraktika und Erziehungswissenschaft vor (Korneck et al., 2010, S. 33; KMK, 2014; KMK, 2015). „Diese fehlenden Studienanteile sind im Laufe des Referendariats nicht nachzuholen. Sie müssen vielmehr durch spezifisch auf die Situation von Quereinsteigern zugeschnittenen Qualifikationsangeboten kompensiert werden“ (Korneck et. al., 2010, S. 33).

Im Folgenden wird ein Projekt der Freien Universität Berlin vorgestellt, welches einen Lösungsansatz für die vorgestellte Problemstellung verfolgt.

### **Der Q-Master: Zielsetzung und Konzeption**

Im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung wurde innerhalb des an der Freien Universität Berlin durchgeführten Projektes „K2teach - Know how to teach“<sup>1</sup> das Teilprojekt „Q-Master: Qualifizierung von Quereinsteiger\*innen im Master of Education“ initiiert.

Es handelt sich hierbei um ein Qualifizierungsangebot für Quereinsteiger\*innen vor dem Antritt des Referendariats. Das Projekt verfolgt das Ziel, die Quereinsteiger\*innen innerhalb eines viersemestrigen Master of Education ausreichend für den anschließenden Vorbereitungsdienst zu qualifizieren und dabei ein ähnliches Ausbildungsniveau wie die regulären Lehramtsstudierenden zu erreichen.

Die Herausforderungen bei der Konzipierung eines solchen Studienganges bestehen zum einen darin, ein Studienprogramm zu entwickeln, das die individuellen Voraussetzungen der Interessierten berücksichtigt. Zum anderen muss darauf geachtet werden, dass die ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen der KMK erfüllt werden (vgl. KMK, 2014; KMK, 2015). Zudem muss sich in einem solchen Programm auch der Studienaufwand in einem machbaren und auch formal-rechtlich sinnvollen Rahmen bewegen. Der Studiengang muss akkreditierbar sein, und es muss gelingen, dass in nur vier Semestern zahlreiche fachliche, fachdidaktische und erziehungswissenschaftliche Studienanteile absolviert werden. Eine weitere Herausforderung bestand darin, dass in dieses Studienangebot auch das im Land Berlin neu eingeführte Praxissemester integriert werden sollte.

#### **Der Q-Master: Zugangsvoraussetzungen und Umsetzung**

Um den ab dem Wintersemester 2016/17 als Modellversuch im Land Berlin zugelassenen „Q-Master“ („Masterstudiengang für das Lehramt an Gymnasien mit dem Profil Quereinstieg“) studieren zu können, müssen die Bewerber\*innen einen Hochschulabschluss in einem Magister-, Diplom- oder Einfach- bzw. Monobachelorstudiengang vorweisen. Aus diesem Abschluss müssen sich zwei Unterrichtsfächer ableiten lassen. Dabei können die Fächer Informatik, Mathematik, Physik sowie Italienisch, Französisch, Spanisch, Englisch, Deutsch und Geschichte gewählt werden. Deutsch und Geschichte dürfen nicht kombiniert werden, da beide Fächer nicht als Mängelfächer gelten und daher nur in Kombination mit einem „Mangelfach“ sinnvoll sind und nur im Zweifach studiert werden können.

Des Weiteren müssen als Zulassungsvoraussetzung aus dem Erststudium fachwissenschaftliche Anteile von insgesamt 110 Leistungspunkten (LP) mitgebracht werden, davon mindestens 20 LP in einem zweiten Fach (Fach 2). Unter der Berücksichtigung dieser geforderten Leistungen und der KMK-Vorgaben werden im Q-Master Studienanteile im Umfang von

- 35 LP Fachwissenschaften im Fach 2,
- 44 LP Fachdidaktik in Fach 1 und Fach 2,
- 21 LP Erziehungswissenschaften,
- 5 LP Deutsch als Zweitsprache/Sprachbildung,

absolviert. Zusätzlich werden 15 LP für die Masterarbeit vergeben, die im Fach 2 geschrieben wird. Dies ergibt insgesamt den von der KMK geforderten Umfang von 120 LP für Masterstudiengänge.

Ein Novum stellen die in der Studienordnung festgelegten, obligatorischen Studienberatungen vor Beginn der Vorlesungszeit im ersten Semester und am Ende des zweiten Semesters dar. Hiermit soll auf die individuellen Voraussetzungen der Q-Masterstudierenden eingegangen werden, da in diesen Beratungen ein individueller Studienverlaufsplan erstellt wird, der auf ihre Bedürfnisse angepasst ist. Daher können die

<sup>1</sup> Das Projekt **K2teach** (<http://www.fu-berlin.de/sites/k2teach>) wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Studienangebote sowohl aus den vorhandenen Modulen des Lehramtsbachelors als auch des Lehramtsmasters der Freien Universität Berlin gewählt werden. Ein deutlicher Schwerpunkt liegt aber bei einer Auswahl aus den Mastermodulen. Das Praxissemester erfolgt dann gemeinsam mit den regulären Lehramtsstudierenden. In Abbildung 1 ist ein möglicher Studienverlaufsplan dargestellt.

Semester	Erziehungswissenschaft		Fach 1		Fach 2	
1. FS 30 LP	Lernförderung und Lernmotivation im Gymnasium 5 LP	Pädagogische Diagnostik im Gymnasium 5 LP			Fachwissenschaft Fach 2 20 LP	
2. FS 30 LP	Sprachbildung/ Deutsch als Zweitsprache 5 LP		Fachdidaktik Fach 1 5 LP	Fachdidaktik Fach 2 5 LP	Fachwissenschaft Fach 2 10 LP	
3. FS Praxissemester 30 LP	Lernforschungsprojekt – Gymnasium 11 LP		Schulpraktische Studien im Unterrichtsfach Fach 1 12 LP	Schulpraktische Studien im Unterrichtsfach Fach 2 12 LP		
4. FS 30 LP			Fachdidaktik Fach 1 5 LP	Fachdidaktik Fach 2 5 LP	Fachwissenschaft Fach 2 5 LP Masterarbeit 15 LP Fach 2	

Abb. 1: Fächerunspezifischer exemplarischer Studienverlauf im Q-Master

### Evaluation und Begleitforschung

Obwohl es in der Bundesrepublik Deutschland seit Mitte der 70er Jahre gängige Praxis ist Physiker\*innen direkt in den Schuldienst einzustellen, beschränkt sich das Thema Quereinstieg in der Forschung bislang auf wenige Studien aus Deutschland und der Schweiz (vgl. Engelage, 2013, S. 52). Daher soll in diesem Projekt auch die Chance genutzt werden, die Forschungslücken zum Thema Quereinstieg zu verringern. Dabei werden verschiedene Ansätze zur Beforschung der Studierenden im Q-Master verfolgt:

- ein Vergleich der Quereinstiegsstudierenden mit den regulären Lehramtsstudierenden der Freien Universität Berlin
- teilweise Replizieren einer Studie aus dem Quereinstiegsprogramm „QUER“ der Technischen Universität Dresden aus dem Jahr 2014 (vgl. Melzer et. al., 2014)
- ein Vergleich der Q-Masterstudierenden während/nach Durchlaufen des Q-Masters mit den Quereinsteiger\*innen (ohne Qualifizierungsprogramm) aus der Studie von Jan Lamprecht (2011)

In einer ersten Befragung zu Studienbeginn werden soziodemografische Daten, pädagogische Vorerfahrungen und Berufswahlmotive nach Watt et. al. (2012) aller Studierender im Q-Master erhoben (vgl. Melzer et. al., 2014). Im Laufe des Studiums soll der Fokus aber auch auf Überzeugungen zum Beruf und Fach gerückt werden (vgl. Lamprecht, 2011), sowie auf den Erwerb von fachlichen und fachdidaktischen Kompetenzen.

Zur Evaluation des Studienganges wird es zudem eine Erhebung zur Studienzufriedenheit nach Albrecht & Nordmeier (2013) geben. Zusätzlich wird innerhalb des K2teach-Projektes eine Gesamtevaluation durchgeführt, in der das Praxissemester beforscht wird und allgemeine kognitive Fähigkeiten aller Lehramtsmaster- und Q-Masterstudierenden erhoben werden. Eine gemeinsame Kodierung macht es möglich, auch diesen Daten als Kovariablen mit einzubeziehen. Mit Hilfe der Evaluation und durch Anregungen der Studierenden im Q-Master kann dieser neu geschaffene Studiengang für weitere Durchläufe optimiert und noch besser an die Zielgruppe angepasst werden.

**Literatur**

- Albrecht, A. und Nordmeier, V. (2013): Interventionsstudie im Lehramtsstudium der Physik – dem Erfolg auf der Spur. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule* 1/12, S. 62-72
- Engelage, S. (2013): Die Bedeutung von Lebens- und Berufserfahrung für den Lehrberuf – Quereinsteigende und Regelstudierende im Vergleich. In: *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, Heft 6 (1), S. 50-69
- Heise, H.; Sinzinger, M.; Struck, Y. und Wodzinski, R. (2014): DPG-Studie zur Unterrichtsversorgung im Fach Physik und zum Wahlverhalten der Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf das Fach Physik. Deutsche Physikalische Gesellschaft
- Korneck, F.; Lamprecht, J.; Wodzinski, R. und Schecker, H. (2010): Quereinsteiger in das Lehramt Physik - Lage und Perspektiven der Physiklehrausbildung in Deutschland. Deutsche Physikalische Gesellschaft
- Lamprecht, J. (2011): Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasium im Fach Physik. Logos Verlag (Studien zum Physik- und Chemielernen Band 125), Berlin
- Melzer, W.; Pospiech, G. und Gehrman, A. (2014): Abschlussbericht Quer - Qualifikationsprogramm für Akademiker zum Einstieg in den Lehrberuf. URL: [https://tu-dresden.de/die\\_tu\\_dresden/zentrale\\_einrichtungen/zlsb/weiterbildung/Expertise\\_QUER.pdf](https://tu-dresden.de/die_tu_dresden/zentrale_einrichtungen/zlsb/weiterbildung/Expertise_QUER.pdf) (Stand: 02.06.2016)
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2011): Lehrereinstellungsbedarf und Lehrereinstellungsangebot in der Bundesrepublik Deutschland Modellrechnung 2010 – 2020. URL: [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/BERICHT\\_MODELLRECHNUNG\\_online.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/BERICHT_MODELLRECHNUNG_online.pdf) (Stand: 02.06.2016)
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2014): Standards für die Lehrerbildung – Bildungswissenschaften. URL: [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf) (Stand: 02.06.2016)
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2015): Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. URL: [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2008/2008\\_10\\_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf) (Stand: 02.06.2016)
- Watt, H. M. G.; Richardson, P. W.; Klusmann, U.; Kunter, M.; Beyer, B.; Trautwein, U. und Baumert, J. (2012): Motivations for choosing teaching as a career: An international comparison using the FIT-Choice scale. In: *Teaching and Teacher Education*, H. 28, S. 791–805.
- Weinmann-Lutz, B. (2006): Berufswechsel und Studium bei Erwachsenen am Beispiel angehender Lehrerinnen und Lehrer. Waxmann Verlag, Münster

Vanessa Schad<sup>1</sup>  
 Eva Cauet<sup>1</sup>  
 Alexander Kauertz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Koblenz-Landau

## **Selbstreguliertes Lernen in einer komplexen Experimentierumgebung**

### **Theoretischer Hintergrund**

Die experimentelle Kompetenz von Schülerinnen und Schülern (SuS) wird nach den Beschlüssen der Kultusministerkonferenz (2004) in den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung eingeordnet. Studien belegen, dass Lernende beim Experimentieren nicht systematisch und strategisch vorgehen (de Jong & van Joolingen, 1998; Hamman, 2004). Auch der Umfang und die Qualität des erworbenen Fachwissens aus Experimenten erfüllt nicht die Erwartungen (Hofstein & Lunetta, 1982).

Eine Möglichkeit systematisches Vorgehen beim Experimentieren und den Erwerb von flexibel anwendbarem Fachwissen gleichzeitig zu fördern, stellt das selbstregulierte Lernen (SRL) dar. Selbstreguliertes Lernen in interaktiven Lernumgebungen, wie zum Beispiel in Schülerexperimenten im Physikunterricht, beschreibt einen vollständigen Lernprozess und umfasst zwei Teilziele: das Identifizieren und Integrieren von Informationen (Wirth & Leutner, 2006). Zum Identifizieren neuer Informationen sollen die SuS hypothesengeleitet Strategien der Erkenntnisgewinnung einsetzen und somit einen naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess nach dem SDDS-Modell von Klahr und Dunbar (1988) durchlaufen. Dies setzt ein Mindestmaß an domänenspezifischem Wissen voraus (Wirth & Leutner, 2006). Die Integration stellt einen Verarbeitungsprozess von Informationen dar, der die Aktivierung der eigenen Wissensbasis und die Anknüpfung neuer Informationen an diese erfordert. Entscheidend für erfolgreiches Lernen ist das Erreichen beider Teilziele (Wirth & Leutner, 2006). Hierzu sollen geeignete kognitive Strategien genutzt werden. Geeignete Strategien zum Identifizieren neuer Informationen im Rahmen naturwissenschaftlich-experimenteller Settings stellen die isolierende Variablenkontrolle, Experimentierserien und Extremwertzuweisungen dar (Klahr, Dunbar & Fay, 1991). Zum Integrieren eignen sich Reduktions-, Elaborations-, Organisations- und Wiederholungsstrategien (Weinstein & Mayer, 1986).

Die bisherige Forschung zeigt, dass SRL durch Experimentieren, aufgrund der Bedingung beide Teilziele zu erreichen, hohe Anforderungen an die Lernenden stellt (Wirth & Leutner, 2006). Lernende zeigen ein Produktionsdefizit, d.h. sie verfügen zwar über Strategiewissen zum Identifizieren und Integrieren, können dieses aber nicht spontan nutzen (Flavell, 1971; Veenman, Kerseboom & Imthorn, 2000). Klauer (1992) konnte zudem zeigen, dass SuS ihr Fachwissen zur Erklärung neuer Sachverhalte beim Problemlösen nicht anwenden.

Die Notwendigkeit der Unterstützung von Selbstregulation in Lernumgebungen, um zum Beispiel das Produktionsdefizit zu überwinden, wird daher in zahlreichen Studien hervorgehoben (Azevedo & Hadwin, 2005). Der Experimentierprozess wird als eine Interaktion zwischen äußerer Unterstützung und interner Regulation beschrieben. Neben Strategietrainings als direkter äußerer Unterstützungsform (vgl. Friedrich & Mandl, 1992), können Prompts, die potenzielles Wissen, Fertigkeiten oder Strategien in Form von Tipps oder Fragen aktivieren, als indirekte äußere Unterstützungsform eingesetzt werden (Marschner, 2011). Bislang wurden Effekte von SRL-Prompts lediglich in Bezug auf die Nutzung von Strategien untersucht, nicht aber auf das Einbringen von Fachwissen in den naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess. An dieser Forschungslücke setzt das hier vorgestellte Forschungsprojekt an. Studien zur Wirkung von Prompts auf die Strategienutzung zeigen, dass Prompts einen positiven Effekt auf die Nutzung von bereits bekannten Strategien zum Identifizieren haben und daher helfen können ein diesbezügliches

Produktionsdefizit zu überwinden (Thillmann, 2008). Effekte auf weniger bekannte Strategien zum Integrieren konnten allerdings nicht nachgewiesen werden (Thillmann, 2008). Letztere spielen aber insbesondere für die Aktivierung der eigenen Wissensbasis und für die Anknüpfung an diese eine Rolle, was zum einen Voraussetzung für die Anwendung von Fachwissen, und im Sinne eines konstruktivistischen Lernverständnisses Voraussetzung für einen Fachwissensaufbau auf Seite der Lernenden ist (Schreiber, 1998). Weniger bekannte Strategien können in Strategietrainings vermittelt werden. Da Strategietrainings zwar förderlich sind, die Strategienutzung aber nicht sicherstellen (Friedrich & Mandl, 1992), bietet sich zur Förderung des SRL durch Experimentieren eine Kombination aus Strategietraining und Prompting an.

#### **Forschungsfrage**

Aus der beschriebenen Forschungslücke ergibt sich folgende Fragestellung: Wie wirkt eine Kombination von Prompting und Strategietraining auf das Einbringen von Fachwissen in einem gemeinsamen naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess von Kleingruppen beim Experimentieren?

#### **Design und Methoden**

Die Forschungsfrage soll im Rahmen eines 2x2-faktoriellen Designs in einer Stichprobe von SuS der 10. Klasse (Gymnasium) untersucht werden. Die Lernenden durchlaufen in Kleingruppen aus 3-4 SuS im Schülerlabor der Universität Koblenz-Landau eine experimentelle Lernumgebung zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge?“ (adaptiert aus dem Projekt INTeB, Wagner, 2016) und werden dabei videographiert. Abbildung 1 zeigt die Verteilung der SuS auf die Experimentalgruppen.

		<b>Strategietraining</b>	
		nein	ja
<b>Prompting</b>	nein	Experimentalgruppe 1	Experimentalgruppe 2
	ja	Experimentalgruppe 3	Experimentalgruppe 4

*Abb. 1 Einteilung der Experimentalgruppen*

Als abhängige Variable wird die Strukturierung des Problemlöseprozesses (adaptiertes Kategoriensystem nach Heine & Kauertz, 2013), das Einbringen des Fachwissens in den naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess (Knobloch, 2011), sowie die Komplexität der Wissensstruktur (Knobloch, 2011) zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge“ nach Durchlaufen der Lernumgebung betrachtet.

Die Experimentalgruppen 3 und 4 prüfen den Effekt von Prompts in Kombination mit und ohne Strategietraining auf die abhängigen Variablen, während die Experimentalgruppen 1 und 2 der Validierung des Strategietrainings dienen.

Als Kontrollvariablen werden im Rahmen eines Prä-Post-Designs Fachwissen (Bachelorarbeit Ritzmann), Strategiewissen (Thillmann, 2008) und unmittelbar vor dem Durchlaufen der Lernumgebung Motivation und Interesse der SuS (Blumberg, 2008) erhoben. Um sicherzustellen, dass die SuS physikalisches Fachwissen in den Problemlöseprozess einbringen und so hypothesengeleitet arbeiten können, werden die zum Verständnis des Phänomens „Warum fliegen Flugzeuge“ notwendigen Fachinhalte in einer von der Autorin durchgeführten fachlichen Einführung im Rahmen des Physikunterrichts erarbeitet. Die Erhebung soll an zwei im Abstand von 1-2 Wochen aufeinanderfolgenden Erhebungsterminen stattfinden (vgl.: Abbildung 2). Der erste Termin wird in der Schule

durchgeführt, der zweite findet im Schülerlabor der Universität Koblenz-Landau statt. Die zentralen Elemente beider Erhebungstermine werden im Folgenden genauer erläutert.

<b>1. Termin Schule /90 min</b>	<b>2. Termin Campus Landau /180 min</b>
Konzeptbildung durch Erarbeitung verallgemeinerter Wechselwirkungs- und Systemaspekten mittels Kontextualisierung und Dekontextualisierung (Oser & Baeriswyl, 2001) (30min)	Fragebogen zu Motivation und Interesse (15 min)
<b>Strategietraining</b> (30min)	Videographie der Lernumgebung „Warum fliegen Flugzeuge?“ (90min)
1. Strategieinstruktion im Kontext 2. Bewusstmachen über die Nützlichkeit der Strategie 3. Einübung der trainierten Strategie	1. Station: Schräger Flügel 2. Station: Flügelformen 3. Station: Strömungsmodell
	<b>Prompts</b> zum SRL durch Experimentieren
	Posttest (30 min)
Pretest (30 min)	Präsentation der Ergebnisse zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge?“ (30min)

Abb. 2 Ablauf der Datenerhebung

#### *Fachliche Einführung*

Mit den SuS werden verallgemeinerte Wechselwirkungs- und Systemaspekte erarbeitet. Dies erfolgt über Kontextualisierung und Dekontextualisierung von Fachinhalten zum Kraft-Gegenkraft-Prinzip, dem Bernoulli-Prinzip und der Drehimpulserhaltung im Sinne der Handlungssequenzierung der Konzeptbildung nach Oser & Baeriswyl (2001).

#### *Strategietraining*

Anhand eines prototypischen Kontextes werden die SuS der Experimentalgruppen 1 und 3 in die Strategie Wissensschemata (Kopp & Mandl, 2006) eingeführt. Ihnen wird die Nützlichkeit dieser Strategie explizit erläutert, um sie zu deren Nutzung anzuregen. Die Einübung der neuen Strategie erfolgt anhand mehrerer Übungsbeispiele (Veenmann, van Hout-Wolters & Afflerbach, 2006).

#### *Lernumgebung „Warum fliegen Flugzeuge?“*

Die Lernumgebung besteht aus drei Experimenten (adaptiert aus dem Projekt INTeB, Wagner, 2016). Die SuS werden hier vor drei Teilprobleme gestellt, die zur Lösung des Hauptproblems „Warum fliegen Flugzeuge?“ beitragen und sinnvoll aufeinander bezogen werden müssen

#### *Prompts zum SRL durch Experimentieren*

Experimentalgruppen 1 und 2 erhalten während dem Experimentieren Prompts zum Integrieren. Es handelt sich dabei um metakognitive Prompts, die zur Reflexion des eigenen Handelns anregen sollen (z.B. „Erinnere Dich an das Prinzip der Wechselwirkung und die Systemaspekte aus der Einführung. Wie können Dir diese zur Lösung des Problems weiterhelfen?“) (Lin & Lehman, 1999).

#### *Präsentation der Ergebnisse zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge?“*

Die SuS sollen auf Grundlage der drei Experimente eine Erklärung zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge?“ präsentieren und werden dabei videographiert.

Eine erste Präpilotierung mit 67 SuS hat bereits stattgefunden und wird derzeit ausgewertet.

### Literatur

- Azevedo, R. & Hadwin, A.F. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition- Implications for design of computer-based scaffolds. *Instructional Science*, 33, 367- 379.
- Blumberg, E. (2008). Multikriteriale Zielerreichung im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht der Grundschule. Eine Studie zum Einfluss von Strukturierung in schülerorientierten Lehr-Lernumgebungen auf das Erreichen kognitiver, motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen, Dissertationsschrift. Westfälische Wilhelms-Universität. Münster.
- De Jong, T. & van Joolingen, W.R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-201.
- Flavell, J.H. (1971). First discussant's comments: What is memory development the development of? *Human Development*, 14, 272-278.
- Friedrich, H.F. & Mandl, H. (1992). Lern- und Denkstrategien- Ein Problemaufriss. In H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien: Analyse und Intervention* (S.3-54). Göttingen: Hogrefe.
- Hamman, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung-dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*. 57/4, 196-203.
- Heine, D. & Kauertz, A. (2013). Naturwissenschaftliche Lernprozesse von Grundschulern. In: S. Bernholt (Eds.), *Inquiry-based Learning- Forschendes Lernen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: Lit Verlag, S. 701-703.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (1982). The role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988), Dual Space Search During Scientific Reasoning, *Cognitive Science* 12, S. 1-48
- Klahr, D., Dunbar, K. & Fay, A.L. (1991). Designing good experiments to test bad hypotheses. In J. Shrager & P. Langley (Eds.), *Computational models of discovery and theory formation*. (pp. 355-401). San Mateo, CA: Morgan-Kaufman.
- Klauer, K.J. (1992). Problemlösestrategien im experimentellen Vergleich: Effekte einer allgemeinen und einer bereichsspezifischen Strategie. In H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien: Analyse und Intervention* (S.3-54). Göttingen: Hogrefe
- Knobloch, R. (2011). Analyse der fachinhaltlichen Qualität von Schüleräußerungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg. (Dissertationsschrift). Universität Duisburg-Essen. Fakultät für Chemie, Essen
- Kopp, B. & Mandl, H. (2006). Wissensschemata. In F. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien*. (S. 127-134). Göttingen: Hogrefe.
- Lin, X. & Lehman, J.D. (1999). Supporting learning of variable control in a computer-based biology environment: Effects of prompting college students to reflect on their own thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 837-858.
- Marschner, J. (2011). Adaptives Feedback zur Unterstützung des selbstregulierten Lernens durch Experimentieren (Dissertationsschrift). Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.
- OECD. (2004). Problem solving for tomorrow's world. First measurements of cross-curricular competencies from PISA 2003. Paris: OECD.
- Oser, F. K. & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In V. Richardson (Eds.), *Handbook of Research on Teaching* (4th Edition) (pp.1031-1065). Washington: American Educational Research Association.
- Schreiber, B. (1998). *Selbstreguliertes Lernen*. Münster: Waxmann.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Thillmann, H. (2008). *Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung* (Dissertationsschrift). Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.
- Veenman, M.V.J., Kerseboom, L. & Imthorn C. (2000). Test anxiety and metacognitive skillfulness: Availability versus production deficiencies. *Anxiety, Stress and Coping*, 13, 391-412.
- Veenman, M.V.J., van Hout-Wolters, B.H.A.M. & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, 1, 3-14.
- Wagner, K. (2016). *Unterstützende und hemmende Faktoren für den Einsatz eines mobilen Lernarrangements* (Dissertationsschrift). Pädagogische Hochschule Weingarten, Weingarten.
- Weinstein, C.E. & Mayer, R.E. (1986). The teaching of learning strategies. In: M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on Teaching* (3.Ed., pp. 315-327). New York: Macmillan.
- Wirth, J. & Leutner, D. (2006). Selbstregulation beim Lernen in interaktiven Lernumgebungen. In F. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien*. (S. 172-184). Göttingen: Hogrefe.

## Die Rolle der Information beim forschenden Lernen im Fernlabor

Unter welchen Bedingungen können sich Schülerinnen und Schüler im Fernlabor selbstständig Wissen aneignen? Auf welche Weise sollten Informationen dargeboten werden?

### Einführung und theoretische Basis

Die Spektroskopie ist ein zentraler Unterrichtsinhalt, der auch vorzügliche Ansatzpunkte für ein forschend-entdeckendes Lernen in verschiedenen Facetten eröffnet. Die Gestaltung der Informationsangebote zu den experimentellen Grundlagen und den möglichen Arbeitsweisen ist dabei ein wichtiger Faktor für effektive Lernprozesse und soll in diesem Beitrag nach einem kurzen theoretischen Aufriss genauer betrachtet werden.

#### *Spektrometrie im Fernlabor*

Seit Bohr die Beziehung zwischen optischen Spektren und der Struktur der Atomhülle entdeckt hat, ist die Spektrometrie ein bedeutendes Verfahren in der Physik und der Chemie. Zudem ist die Analyse von Spektren wichtig für die Betrachtung optischer Wellenphänomene und das Verständnis der Farbwahrnehmung. Da Spektrometer jedoch teuer sind und für Energiemessungen eine aufwendige Kalibrierung nötig ist, wurde ein über das Internet fernsteuerbares Experiment entwickelt. Mit diesem können sechs verschiedene Leuchtmittel vom Emissionsspektrum bis hin zur spektralen Abstrahlcharakteristik untersucht werden (vgl. Thoms & Girwidz, 2015).

#### *Forschendes Lernen*

Banchi & Bell (2008) beschreiben vier Ebenen des forschenden Lernens mit ansteigendem Öffnungsgrad und fortschreitender Rücknahme vorgegebener Struktur. Auf der ersten Ebene *Confirmation Inquiry* bestätigen Schülerinnen und Schüler durch ihre Lerntätigkeit Ergebnisse, welche bereits im Voraus bekannt sind. Bei *Structured Inquiry* untersuchen Lernende eine von der Lehrkraft präsentierte Fragestellung anhand einer vorgegebenen Prozedur. Die dritte Ebene *Guided Inquiry* bedeutet, dass Lernende eine von der Lehrkraft vorgegebene Fragestellung mithilfe einer selbst gewählten Methode untersuchen. Auf der höchsten Ebene *Open Inquiry* setzen sich Lernende mit eigenen Fragestellungen anhand selbst entwickelter oder selbst gewählter Methoden auseinander.

#### *Informationsdarbietung*

Da die zu untersuchenden Themen neu für die Schülerinnen und Schüler sind, benötigen sie zusätzliche Informationen zu den Grundlagen (z. B. zum Versuchsaufbau). Somit stellt sich die Frage, *welche* Information *wann* angeboten werden sollte? Und *wie* sollten diese dargeboten werden? Zur Klärung der Frage, wie die Information angeboten werden sollte, wurde das Instruktionsmaterial in Anlehnung an drei informationstheoretische Konzepte variiert (vgl. Thoms & Girwidz, 2016):

*Strukturell-attributive* Information beschreibt die Struktur eines Systems und lässt die Bedeutung der Information für den Rezipienten außer Acht. Aus Schülerperspektive hilft strukturell-attributive Information dabei sich zu *orientieren*, z. B. bei der Arbeit mit einem komplexen Versuchsaufbau.

*Funktional-kybernetische* Information vermittelt die Funktion einzelner Teile eines Systems und bezieht somit die semantische Bedeutung für den Rezipienten mit ein. Außerdem soll funktional-kybernetische Information Schülerinnen und Schülern helfen, einzelne Aspekte

miteinander zu *verknüpfen*, z. B. wie die einzelnen Elemente eines Versuchsaufbaus miteinander interagieren.

*Pragmatische* Information soll hier im Sinne von Morris (1938) verstanden werden als Information, die eine implizite Handlungsanweisung für den Rezipienten beinhaltet. Dadurch sollen Schülerinnen und Schüler zum *Handeln*, also zur Arbeitsaufnahme angeregt werden.

### Untersuchungsmethode

Zur Klärung der Frage, wie sich die Art der Informationsdarbietung bei verschiedenen Inquiry-Levels auf den Bearbeitungserfolg und den Wissenserwerb beim entdeckenden Lernen im Fernlabor auswirkt, wurde ein 3 (Informationsdarbietung: strukturell-attributiv vs. funktional-kybernetisch vs. pragmatisch)  $\times$  3 (Inquiry-Level: confirmation vs. structured vs. guided) Zwischen-Subjekt-Design durchgeführt, in dem sich die Teilnehmer in einer integrierten Lernumgebung selbstständig in die Atomphysik einführen.

An der Untersuchung haben 279 Schülerinnen und Schüler aus der neunten Jahrgangsstufe von zehn bayerischen Gymnasien teilgenommen. Das durchschnittliche Alter betrug 14,6 Jahre (SD = 0,70; 56,6% weiblich).

Die Teilnehmer wurden randomisiert einem der neun Treatments zugewiesen und arbeiteten 90 Minuten mit der Lernumgebung. Im Anschluss wurde ein Einfachauswahl-Wissenstest mit 67 Items durchgeführt. Die Fragen decken mehrere Wissensbereiche ab. Einerseits verschiedene Inhalte:

- Kategorien von Spektren / Versuchsaufbau / Zusammenhang von Spektralfarbe und Photonenergie / Energieberechnungen und -umrechnungen / Leuchtmittel,
- andererseits verschiedene Wissenstypen:
- deskriptiv / prozedural,
  - Orientieren / Verknüpfen / Handeln (bezogen auf das Wissen, welches durch eine bestimmte Art der Informationsdarbietung intendiert vermittelt werden sollte).

### Auswertung

Eine zentrale Annahme von Latent-Trait-Modellen wie dem Rasch-Modell und Bedingung für deren Gültigkeit ist, dass die Schwierigkeit jedes Items eines Tests nur von dem zu messenden latenten Konstrukt abhängig ist. Dies bedeutet, dass ein Test für unterschiedliche Subgruppen der zu untersuchenden Grundgesamtheit nicht unterschiedlich schwierig sein darf. Sollte dies der Fall sein, wird das als differentielle Itemfunktionsweise (differential item functioning, DIF) beschrieben. Ein Test, der anhand eines Latent-Trait-Modells ausgewertet werden soll, muss also sorgsam auf DIF hin untersucht werden und DIF aufweisende Items müssen aus dem Test entfernt werden.

Im Gegensatz zur Kompetenzdiagnostik, in der über einen längeren Zeitraum hinweg erworbene Kompetenzen erhoben werden sollen, ist bei einem Interventionsexperiment grundsätzlich DIF zu erwarten. Ziel der Intervention ist ja gerade, dass durch die Intervention die Fähigkeiten eines Probanden und damit die Lösungswahrscheinlichkeit für die entsprechende Subgruppe heraufgesetzt wird.

Techniken zur Identifikation von DIF können jedoch genutzt werden, um im Rahmen der probabilistischen Testtheorie genau jene Items zu identifizieren, deren Lösungswahrscheinlichkeit durch eine bestimmte Intervention beeinflusst wird.

Die von Tutz & Berger (2015) vorgeschlagene rekursive Partitionierungstechnik zur Identifikation von DIF bietet gegenüber anderen Verfahren praktische Vorteile:

- Es können mehrere Kovariaten gleichzeitig als DIF-auslösende Variablen in Betracht gezogen werden,
- es müssen keine Referenzgruppen festgelegt werden,
- die Analyse erfolgt itemweise und nicht global, was es ermöglicht, DIF-erzeugende Items aufzudecken,

- bei mehreren DIF-induzierenden Items lassen sich diese hierarchisch in einer Baumstruktur ordnen.

Die Antworten des Wissenstests wurden mithilfe des R-Pakets DIFtree auf DIF hin basierend auf einem logistischen Modell untersucht. Dabei wurden die Faktorstufen der beiden Faktoren dummycodiert und als Kovariaten in das Modell aufgenommen. Elf Items zeigen eine differentielle Itemfunktionsweise.

Für Probanden, die mit *Confirmation Inquiry* gelernt haben, ist ein Item signifikant schwieriger, für Probanden mit *Structured Inquiry* ein anderes Item. Fünf weitere Items sind hingegen für Probanden die *Guided-Inquiry*-Varianten erhalten haben deutlich einfacher. Weitere Items sind bei *strukturell-attributiver* und *pragmatischer* Informationsdarbietung schwieriger.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse der DIF-Analyse weisen darauf hin, dass als Inquiry-Level „*Guided Inquiry*“ und als Informationsdarbietungsart „*pragmatisch*“ gewählt werden sollte, damit die DIF-aufweisenden Items mit höherer Wahrscheinlichkeit gelöst werden können.

Was hierbei jedoch nicht berücksichtigt werden kann sind Interaktionseffekte zwischen der Wahl des Inquiry-Levels und der Informationsdarbietungsart. Um diese möglichen Interaktionseffekte aufzudecken, wurde zusätzlich eine teststärkere logistische Regressionsanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse der logistischen Regressionsanalyse bestätigen und erweitern die Erkenntnisse aus der DIF-Analyse:

- Eine **stärkere Führung als Guided Inquiry** ist für Schülerinnen und Schüler der neunten Jahrgangsstufe **nicht lernförderlich**,
- dies gilt auch für Untergruppen; es konnte bisher keine Gruppe von Schülerinnen und Schülern identifiziert werden, für die eine stärkere Strukturierung gewählt werden sollte (z. B. abhängig von Geschlecht, Alter, Vornote, aktualisierter Motivation).
- Die **funktional-kybernetische Informationsdarbietung** ist unabhängig vom gewählten Inquiry Level der strukturell-attributiven Informationsdarbietung **überlegen**, woraus sich eine klare Implikation für die Erstellung von schulischen Arbeitsmaterialien, insbesondere Versuchsbeschreibungen, ergibt.
- Eine **pragmatische Informationsdarbietung** kann **mehr oder weniger lernförderlich** sein **als** eine **funktional-kybernetisch**; wird jedoch **Guided Inquiry** als Ebene des forschenden Lernens festgelegt, so zeigt die **funktional-kybernetische** Beschreibung die **besten** Effekte auf den Wissenserwerb.

Eine besonders gute Förderung des einer Informationsdarbietung zugeordneten Wissenstyps (*Orientieren, Verknüpfen, Handeln*) konnte nicht nachgewiesen werden.

### Diskussion

Die in dieser Untersuchung verwendete computerbasierte Lernumgebung würde eine adaptive Wahl des besten Lernwegs für einen einzelnen Schüler prinzipiell ermöglichen. Denkbar wäre z. B. den Öffnungsgrad anhand der aktualisierten Motivation zu wählen oder die Informationsdarbietungsart an das Vorwissen anzupassen. Jedoch ist bei Schülerinnen und Schülern der neunten Jahrgangsstufe unter allen Bedingungen ein Setting des forschenden Lernens, bei dem sich die Schülerinnen und Schüler sowohl die Lösung als auch den Lösungsweg selbst erarbeiten (*Guided Inquiry*) am besten geeignet. Besonders in Kombination mit einer Art der Informationsdarbietung, bei der die Zusammenhänge zwischen einzelnen Elementen und deren funktionale Bedeutung herausgestellt werden (*funktional-kybernetische Informationsdarbietung*), wirkt sich dies am besten auf den Wissenserwerb aus. Dies gilt unabhängig vom Inhaltsbereich und der Art des Wissens.

**Literatur**

- Banchi, H. & Bell, R. L. (2008). The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46, 26-29.
- Morris, C. W. (1938). *Foundations of the Theory of Signs*. International Encyclopedia of Unified Science. Chicago: University of Chicago Press.
- Thoms, L.-J. & Girwidz, R. (2016). Einfluss der Vorinformation auf den Wissenserwerb beim Experimentieren im Fernlabor. Einfluss der Art gegebener Vorinformation auf die kognitive Belastung beim entdeckenden Lernen im Fernlabor. *PhyDid B*, 1-8.
- Thoms, L.-J. & Girwidz, R. (2015). Training and assessment of experimental competencies from a distance: Optical spectrometry via the Internet. *Il Nuovo Cimento C*, 38(3), 1-10.
- Tutz, G. & Berger, M. (2015). Item-focussed Trees for the Identification of Items in Differential Item Functioning. *Psychometrika*, 1-24.

Maria Weisermann<sup>1</sup>  
 Lorenz Kampschulte<sup>1</sup>  
 Ron Blonder<sup>2</sup>  
 Mareike Klostermann<sup>3</sup>  
 Ilka Parchmann<sup>1</sup>

IPN an der Universität zu Kiel  
 Weizmann Institute of Science  
 Bernhard-Riemann-Gymnasium Scharnebeck

## Responsible Research and Innovation – Konzepte für den Unterricht

Das EU-Projekt IRRESISTIBLE ([www.irresistible-project.eu](http://www.irresistible-project.eu)) hat sich zum Ziel gesetzt, den verantwortungsvollen Umgang mit Forschungs- und Innovationsergebnissen (**R**esponsible **R**esearch and **I**nnovation, RRI) bereits in der Schule zu thematisieren. Dabei sollen Schülerinnen und Schüler früh für Wissenschaft, die dahinter stehenden Prozesse und die daraus resultierenden Ergebnisse sensibilisiert werden. Im Rahmen dieses Projekts wurden von den zehn Partnerländern insgesamt 17 Lernmodule zu aktuellen Forschungsthemen entwickelt (siehe Tabelle 1) und anschließend in Schulen erprobt. Zur Erhöhung der Authentizität und Verbesserung des Verständnisses der Schülerinnen und Schüler beziehen die Module immer auch informelle Lernorte wie Schülerlabore, wissenschaftliche Labore oder Museen mit ein.

Lernmodul	Sprachen	Lernmodul	Sprachen
Carbohydrates in breast milk		Evaluate Earth's Health through Polar Regions	
Nano in health science (Nanosilber – Eine gute Idee?)		Plastic – Bane of the Oceans (Plastik – Fluch der Meere)	
The RRI of Perovskite-Based Photovoltaic Cells		Offshore Wind Energy (Offshore Windenergie)	
The Catalytic Properties of Nanomaterials		Ferrofluids Technology	
Nanotechnology for Solar Energy		Lotus Effect	
Nanotechnology for Information		Nanoscience	
Energy Sources		Natural Nanomaterials	
Nanoscience and Nanotechnology Applications		Climate Changes	
Geoen지니어ing			

Tab. 1: Übersicht über die entwickelten Lernmodule.

Jedes Modul folgt dabei dem Ansatz des forschenden Lernens (**I**nquiry **B**ased **S**cience **E**ducation, IBSE). Als Grundstruktur aller Module dient das 5E-Modell von Bybee et al. (2002), welches im Rahmen des IRRESISTIBLE-Projekts um die Exchange-Phase erweitert wurde. In dieser erarbeiten die Lernenden eine schülerkuratierte Ausstellung (Kampschulte, Parchmann, 2015), um anschließend ihr erlerntes Wissen auch mit anderen soziale Akteuren (Mitschüler, Eltern, ...) zu teilen und zu diskutieren.

### Responsible Research and Innovation (RRI)

RRI beschreibt einen Forschungs- und Innovationsprozess, welcher die Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesellschaft als zentralen Prozessbestandteil mit berücksichtigt. Dabei wird eine enge Zusammenarbeit zwischen der Öffentlichkeit und der Forschung gefordert, wobei die Notwendigkeit des unmittelbaren Kontakts zwischen den verschiedenen Akteuren betont wird. In den Modulen des IRRESISTIBLE-Projekts wurde Hilary Sutcliffe's (2011) Ansatz der Aufteilung in sechs zentrale RRI-Aspekte (Tabelle 2) operationalisiert. Übergeordnetes Ziel ist es hierbei, Schülerinnen und Schüler für wissenschaftlich-gesellschaftliche Zusammenhänge zu sensibilisieren und damit für die Zukunft zu befähigen, nicht nur das Ergebnis der Forschung anzunehmen, sondern sich ebenfalls unmittelbar am Prozess zu beteiligen.

RRI-Aspekte	Beschreibung
<b>Engagement</b>	Einbindung gesellschaftlicher Akteure
<b>Gender Equality</b>	Gleichstellung der Geschlechter in der modernen Forschung
<b>Science Education</b>	Wissenschaftliche Bildung zur Einbindung der Öffentlichkeit in Forschungs- und Innovationsergebnisse
<b>Open Access</b>	Transparenz und Zugänglichkeit der Forschung und Innovationen
<b>Ethics</b>	Ethische Standards im Forschungsumfeld
<b>Governance</b>	Verantwortung politischer Entscheidungsträger

Tab. 2: Einteilung von RRI in sechs zentrale Aspekte nach Sutcliffe (2011).

### Methoden und Vorgehen

Es gibt viele verschiedene Möglichkeiten, die RRI-Aspekte in die Lernmodule zu integrieren: Rollenspiele, Podiumsdiskussionen, direkter Kontakt zu Forschern, oder die Nutzung verschiedener Medien (siehe Tabelle 3). Es besteht die Vermutung, dass eine erfolgreichere Sensibilisierung der Schülerinnen und Schüler für RRI mit einer höheren Intensität und Vielfalt der Integration der einzelnen RRI-Aspekte einhergeht. Um diesen Sachverhalt zu untersuchen, wurde zunächst eine qualitative Inhaltsanalyse der einzelnen Modulbeschreibungen durchgeführt, wobei die folgenden Leitfragen wegweisend waren:

1. Inwiefern sind die sechs RRI-Aspekte in den verschiedenen Modulen enthalten?
2. In Form welcher Aktivitäten sind die RRI-Aspekte in die einzelnen Module integriert?

Die Inhaltsanalyse wurde anhand eines bei Projektstart definierten Kriterienkatalogs durchgeführt, der auch als Richtlinie für die Modulentwicklung galt. Die Module wurden in mehreren Durchgängen analysiert und zudem auf methodische Highlights untersucht.

### Ausgewählte Ergebnisse

Insgesamt konnten 21 unterschiedliche Aktivitäten identifiziert werden, um die einzelnen RRI-Aspekte in die Lernmodule zu integrieren (siehe Tabelle 3). Dabei wurden für die Auswertung nur Aktivitäten berücksichtigt, die explizit und aspektbezogen in die Module integriert sind. Eine allgemeine RRI-Diskussion am Ende – wie sie in vielen Modulen vorkommt – wurde daher nicht gewertet. Auffallend ist, dass der RRI-Aspekt „Science Education“ am häufigsten und variantenreichsten in die Lernmodule integriert wurde. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Lernmodule überwiegend zur Erarbeitung naturwissenschaftlicher Inhalte konzipiert wurden und dies zudem die klassische Domäne der Lehrkräfte ist. Die Aspekte „Gender Equality“, „Governance“ und „Ethics“ wurden hingegen nur in geringerem Maße herangezogen. Insbesondere die ersten beiden Aspekte sind im alltäglichen Schulunterricht weniger zentral und wurden daher auch in den Modulen nicht so stark hervorgehoben.

Die Präsenz der einzelnen RRI-Aspekte in jedem Lernmodul ist in Abb. 1 gezeigt. Die Höhe der Balken gibt an, mit wie vielen verschiedenen Aktivitäten ein RRI-Aspekt im jeweiligen Modul adressiert wird. Hierbei fällt auf, dass insbesondere die Module *NanoCatalytics* und *PlasticOcean* die RRI-Aspekte auf sehr vielfältige Weise integrieren. Abb. 1 zeigt aber auch, dass in sechs der 17 Module einige RRI-Aspekte (meist „Engagement“) überhaupt nicht explizit thematisiert sind. Insgesamt gesehen ist jedoch die im Kriterienkatalog geforderte Einbindung der RRI-Aspekte durchaus zufriedenstellend gelungen.

Einige in den Modulen eingesetzten Methoden stechen besonders heraus, wie etwa die Arbeit mit wissenschaftlichen Original-Artikeln (*EarthsHealth*), die gemeinsame Arbeit mit Forschern in einem wissenschaftlichen Labor (*EnergySources*) oder aber ein Würfelspiel, anhand dessen eine eindeutige Verknüpfung von RRI und der Thematik geschaffen werden sollte (*NanoCatalytics*) sowie das Mystery Game, welches Lernende unter Verwendung von Informationskarten eigenständig ein Flussdiagramm erarbeiten lässt (*PlasticOcean*).

		Engagement	Gender Equality	Science Education	Open Access	Ethics	Governance
1	Diskussion	✓ (6)	✓ (14)	✓ (12)	✓ (9)	✓ (15)	✓ (10)
2	direkter Kontakt (Forscher)	✓ (7)		✓ (3)	✓ (2)		
3	Rollenspiel	✓ (9)				✓ (1)	✓ (5)
4	Spiele	✓ (1)	✓ (1)	✓ (3)	✓ (2)	✓ (1)	✓ (1)
5	Podiumsdiskussion	✓ (2)					
6	Plenspiel	✓ (1)					
7	Ausstellung (detaillierte Darstellungen)	✓ (1)		✓ (6)	✓ (3)		
8	Arbeit mit Graphiken			✓ (4)			
9	Arbeit mit Messdaten			✓ (7)	✓ (1)	✓ (1)	
10	zukunftsorientierte Thematik			✓ (10)			
11	fächerübergreifend (mind. 3 Dimensionen)			✓ (5)			
12	eigenständige Recherche		✓ (1)	✓ (13)	✓ (11)	✓ (1)	✓ (1)
13	informative Grenzen			✓ (1)	✓ (1)		
14	unterrichtliche Diversität			✓ (5)			
15	Informationen (Texte, Videos)	✓ (1)	✓ (2)	✓ (2)		✓ (2)	✓ (1)
16	informative Vielfalt (Texte, Videos)	✓ (1)		✓ (11)	✓ (3)		
17	Nutzung von Medien (Web2.0, ICT, Modelle,...)	✓ (1)		✓ (7)	✓ (1)		
18	Experimente		✓ (2)	✓ (12)			
19	Einbezug diverser Akteure	✓ (11)					
20	Museums- / Laborbesuch	✓ (2)		✓ (7)	✓ (1)		
21	RRI-spezifischer Test			✓ (3)			

Tab. 1: In den RRI-SISTIBLE Modulen identifizierte Aktivitäten zur Integration der RRI-Aspekte. In Klammern: Anzahl der Module, in denen die Aktivitäten eingesetzt wurden.

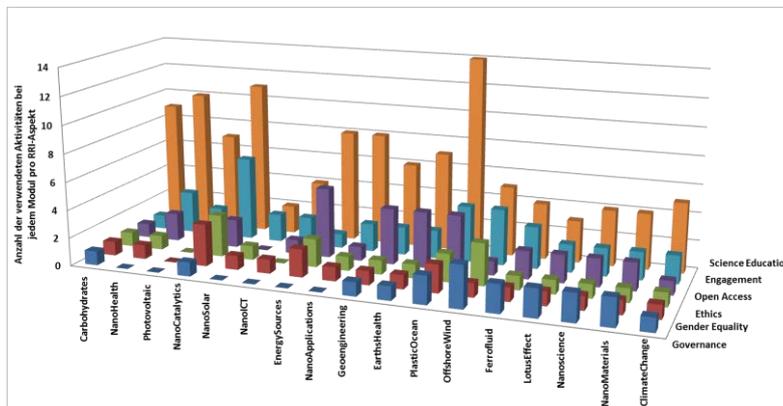


Abb. 1: Häufigkeit der Aktivitäten zu RRI-Aspekten in den verschiedenen Modulen.

### Ausblick

Der nächste Schritt ist die Analyse des Lernzuwachses bei den Schülerinnen und Schülern bezüglich RRI und der anschließende Abgleich mit den Moduldaten. Dies könnte darüber Aufschluss geben, inwiefern das Ausmaß der Integration der RRI-Aspekte tatsächlich einen Einfluss auf die Sensibilisierung der Schülerinnen und Schüler für den verantwortungsvollen Umgang mit Forschungs- und Innovationsergebnissen hat.

**Literatur**

Sutcliffe, H. (2011). A report on responsible research and innovation. Brüssel: Matter.

Bybee, R. (2002). Learning science and the science of learning. Arlington, VA: ASTA Press.

## Autorenverzeichnis

---

**Abels, Simone, Prof. Dr.**

Leuphana Universität Lüneburg  
Didaktik der Naturwissenschaften  
Scharnhorststraße 1  
21335 Lüneburg  
Deutschland  
simone.abels@leuphana.de

356, 800

**Attree, Tanja**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
NTG-Institut  
Keplerstraße 87  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
tanja\_weinhardt@yahoo.de

684

**Aleksov, Robert**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 2  
45141 Essen  
Deutschland  
r.aleksov@gmail.com

692

**Aufschnaiter, Claudia von, 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

244, 288, 248

**Andersen, Henrik**

TU Kaiserslautern

360

**Averbeck, Daniel**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
d.averbeck@uni-due.de

83, 59

**Aretz, Sarah**

CERN  
Postbox C03010  
1211 Genf 23  
Schweiz  
Sarah.aretz@cern.ch

584

**Bardy, Katrin Bölsterli, Dr.**  
Pädagogische Hochschule Luzern  
Didaktik der Naturwissenschaften  
Pfistergasse 20  
6000 Luzern  
Schweiz  
katrin.boelsterli@phlu.ch

472

**Bartels, Hauke**  
Universität Bremen  
IDN Abt. Physikdidaktik  
Otto-Hahn-Allee 1  
28359 Bremen  
Deutschland  
h.b@uni-bremen.de

736

**Bartosch, Ilse, Dr.**  
Universität Wien  
Fakultät für Physik  
Boltzmanngasse 5  
A-1090 Wien  
Österreich  
ilse.bartosch@univie.ac.at

47

**Beerenwinkel, Anne, Dr.**  
Fachhochschule Nordwestschweiz  
Zentrum Naturwissenschafts- und  
Technikdidaktik  
Steinentorstrasse 30  
4051 Basel  
Schweiz  
anne.beerenwinkel@fhnw.

432

**Behle, Julia**  
Goethe-Universität Frankfurt  
Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
60438 Frankfurt  
Deutschland  
Anchan@gmx.de

146

**Beretz, Ann-Kathrin**  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Didaktik der Physik  
Karl-Glöckner-Straße 21 C  
35394 Gießen  
Ann.K.Beretz@math.uni-giessen.de

244

**Bernholt, Sascha, Dr.**  
IPN Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
bernholt@ipn.uni-kiel.de

436, 596

**Bickmann, Ilka**  
science2public e.V. Halle

272

**Binder, Torsten**

Universität Duuisburg-Essen  
Didaktik der Biologie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
torsten.binder@uni-due.de

71

**Blonder, Ron, Dr.**

Weizmann Institute of Science  
Department of Science Teaching  
Herzl St 234  
7610001 Rehovot  
Israel  
blonder@weizmann.ac.il

824

**Blankenburg, Janet**

IPN an der Christian-Albrechts-  
Universität zu Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
blankenburg@ipn.uni-kiel.de

596

**Blumberg, Eva, Prof. Dr.**

Universität Paderborn

800

**Bliersbach, Markus**

Universität zu Köln  
Institut für Chemie und ihre Didaktik  
Herbert-Lewin-Str. 2  
50931 Köln  
Deutschland  
markus.bliersbach@uni-koeln.de

210

**Bohn, Marcus**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Keplerstraße 87  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
bohn@ph-heidelberg.de

396

**Bliesmer, Kai,**

Universität Oldenburg  
Institut für Physik  
Carl von Ossietzky Straße 9-11  
26111 Oldenburg  
Deutschland  
kai.bliesmer@uni-oldenburg.de

552

**Bohnhardt, Tobias**

Deutsches Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt  
DLR\_School\_Lab Berlin  
Rutherfordstraße 2  
12489 Berlin  
Deutschland  
tobias.bohnhardt@dlr.de

520

**Bonetti, Angela**

IPN an der Universität zu Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstr. 62  
24118 Kiel  
Deutschland

336

**Borowski, Andreas**

Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Str. 24/25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
Andreas.borowski@uni-potsdam.de

372, 584, 660, 75, 740, 752, 592

**Brand, Matthias**

Universität Duisburg-Essen  
Forsthausweg 2  
47048 Duisburg  
Deutschland  
matthias.brand@uni-due.de

59, 83

**Braun, Sarah**

Ruhr-Universität Bochum  
Lehrstuhl für Didaktik der Chemie  
Universitätsstrasse 150  
44780 Bochum  
Deutschland  
sarah.a.braun@t-online.de

716

**Brückmann, Maja, Prof. Dr.**

Pädagogische Hochschule Zürich  
Zentrum für Didaktik der  
Naturwissenschaften  
Lagerstrasse, 2 LAA K034  
8090 Zürich  
Schweiz  
maja.brueckmann@phzh.ch

154, 332

**Brünken, Roland**

Universität des Saarlandes  
Empirische Bildungswissenschaften  
Campus A4.2  
66123 Saarbrücken  
Deutschland  
r.brueken@mx.uni-saarland.de

524

**Bub, Frederik**

Martin-Luther-Universität Halle-  
Wittenberg  
Institut für Physik  
Fachgruppe Didaktik der Physik  
Hoher Weg 8  
6120 Halle (Saale)  
Deutschland  
frederik.bub@physik.uni-halle.de

636

**Bullinger, Marcel**

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
Physik und ihre Didaktik  
Reuteallee 46  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland  
bullinger01@ph-ludwigsburg.de

352

**Cauet, Eva**

Universität Koblenz-Landau  
Physikdidaktik  
Fortstr. 7  
76829 Landau  
Deutschland  
cauet@uni-landau.de

372, 368, 708, 816

**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

115

**Celik, Kübra Nur**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
kuebra.celik@uni-due.de

796

**Büsch, Leonard**

I. Physikalisches Institut IA  
Physikalische Praktika  
Sommerfeldstr. 14  
52056 Aachen  
Deutschland  
buesch@physik.rwth-aachen.de

456

**Detemple, Ralf, Dr.**

RWTH Aachen  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstr. 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
detemple@physik.rwth-aachen.de

600

**Busch, Marian**

Friedrich-Schiller-Universität Jena  
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik  
August-Bebel-Straße 2  
7743 Jena  
Deutschland  
marian.busch@uni-jena.de

276

**Dickmann, Thomas**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
thomas.dickmann@uni-due.de

67

**Diehl, Christina**  
Gymnasium Paulinum Münster

158

**Digel, Susanne**  
Universität Koblenz-Landau, Campus  
Landau  
DFG-Graduiertenkolleg  
Unterrichtsprozesse  
Thomas-Nast-Str. 44  
76829 Landau  
Deutschland  
digel@uni-landau.de

616

**Dohrmann, René**  
Freie Universität Berlin  
Didaktik der Physik  
Brandenburger Straße 63  
14467 Potsdam  
Deutschland  
rene.dohrmann@fu-berlin.de

560

**Donhauser, Anna**  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg  
Didaktik der Physik  
Staudtstraße 7  
91058 Erlangen  
Deutschland  
anna.graebner@fau.de

608

**Dorn, André**  
Universität Siegen  
Didaktik der Chemie  
Adolf-Reichwein-Str. 2  
57076 Siegen  
Deutschland  
andre.dorn@uni-siegen.de

668

**Dressler, Jana-Katharina**  
Universität Oldenburg  
Didaktik der Chemie  
Carl-von-Ossietzky Str. 9-11  
26129 Oldenburg  
Deutschland  
jana.katharina.dressler@uni-oldenburg.de

412

**Dür, Wolfgang**  
Universität Innsbruck  
Institut für Theoretische Physik und  
Physikdidaktik  
Technikerstrasse 25  
6020 Innsbruck  
Österreich  
wolfgang.duer@uibk.ac.at

604

**Duscha, Rebecca**  
Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
rebecca.duscha@uni-due.de

672

**Düwel, Frauke**

TU Dresden  
BFR Labor- und Prozesstechnik;  
Didaktik der Chemie  
1062 Dresden  
Deutschland  
frauke.duewel@tu-dresden.de

420

**Elmer, Michael**

Universität Regensburg  
Didaktik der Chemie  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
michael.elmer@ur.de

772

**Efing, Nicolas**

Ruhr-Universität Bochum  
Didaktik der Chemie  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Deutschland  
nicolas.efing@rub.de

340

**Elsholz, Markus**

Universität Würzburg  
Physik und ihre Didaktik  
Emil-Hilb-Weg 22  
97074 Würzburg  
Deutschland  
Markus.elsholz@uni-wuerzburg.de

488

**Eilks, Ingo, Prof. Dr.**

Universität Bremen  
Institut für Didaktik der  
Naturwissenschaften  
Leobener Str. NW2  
28334 Bremen  
Deutschland  
eilks@uni-bremen.de

424

**Emden, Markus**

Pädagogische Hochschule Schwäbisch  
Gmünd  
Institut für Naturwissenschaften  
Oberbettringer Straße 200  
73525 Schwäbisch Gmünd  
Deutschland  
markus.emden@ph-gmuend.de

404

**Elert, Thomas**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
thomas.elert@uni-due.de

87

**Engelmann, Philipp**

Friedrich-Schiller-Universität Jena  
AG Chemiedidaktik  
August-Bebel-Straße 6-8  
07743 Jena  
Deutschland  
philipp.engelmann@uni-jena.de

640

**Engl, Alexander**  
Universität Koblenz-Landau, Campus  
Landau  
Chemiedidaktik  
Fortstr. 7  
76829 Landau  
Deutschland  
engl@uni-landau.de

95

**Enzmann, Victoria**  
Universität Regensburg  
Didaktik der Chemie / Anorganische  
Chemie  
Universitätsstr. 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
Victoria.Enzmann@ur.de

760

**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

296, 107

**Fauser, Christian, Dr.**  
Gymnasium Grünwald  
Laufzoner Str. 1  
82031 Grünwald  
Deutschland  
fauser@gymnasium-gruenwald.de

202

**Fechner, Sabine, Prof. Dr.**  
Universität Paderborn  
Didaktik der Chemie  
Warburger Str. 100  
33098 Paderborn  
Deutschland  
sabine.fechner@upb.de

624

**Feser, Markus Sebastian**  
Universität Hamburg  
Didaktik der Physik  
Binderstraße 34  
20146 Hamburg  
Deutschland  
markus.sebastian.feser@uni-hamburg.de

123

**Fischer, Hans E., Prof. Dr.**  
Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstr. 2  
45117 Essen  
Deutschland  
hans.fischer@uni-due.de

75, 372, 692, 696

**Flehsig, Annette**  
Pädagogische Hochschule Heidelberg  
NTG-Institut  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
annetter\_@gmx.de

268, 440

**Fleischer, Jens**

Uni Duisburg-Essen  
Lehrlernpsychologie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
jens.fleischer@uni-due.de

59, 63, 83

**Freckmann, Janine**

Universität Oldenburg  
Institut für Physik  
Carl von Ossietzky Straße 9-11  
26111 Oldenburg  
Deutschland  
janine.freckmann@uni-oldenburg.de

552

**Florian, Christine**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Biologie  
Universitätsstr. 5  
45117 Essen  
Deutschland  
christine.florian@uni-due.de

672

**Fried, Susan**

Universität Würzburg  
Physik und ihre Didaktik  
Emil-Hilb-Weg 22  
97074 Würzburg  
Deutschland  
susan.fried@physik.uni-wuerzburg.de

492

**Franz, Torsten, Dr.**

Technische Universität Braunschweig  
Physik und Physikdidaktik  
Bienroder Weg 82  
38106 Braunschweig  
Deutschland  
torsten.franz@tu-braunschweig.de

91, 604

**Fromme, Theresa**

Universität Paderborn

800

**Fraß, Stephan**

RWTH Aachen  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstr. 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
frass@physik.rwth-aachen.de

312

**Gau, Jessica**

Universität Koblenz-Landau

568

**Geidel, Ekkehard, Prof. Dr.**

Universität Würzburg  
Didaktik der Chemie, Institut für  
Anorganische Chemie  
Am Hubland  
97074 Würzburg  
Deutschland

408

**Georgi, Pascal**

Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Str. / 24/25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
pgeorgi@uni-potsdam.de

592

**Gigl, Florian**

Universität Koblenz-Landau  
Graduiertenkolleg "Unterrichtsprozesse"  
Thomas-Nast-Straße 44  
76829 Landau  
Deutschland  
gigl@uni-landau.de

182, 708

**Gerlach, Susanne**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
susanne.gerlach@uni-due.de

612

**Girwidz, Raimund, Prof. Dr.**

LMU München  
Lehrstuhl für Didaktik der Physik  
Theresienstraße 37  
80333 München  
Deutschland  
Girwidz@lmu.de

304, 680, 820, 202, 214

**Geyer, Marie-Annette**

Technische Universität Dresden  
Didaktik der Physik  
Haeckelstr. 3  
1069 Dresden  
Deutschland  
marie-annette.geyer@tu-dresden.de

444

**Glaser, Jonathan**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
NTG-Institut  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
jonathan.glaser28@gmail.com

536, 540, 440

**Gierl, Katharina**

Universität Koblenz- Landau, Campus  
Landau  
InB Physik: AG Physikdidaktik  
Fortstraße 7  
76829 Landau  
Deutschland  
gierl@uni-landau.de

724

**Göbel, Mareike**

Universität Siegen  
Didaktik der Chemie  
Adolf-Reichwein-Straße 2  
57076 Siegen  
Deutschland  
goebel@chemie-bio.uni-siegen.de

320, 788

**Graf, Sönke**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
NTG-Institut  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
graf@ph-heidelberg.de

240, 540, 536

**Große, André**

Goethe-Universität Frankfurt am Main  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
60438 Frankfurt am Main  
Deutschland  
a.grosse@stud.uni-frankfurt.de

768

**Grob, Regula**

Pädagogische Hochschule  
Nordwestschweiz  
Zentrum Naturwissenschafts- und  
Technikdidaktik  
Steinentorstrasse 30  
4051 Basel  
Schweiz  
regula.grob@fhnw.ch

232

**Gut, Christoph**

Pädagogische Hochschule Zürich  
Lagerstrasse 2  
8090 Zürich  
Schweiz  
christoph.gut@phzh.ch

154, 328, 324, 332, 336

**Gröber, Sebastian, Dr.**

Technische Universität Kaiserslautern  
Didaktik der Physik  
Erwin-Schrodinger-Str.  
67663 Kaiserslautern  
Deutschland  
groeber@rhrk.uni-kl.de

119

**Haagen-Schützenhöfer, Claudia, Univ.  
Ass.-Prof. Mag. Dr.**

Universität Graz  
Fachdidaktikzentrum Physik  
Universitätsplatz 5  
8010 Graz  
Österreich  
claudia.haagen@uni-graz.at

55

**Gröger, Martin, Prof. Dr.**

Universität Siegen  
Didaktik der Chemie  
Adolf-Reichwein-Str. 2  
57076 Siegen  
Deutschland  
groeger@chemie.uni-siegen.de

788, 320, 588, 628, 668

**Haak, Inka**

Universität Paderborn  
Didaktik der Physik  
Warburger Str. 100  
33098 Paderborn  
Deutschland  
inkahaak@mail.upb.de

226

**Habig, Sebastian**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
sebastian.habig@uni-due.de

178

**Hamacher, John**

RWTH Aachen  
I. Physikalisches Institut IA  
Otto-Blumenthal-Straße 20  
52074 Aachen  
Deutschland  
hamacher@physik.rwth-aachen.de

308

**Hadinek, David**

IPN Kiel  
Didaktik der Physik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
hadinek@ipn.uni-kiel.de

150

**Härtig, Hendrik, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 2  
45141 Essen  
Deutschland  
hendrik.haertig@uni-due.de

284, 692, 696, 436

**Hägele, Jörn Jonathan**

Justus-Liebig-Universität Gießen

288

**Hauerstein, Marie-Therese**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
marie-therese.hauerstein@uni-due.de

792

**Halar, Alberto Marcos**

Institut für Naturwissenschaften und  
Technik  
Abteilung Physik und ihre Didaktik  
Montessoriweg 16  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland  
halaralbertom@stud.ph-ludwigsburg.de

580

**Heidinger, Christine**

Universität Wien  
Didaktik der Biologie  
Porzellangasse 4  
1090 Wien  
Österreich  
christine.heidinger@univie.ac.at

356

**Heine, Antje**

TU Dresden  
Didaktik der Physik  
Haeckelstraße 3  
1069 Dresden  
Deutschland  
antje\_juliane.heine@tu-dresden.de

448

**Heinicke, Susanne, Prof. Dr.**

Universität Münster  
Didaktik der Physik  
Wilhelm Klemm Str. 10  
48149 Münster  
Deutschland  
susanne.heinicke@uni-muenster.de

158, 604

**Heinke, Heidrun, Prof. Dr.**

RWTH Aachen  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
heinke@physik.rwth-aachen.de

312, 600, 308, 456, 198, 400, 194

**Hempelmann, Rolf, Prof. Dr.**

Universität des Saarlandes  
Physikalische Chemie und Didaktik der  
Chemie  
Campus B2.2  
66123 Saarbrücken  
Deutschland  
r.hempelmann@mx.uni-saarland.de

524

**Henke, Andreas**

Universität Bremen  
FB 1 Physik/Elektrotechnik - Abt.  
Physikdidaktik  
Otto-Hahn-Allee 1  
28359 Bremen  
Deutschland  
ahenke@uni-bremen.de

652

**Heuling, Lydia Schulze, Dr.**

Europa-Universität Flensburg  
Insitut für Physik und ihre Didaktik und  
Geschichte  
Auf dem Campus 1  
24943 Flensburg  
Deutschland  
lydia.schulzeheuling@uni-flensburg.de

51

**Heusler, Stefan, Prof. Dr.**

Universität Münster  
Institut für Didaktik der Physik  
Wilhelm Klemm Str. 10  
48149 Münster  
Deutschland  
sheus\_01@uni-muenster.de

604

**Hild, Pitt**

Pädagogische Hochschule Zürich  
Zentrum für Didaktik der  
Naturwissenschaften  
Lagerstrasse 2  
8090 Zürich  
Schweiz  
pitt.hild@phzh.ch

332, 154, 328

**Hinz, Miriam**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
miriam.hinz@uni-due.de

720

**Hofer, Elisabeth**

Universität Wien  
AECC Chemie  
Porzellangasse 4/2  
1090 Wien  
Österreich  
e.hofer@univie.ac.at

808

**Hoffmann, Clemens**

Friedrich-Schiller-Universität Jena  
Chem.-Geowissenschaftl. Fakultät  
AG Chemiedidaktik  
August-Bebel-Str. 6/8  
7743 Jena  
Deutschland  
c.hoffmann@uni-jena.de

644

**Hofstein, Avi, Prof.**

Weizmann Institute of Science  
Department of Science Teaching

484

**Höft, Lars**

IPN an der Universität Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
hoeft@ipn.uni-kiel.de

596

**Holmeier, Monika, Dr.**

Pädagogische Hochschule  
Nordwestschweiz  
Zentrum Naturwissenschafts- und  
Technikdidaktik  
Steinentorstrasse 30  
4051 Basel  
Schweiz  
monika.holmeier@fhnw.ch

476, 232

**Holzappel, Marisa**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
marisa.holzappel@uni-due.de

632

**Hopf, Martin, Prof. Dr.**

Universität Wien  
Österreichisches Kompetenzzentrum für  
Didaktik der Physik  
Porzellangasse 4/2/2  
1090 Wien  
Österreich  
martin.hopf@univie.ac.at

42, 664

**Hornung, Gabriele, Prof. Dr.**

Technische Universität Kaiserslautern  
Didaktik der Chemie  
Erwin Schrödinger Straße 52  
67663 Kaiserslautern  
Deutschland  
hornung@chemie.uni-kl.de

360

**Horz, Holger**

Goethe-Universität Frankfurt

107

**Hoßfeld, Uwe**

Friedrich-Schiller-Universität Jena

644

**Höttecke, Dietmar, Prof. Dr.**

Universität Hamburg  
Didaktik der Physik  
Von-Melle-Park 8  
20146 Hamburg  
Deutschland  
dietmar.hoettecke@uni-hamburg.de

123

**Hüfner, Sybille**

Leuphana Universität Lüneburg  
INUC-Didaktik der Naturwissenschaften  
Scharnhorststr. 1  
21335 Lüneburg  
Deutschland  
sybille.huefner@leuphana.de

138

**Huwer, Johannes**

Universität des Saarlandes  
Physikalische Chemie und Didaktik der  
Chemie  
Campus B 2.2  
66123 Saarbrücken  
Deutschland  
j.huwer@mx.uni-saarland.de

524

**Itzek-Greulich, Heike**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Studiengang Felbi  
Keplerstraße 87  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
itzek@ph-heidelberg.de

512

**Jackowski, Andreas**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
andreas.jackowski@uni-due.de

676

**Jannack, Verena**  
Pädagogische Hochschule Heidelberg  
NTG-Institut  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
verenajannack@web.de

268, 440

**Kehne, Franziska**  
Universität Paderborn  
Didaktik der Chemie  
Warburger Str. 100  
33098 Paderborn  
Deutschland  
franziska.kehne@upb.de

624

**Kaiser, Friederike**  
Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Biologie  
Universitätsstr. 5  
45117 Essen  
Deutschland  
friederike.kaiser@uni-due.de

672

**Kempin, Maren**  
Universität Bremen  
Physikdidaktik  
Otto-Hahn-Allee 1  
28334 Bremen  
Deutschland  
maren.kempin@uni-bremen.de

748

**Kampschulte, Lorenz**  
IPN an der Universität zu Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstr. 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
kampschulte@ipn.uni-kiel.de

824

**Kimpel, Lennart**  
Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
lennart.kimpel@uni-due.de

79

**Kauertz, Alexander, Prof. Dr.**  
Universität Koblenz-Landau  
AG Physikdidaktik  
Fortstraße 7  
76829 Landau  
Deutschland  
kauertz@uni-landau.de

604, 708, 816, 724, 182, 616

**Kirschner, Sophie, Dr.**  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
Didaktik der Physik  
Karl-Glöckner-Straße 21c  
35394 Gießen  
Deutschland  
Sophie.Kirschner@didaktik.physik.uni-  
giessen.de

248

**Klein, Pascal**

Technische Universität Kaiserslautern  
Didaktik der Physik  
Erwin-Schroedinger-Str.  
67663 Kaiserslautern  
Deutschland  
pklein@physik.uni-kl.de

119

**Klempin, Christiane**

Freie Universität Berlin

556

**Klinghammer, Jens**

Martin-Luther-Universität Halle-  
Wittenberg  
Didaktik der Physik  
Hoher Weg 8  
6120 Halle (Saale)  
Deutschland  
jens.klinghammer@physik.uni-halle.de

222

**Klostermann, Mareike, Dr.**

Bernhard-Riemann-Gymnasium  
Scharnebeck  
Duvenbornsweg 5a  
21379 Scharnebeck  
Deutschland  
info@brgs.de

824

**Knemeyer, Jens-Peter, Dr.**

Johann-Sebastian-Bach Gymnasium  
Luisenstraße 27  
68199 Mannheim  
Deutschland  
jpknemeyer@gmail.com

272, 440, 268

**Kobbe, Julia**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
julia.kobbe@uni-due.de

508

**Koch, Alexander**

PH FHNW  
Zentrum Naturwissenschafts- und  
Technikdidaktik  
Steinentorstrasse 27  
4051 Basel  
Schweiz  
alexander.koch@fhnw.ch

392

**Koenen, Jenna, Dr.**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Fachdidaktik und Lehr-Lernforschung  
Chemie  
Newtonstr. 14  
12489 Berlin  
Deutschland  
jenna.koenen@chemie.hu-berlin.de

218, 170, 174, 452, 508

**Kohnen, Nicole**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstr. 2  
45141 Essen  
Deutschland  
nicole.kohnen@uni-due.de

436

**Korneck, Friederike, Dr.**

Goethe-Universität Frankfurt am Main  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
60438 Frankfurt am Main  
Deutschland  
korneck@em.uni-frankfurt.de

368, 768, 780, 256, 376

**Koliander, Brigitte, Mag. DI**

Universität Wien  
Didaktik der Chemie  
Porzellangasse 4  
1090 Wien  
Österreich  
brigitte.koliander@univie.ac.at

356

**Körner, Hans-Dieter, Prof. Dr.**

PH-Schwäbisch Gmünd  
Abteilung Chemie  
Oberbettringer Str. 200  
73525 Schwäbisch Gmünd  
Deutschland  
hans-dieter.koerner@ph-gmuend.de

166

**Kometz, Andreas, Prof. Dr.**

FAU Erlangen-Nürnberg  
Didaktik der Chemie  
Regensburger Str. 160  
90478 Nürnberg  
Deutschland  
andreas.kometz@fau.de

316

**Kosler, Thorsten**

Universität Zürich  
Didaktik der Naturwissenschaften  
Kantonsschulstrasse 3  
8001 Zürich  
Schweiz  
thorsten.kosler@uzh.ch

142

**Komorek, Michael, Prof. Dr.**

Universität Oldenburg  
Institut für Physik, Physikdidaktik  
Carl von Ossietzky Straße 9-11  
26129 Oldenburg  
Deutschland  
michael.komorek@uni-oldenburg.de

260, 416, 552

**Kost, Daniel**

Universität Gießen  
Institut für Didaktik der Physik  
Karl-Glöckner-Straße 21 C  
35394 Gießen  
Deutschland  
daniel.kost@didaktik.physik.uni-giessen.de

248

**Köster, Hilde**

Freie Universität Berlin  
Didaktik des Sachunterrichts  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
Deutschland  
hilde.koester@fu-berlin.de

572

**Krabbe, Heiko, Prof. Dr.**

Didaktik der Physik  
Ruhr-Universität Bochum  
Deutschland  
heiko.krabbe@rub.de

692, 696, 364

**Kral, Andreas**

RWTH Aachen  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
kral@physik.rwth-aachen.de

400

**Krause, Moritz**

Universität Bremen

424

**Krebs, Ann-Katrin**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
NTG-Institut  
Keplerstraße 87  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
krebsa@ph-heidelberg.de

536, 544

**Krey, Olaf, Dr.**

Martin-Luther-Universität Halle-  
Wittenberg  
Didaktik der Physik  
Hoher Weg 8  
6120 Halle (Saale)  
Deutschland  
olaf.krey@physik.uni-halle.de

222, 636

**Krüger, Marvin**

Goethe-Universität Frankfurt am Main  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Straße 1  
60438 Frankfurt  
Deutschland  
krueger@physik.uni-frankfurt.de

376, 256, 768, 780

**Kubsch, Marcus**

IPN  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
kubsch@ipn.uni-kiel.de

190

**Kückens, Mathis**

Universität Zürich  
Didaktik der Naturwissenschaften und  
Nachhaltigkeit  
Kantonschulstrasse 3  
8001 Zürich  
Schweiz  
mathis.kueckens@uzh.ch

134

**Kuhn, Jochen, Prof. Dr.**

Technische Universität Kaiserslautern  
Didaktik der Physik  
Erwin-Schrödinger-Str. 46  
67663 Kaiserslautern  
Deutschland  
kuhn@physik.uni-kl.de

119

**Kulgemeyer, Christoph, Dr.**

Universität Bremen  
Institut für Didaktik der  
Naturwissenschaften  
Otto-Hahn-Allee 1  
28359 Bremen  
Deutschland  
kulgemeyer@physik.uni-bremen.de

380, 736, 748, 368, 752

**Kunt, Tamara**

Universität Koblenz-Landau  
AG Chemiedidaktik  
Fortstr. 7  
76829 Landau  
Deutschland  
kunt@uni-landau.de

568

**Labudde, Peter, Prof. Dr.**

Pädagogische Hochschule  
Nordwestschweiz  
Zentrum Naturwissenschafts- und  
Technikdidaktik  
Steinentorstrasse 30  
4051 Basel  
Schweiz  
peter.labudde@fhnw.ch

55, 232

**Laudonia, Ivano**

Universität Bremen / Gewerbliche  
Berufsschule Chur  
IDN Chemie  
Scalettastrasse 33  
7000 Chur  
Schweiz  
ivano.laudonia@gmail.com

424

**Laukenmann, Matthias**

PH Ludwigsburg  
Physik und ihre Didaktik  
Reuteallee 46  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland  
laukenmann@ph-ludwigsburg.de

580

**Leiss, Fabian**  
RWTH Aachen  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
leiss@physik.rwth-aachen.de

600

**Lembens, Anja, Prof. Dr.**  
Universität Wien  
AECC Chemie  
Porzellangasse 4  
A-1090 Wien  
Österreich  
anja.lembens@univie.ac.at

47, 808

**Lengnink, Katja, Prof. Dr.**  
Justus-Liebig-Universität Gießen  
Didaktik der Mathematik  
Karl-Glöckner-Straße 21c  
35394 Gießen  
Deutschland  
Katja.Lengnink@math.uni-giessen.de

244

**Leutner, Detlev, Prof. Dr.**  
Universität Duisburg-Essen  
Lehr- Lernpsychologie  
Universitätsstr. 2  
45141 Essen  
Deutschland  
detlev.leutner@uni-due.de

59, 83, 63

**Lexen, Ernst, Dr.**  
Universität Heidelberg  
Heidelberg School of Education  
Im Neuenheimer Feld 205  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
ernst.lexen@iwr.uni-heidelberg.de

264

**Liepert, Sven**  
Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Str. 24/25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
liepert@uni-potsdam.de

740

**Lindauer, Thomas, Prof. Dr.**  
Pädagogische Hochschule FHNW  
Zentrum Lesen  
Bahnhofstrasse 6 | 6.1D  
5210 Windisch  
Schweiz  
thomas.lindauer@fhnw.ch

432

**Löffler, Patrick**  
Universität Koblenz-Landau  
AG Physikdidaktik  
Fortstraße 7, Gebäude CI, Raum 201e  
76829 Landau  
Deutschland  
loeffler@uni-landau.de

182, 616, 724

**Lorke, Axel**  
Universität Duisburg-Essen

75

**Lüttgens, Uwe, Dr.**  
Humboldt-Gymnasium  
Fachbereich Chemie  
Hatzfeldtallee 2-4  
13509 Berlin  
Deutschland  
uluettgens@gmx.de

776

**Lutz, Mathias**  
Pädagogische Hochschule Heidelberg

272

**Magsdans, Uta, Dr.**  
Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Str. / 24/25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
magdans@uni-potsdam.de

592

**Manthey, Johann**  
Universität Siegen  
Didaktik der Chemie  
Adolf-Reichwein-Straße 2  
57076 Siegen  
Deutschland  
johann.manthey@uni-siegen.de

588

**Marmé, Nicole, Prof. Dr.**  
PH Heidelberg  
NTG-Institut  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
marme@ph-heidelberg.de

540, 544, 268, 272, 440

**Marohn, Annette**  
Universität Münster

800

**Martin, Hopf, Prof. Dr.**  
Universität Wien  
AECC Physik  
Porzellangasse 4  
1090 Wien  
Österreich

344

**Massolt, Joost**  
Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Str. 24/25  
14476 Potsdam-Golm  
Deutschland  
massolt@uni-potsdam.de

660

**Maurer, Christian**  
Universität Regensburg  
Didaktik der Physik  
Universitätsstrasse 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
maurer@gdcp.de

*1*

**Mayer, Peter**  
Ludwig-Maximilians-Universität  
München  
Didaktik der Physik  
Theresienstraße 37  
80333 München  
Deutschland  
pe.mayer@lmu.de

*214, 202*

**Mayerl, Jochen, Jun. Prof. Dr.**  
Tu Kaiserslautern  
Fachgebiet Empirische Sozialforschung  
Erwin Schrödinger 57  
67663 Kaiserslautern  
Deutschland  
Jochen.Mayerl@sowi.uni-kl.de

*360*

**Mehrtens, Tobias**  
Freie Universität Berlin  
Didaktik des Sachunterrichts  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
tobias.mehrtens@hotmail.de

*572, 556*

**Menthe, Jürgen**  
Stiftung Universität Hildesheim  
Abteilung Chemie  
Universitätsplatz 1  
31141 Hildesheim  
Deutschland  
menthe@uni-hildesheim.de

*800*

**Metzger, Susanne, Prof. Dr.**  
Pädagogische Hochschule Zürich  
Zentrum für Didaktik der  
Naturwissenschaften  
Lagerstrasse 2  
8090 Zürich  
Schweiz  
susanne.metzger@phzh.ch

*324, 336, 712, 328, 154*

**Michaelis, Julia, Dr.**  
Universität Oldenburg  
Didaktisches Zentrum  
Ammerländer Heerstraße 114-118  
26129 Oldenburg  
Deutschland  
j.michaelis@uni-oldenburg.de

*412*

**Michel, Hanno**  
IPN Kiel  
Didaktik der Physik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
michel@ipn.uni-kiel.de

*464*

**Mikelskis, Helmut, Prof. Dr.**

Am Hörchersberg 22  
79117 Freiburg  
Deutschland  
h.mikelskis@web.de

99

**Mikelskis-Seifert, Silke**

PH Freiburg  
Abteilung Physik  
Kunzenweg 21  
79117 Freiburg  
Deutschland  
silke.mikelskisseifert@ph-freiburg.de

744

**Milke, Sabrina**

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
Abteilung Physik und ihre Didaktik  
Reuteallee 46  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland  
milke@ph-ludwigsburg.de

388

**Milster, Julia-Josefine**

Freie Universität Berlin  
Didaktik der Physik  
Arnimallee 14  
14195 Berlin  
Deutschland  
julia.j.milster@fu-berlin.de

812

**Mokhonko, Switlana, Dr.**

Universität Stuttgart  
Institut für Erziehungswissenschaft  
Geschwister-Scholl-Str. 24D  
70174 Stuttgart  
Deutschland  
mokhonko@bwt.uni-stuttgart

516

**Müller, Andreas, Prof. Dr.**

Universität Trier  
Biologie und ihre Didaktik  
Behringstrasse 21  
54296 Trier  
Deutschland  
moeller@uni-trier.de

348

**Müller, Jirka**

Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknecht-Str. 24/25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
jimuelle@uni-potsdam.de

592

**Müller, Joachim**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 2  
45117 Essen  
Deutschland  
joachim.mueller.phys@uni-due.de

75

**Müller, Rainer, Prof. Dr.**  
Technische Universität Braunschweig  
Abt.: Physik und Physikdidaktik  
Bienroder Weg 82  
38106 Braunschweig  
Deutschland  
rainer.mueller@tu-bs.de

*91, 604*

**Murer, Livia**  
Pädagogische Hochschule Zürich  
Zentrum für Didaktik der  
Naturwissenschaften  
Lagerstrasse 2  
8090 Zürich  
Schweiz  
livia.murer@phzh.ch

*712*

**Muth, Laura**  
Goethe-Universität Frankfurt  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Straße 1  
60438 Frankfurt am Main  
Deutschland  
muth@physik.uni-frankfurt.de

*296*

**Nehring, Andreas, Jun.-Prof. Dr.**  
Leibniz Universität Hannover  
Institut für Didaktik der  
Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland  
nehring@idn.uni-hannover.de

*468, 460, 776, 800*

**Neumann, Irene**  
IPN  
Didaktik der Mathematik  
Olshausentr. 62  
24118 Kiel  
D  
ineumann@ipn.uni-kiel.de

*464, 564, 548*

**Neumann, Knut**  
IPN Kiel  
Didaktik der Physik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
neumann@ipn.uni-kiel.de

*150, 162, 564*

**Nickolaus, Reinhold, Prof. Dr.**  
Universität Stuttgart  
Institut für Erziehungswissenschaft  
Geschwister-Scholl-Str. 24D  
70174 Stuttgart  
Deutschland  
nickolaus@bwt.uni-stuttgart.de

*516*

**Niebert, Kai**  
PH Zürich

*127*

**Niethammer, Manuela, Prof. Dr.**  
TU Dresden  
BFR Labor- und Prozesstechnik;  
Didaktik der Chemie  
1062 Dresden  
Deutschland  
manuela.niethammer@tu-dresden.de

420

**Nikodemus, Lena**  
RWTH Aachen  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstr. 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
lena.nikodemus@rwth-aachen.de

308

**Nordine, Jeffrey, Prof. Dr.**  
IPN Kiel  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
nordine@ipn.uni-kiel.de

190

**Nordmeier, Volkhard, Prof. Dr.**  
Freie Universität Berlin  
Didaktik der Physik  
Arnimallee 14  
14195 Berlin  
Deutschland  
nordmeier@physik.fu-berlin.de

206, 560, 812, 556

**Nowak, Anna**  
Universität Potsdam  
Didaktik der Physik  
Karl-Liebknechtstr. 24/25  
14476 Potsdam  
Deutschland  
anna.nowak@uni-potsdam.de

740

**Oettle, Michaela**  
Pädagogische Hochschule Freiburg  
Didaktik der Physik  
Kunzenweg 21  
79117 Freiburg  
Deutschland  
Michaela.Oettle@ph-freiburg.de

744

**Ohrt, Bente**  
Leuphana Universität Lüneburg  
INUC- Didaktik der Naturwissenschaften  
Scharnhorststraße 1  
21335 Lüneburg  
Deutschland  
ohrt@leuphana.de

130

**Opfermann, Maria, Dr.**  
Universität Duisburg-Essen  
Fakultät für Bildungswissenschaften,  
Lehrstuhl für Lehr-Lernpsychologie  
Universitätsstr. 2  
4514 Essen  
Deutschland  
maria.opfermann@uni-due.de

67

**Paffhausen, Carlotta**  
Universität Münster

158

**Parchmann, Ilka, Prof. Dr.**  
IPN an der Universität zu Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstr. 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
parchmann@ipn.uni-kiel.de

564, 528, 824

**Pawek, Christoph, Dr.**  
Deutsches Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt  
DLR\_School\_Lab Berlin  
Rutherfordstraße 2  
12489 Berlin  
Deutschland  
christoph.pawek@dlr.de

520

**Petersen, Stefan, Dr.**  
IPN Kiel  
Didaktik der Physik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
petersen@ipn.uni-kiel.de

162

**Peuser, Martin**  
Goethe-Universität Frankfurt am Main

780

**Pfützner, Arno**  
Universität Regensburg

760

**Piétza, Benjamin**  
Freie Universität Berlin  
Didaktik des Sachunterrichts  
Habelschwerdter Allee 45  
14195 Berlin  
b.pietza@fu-berlin.de

572

**Plotz, Thomas, Mag.**  
Universität Wien  
Didaktik der Physik  
Porzellangasse 4  
1090 Wien  
Österreich  
thomas.plotz@univie.ac.at

784, 356

**Plückers, Katharina**  
RWTH Aachen  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstr. 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
plueckers@physik.rwth-aachen.de

198, 194

**Pospiech, Gesche, Prof. Dr.**  
TU Dresden  
Didaktik der Physik  
Haeckelstraße 3  
1069 Dresden  
Deutschland  
gesche.pospiech@tu-dresden.de

*444, 448, 484, 576*

**Pozas, Marcela**  
Universität Trier  
Bildungswissenschaften  
Universitätsring 15  
54296 Trier  
Deutschland  
pozas@uni-trier.de

*182*

**Prechtl, Markus**  
Pädagogische Hochschule Weingarten  
Fakultät II - Fach Chemie  
Kirchplatz 2  
88250 Weingarten  
Deutschland  
prechtl@ph-weingarten.de

*620, 47*

**Priemer, Burkhard, Prof. Dr.**  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Didaktik der Physik  
Unter den Linden 6  
10099 Berlin  
Deutschland  
priemer@physik.hu-berlin.de

*300, 520, 548*

**Rabe, Thorid, Prof. Dr.**  
Martin-Luther-Universität Halle-  
Wittenberg  
Didaktik der Physik  
Hoher Weg 8  
6120 Halle (Saale)  
Deutschland  
thorid.rabe@physik.uni-halle.de

*222, 636*

**Rajendran, Nelson**  
Bürgermeister-Wild-Str. 4  
85521 Ottobrunn  
Deutschland  
nelson@rajendran.de

*316*

**Rath, Viktoria**  
Universität Paderborn  
Didaktik der Physik  
Warbugerstraße 100  
33100 Paderborn  
Deutschland  
rath@mail.upb.de

*252*

**Rau, Sarah**  
Universität Duisburg-Essen  
Institut für Sachunterricht  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
sarah.rau@uni-due.de

*700*

**Rehfeldt, Daniel**  
Freie Universität Berlin  
Didaktik der Physik  
Arnimallee 14  
14195 Berlin  
Deutschland  
danreh@zedat.fu-berlin.de

556

**Rehm, Markus**  
Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Didaktik der Naturwissenschaften  
Im Neuenheimer Feld 561  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
rehm@ph-heidelberg.de

472, 264

**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

210

**Reinhold, Peter, Prof. Dr.**  
Universität Paderborn  
Didaktik der Physik  
Warburgerstraße 100  
33100 Paderborn  
Deutschland  
preinhol@mail.upb.de

226, 252, 532, 728

**Reschke, Tim**  
Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
tim.reschke@uni-due.de

170

**Retelsdorf, Jan**  
IPN Kiel  
Erziehungswissenschaft / Pädagogisch-  
Psychologische Methodenlehre  
Olshausenstraße 6  
24118 Kiel  
Deutschland  
jretelsdorf@ipn.uni-kiel.de

436

**Richter, Christiane**  
Universität Oldenburg  
Didaktik der Physik  
Carl-von-Ossietzky-Straße  
26129 Oldenburg  
Deutschland  
christiane.richter@uni-oldenburg.de

416

**Riese, Josef**  
RWTH Aachen  
Didaktik der Physik  
Sommerfeldstr. 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
riese@physik.rwth-aachen.de

756, 752

**Rincke, Karsten, Prof. Dr.**

Universität Regensburg  
Didaktik der Physik  
Universitätsstrasse 31  
93053 Regensburg  
Deutschland  
rincke@gdcp.de

2

**Ropohl, Mathias**

IPN Kiel  
Chemiedidaktik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
ropohl@ipn.uni-kiel.de

236, 280, 230, 292

**Risch, Björn, Prof. Dr.**

Universität Koblenz-Landau  
AG Chemiedidaktik  
Fortstr. 7  
76829 Landau  
Deutschland  
risch@uni-landau.de

500, 95, 568

**Roskam, Annika**

Universität Oldenburg  
Institut für Physik  
Carl von Ossietzky Straße 9-11  
26111 Oldenburg  
D  
annika.roskam@uni-oldenburg.de

552

**Roetger, Rebekka**

Universität Kassel  
Didaktik der Physik  
Heinrich-Plett-Str. 40  
34132 Kassel  
Deutschland  
roetger@physik.uni-kassel.de

648

**Rost, Marvin**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung  
Chemie  
Brook-Taylor-Straße 2  
12489 Berlin  
Deutschland  
marvin.rost@hu-berlin.de

732

**Rönnebeck, Silke, Dr.**

IPN  
Erziehungswissenschaften  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
roennebeck@ipn.uni-kiel.de

230, 236

**Rott, Lisa**

Universität Münster

800

**Rumann, Stefan, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
stefan.rumann@uni-due.de

612, 676, 700, 764, 508, 67, 672

**Sajons, Christin**

Universität Oldenburg

552

**Salinga, Christian, Dr.**

RWTH Aachen  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstr. 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
salinga@physik.rwth-aachen.de

194

**Sandmann, Angela, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Biologie  
Universitätsstr.2  
45141 Essen  
Deutschland  
angela.sandmann@uni-due.de

71, 672

**Schad, Vanessa**

Universität Koblenz-Landau  
Fortstrasse 7  
76829 Landau  
Deutschland  
schad@uni-landau.de

816

**Schäfer, Barbara**

Universität Siegen  
Didaktik der Chemie  
Adolf-Reichwein-Straße 2  
57076 Siegen  
Deutschland  
b.schaefer@chemie.uni-siegen.de

628

**Schaffter, Heli**

Pädagogische Hochschule  
Nordwestschweiz  
Zentrum Naturwissenschafts- und  
Technikdidaktik  
Steinentorstrasse 30  
4051 Basel  
Schweiz  
heli.schaffter@fhnw.ch

476, 232

**Schanze, Sascha, Prof. Dr.**

Leibniz Universität Hannover  
IDN Chemiedidaktik  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland  
schanze@idn.uni-hannover.de

428

**Schecker, Horst, Prof. Dr.**  
Universität Bremen  
Physikdidaktik  
Otto-Hahn-Allee 1  
28334 Bremen  
Deutschland  
schecker@physik.uni-bremen.de

55, 652, 688, 748

**Scheid, Jochen, Dr.**  
Universität Koblenz Landau  
Didaktik der Physik  
Fortstr. 7  
76829 Landau  
Deutschland  
scheid@uni-landau.de

348, 604, 616

**Scheuermann, Hilda**  
IPN Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
scheuermann@ipn.uni-kiel.de

292

**Schild, Nikola**  
Freie Universität Berlin  
Didaktik der Physik  
Arnimallee 14  
14195 Berlin  
Deutschland  
nikola.schild@fu-berlin.de

206

**Schlake, Thomas**  
Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 2  
45141 Essen  
Deutschland  
thomas.schlake@uni-due.de

696

**Schmeling, Sascha**  
CERN  
Teacher and Student Programmes  
Switzerland  
sascha.schmeling@cern.ch

584

**Schmellentin, Claudia**  
Pädagogische Hochschule FHNW  
Institut Sekundarstufe I und II  
Bahnhofstrasse 6  
5210 Windisch  
Schweiz  
claudia.schmellentin@fhnw.ch

32, 432

**Schmiemann, Philipp, Prof. Dr.**  
Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Biologie  
Universitätsstr.2  
45141 Essen  
Deutschland  
philipp.schmiemann@uni-due.de

71, 672

**Schöneberg, Marie**  
RWTH Aachen  
Marie.Schoeneberg@rwth-aachen.de

456

**Schorn, Bernadette, Dr.**  
RWTH Aachen  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
schorn@physik.rwth-aachen.de

194, 400

**Schreiber, Nico, Dr.**  
Universität Duisburg Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstr. 2  
45117 Essen  
Deutschland  
nico.schreiber@uni-due.de

194

**Schröder, Jan, Prof. Dr.**  
Universität zu Köln

756

**Schröder, Laura**  
Ruhr-Universität Bochum  
Didaktik der Chemie  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Deutschland  
laura.schroeder@rub.de

704

**Schumann, Svantje, Dr.**  
PH FHNW  
Institut Primarstufe, Didaktik des  
Sachunterrichts  
Benzburweg 30  
4410 Liestal  
Schweiz  
svantje.schumann@fhnw.ch

103

**Schüßler, Katrin**  
Universität Duisburg-Essen  
Chemididaktik  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
katrin.schuessler@uni-due.de

174

**Schüttler, Tobias**  
LMU München/ DLR\_School\_Lab  
Lehrstuhl für Physikdidaktik  
Theresienstraße 37  
80333 München  
Deutschland  
tobias.schuettler@physik.uni-  
muenchen.de

304

**Schwanewedel, Julia, Prof. Dr.**  
Leibniz Institut für die Pädagogik der  
Naturwissenschaften und Mathematik  
(IPN)  
Didaktik der Biologie  
Olshausenstr. 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
schwanewedel@ipn.uni-kiel.de

564

**Schwarzer, Stefan, Dr.**  
IPN an der Universität zu Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstr. 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
schwarzer@ipn.uni-kiel.de

512, 528

**Schwedler, Stefanie, Dr.**  
Universität Bielefeld  
Didaktik der Chemie  
Universitätsstraße 25  
33615 Bielefeld  
Deutschland  
stefanie.schwedler@uni-bielefeld.de

656

**Schweinberger, Matthias**  
LMU München  
Lehrstuhl für Didaktik der Physik  
Theresienstr. 37  
80333 München  
Deutschland  
M.Schweinberger1@lmu.de

680, 214

**Schwichow, Martin, Dr.**  
schwichow@scientific-reasoning.com

284

**Seibert, David**  
Freie Universität Berlin

556

**Simon, Florian**  
Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf  
Schülerlabor DeltaX (FSPR)  
Bautzner Landstraße 400  
1328 Dresden  
Deutschland  
f.simon@hzdr.de

576

**Skorsetz, Nina**  
Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Forscherstation gGmbH  
Speyerer Str. 6  
69115 Heidelberg  
Deutschland  
skorsetz@ph-heidelberg.de

504

**Smoor, Steffen**  
Universität Oldenburg  
Institut für Physik, Physikdidaktik  
Carl von Ossietzky Straße 9-11  
26129 Oldenburg  
Deutschland  
steffen.smoor@uni-oldenburg.de

260

**Sommer, Katrin, Prof. Dr.**  
Ruhr-Universität Bochum  
Lehrstuhl für Didaktik der Chemie  
Universitätsstrasse 150  
44780 Bochum  
Deutschland  
katrin.sommer@rub.de

340, 480, 704, 716

**Sonnenschein, Ines**  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung  
Chemie  
Brook-Taylor-Str. 2  
12489 Berlin  
Deutschland  
gerlingi@chemie.hu-berlin.de

452

**Sorge, Stefan**  
IPN  
Didaktik der Physik  
Olshausentr. 62  
24118 Kiel  
D  
sorge@ipn.uni-kiel.de

564, 548

**Spatz, Verena, Dr.**  
AECC Physik  
Porzellangasse 4 Stiege 2  
1090 Wien  
Österreich  
verena\_tobias@yahoo.de

344

**Stachelscheid, Karin, Prof. Dr.**  
Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
karin.stachelscheid@uni-due.de

632

**Stamer, Insa**  
IPN an der Universität zu Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
stamer@ipn.uni-kiel.de

528

**Starauschek, Erich, Prof. Dr.**  
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
Abteilung Physik und ihre Didaktik  
Reuteallee 46  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland  
starauschek@ph-ludwigsburg.de

352, 388

**Steffentorweihen, Barbara**  
Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstr. 2  
45117 Essen  
Deutschland  
barbara.steffentorweihen@uni-due.de

672

**Stegemann, Sandra**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie / Institut für  
Sachunterricht  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
sandra.stegemann@uni-due.de

764

**Stender, Anita, Dr.**

Universität Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 2  
45117 Essen  
Deutschland  
Anita.Stender@uni-due.de

284

**Streller, Matthias, Dr.**

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf  
Bautzner Landstraße 400  
1328 Dresden  
Deutschland  
m.streller@hzdr.de

484

**Strippel, Christian**

Ruhr-Universität Bochum  
Didaktik der Chemie  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Deutschland  
christian.strippel@rub.de

480, 716

**Strübe, Martina**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
martina.struebe@uni-due.de

384

**Stummer, Thomas**

RWTH Aachen  
Audiovisuelles Medienzentrum  
Pauwelsstraße 30  
52074 Aachen  
Deutschland  
tstummer@ukaachen.de

198

**Sumfleth, Elke, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
elke.sumfleth@uni-due.de

5, 79, 59, 404, 83, 170, 174, 384, 178,  
720, 792

**Sures, Bernd**

Universität Duisburg-Essen

71

**Szogs, Michael**

Goethe-Universität Frankfurt am Main  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
60438 Frankfurt am Main  
Deutschland  
Szogs@stud.uni-frankfurt.de

256, 376, 768, 780

**Tardent, Josiane**

Pädagogische Hochschule Zürich

328

**Tempel, Benjamin**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Alstater Str. 66  
69124 Heidelberg  
Deutschland  
tempel@ph-heidelberg.de

264

**Tepner, Oliver, Dr.**

Universität Rostock  
Didaktik der Physik  
93053 Regensburg  
oliver.tepner@ur.de

384, 772, 760, 368

**Theis, Christian**

RWTH Aachen  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
Deutschland  
christian.theis@rwth-aachen.de

400

**Theyßen, Heike, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstr. 2  
45117 Essen  
Deutschland  
heike.theysen@uni-due.de

71, 194, 672

**Thode, Dirk**

Universität Bremen  
IDN – Abt. Physikdidaktik  
Otto-Hahn-Allee 1  
28359 Bremen  
Deutschland  
dirk.thode@uni-bremen.de

688

**Thoms, Lars-Jochen**

LMU München

820

**Thyssen, Christoph, Dr.**  
TU Kaiserslautern  
Fachdidaktik der Biologie  
Erwin Schrödinger Str.  
67663 Kaiserslautern  
Deutschland  
christoph@thyssen-web.de

360

**Tiemann, Rüdiger, Prof. Dr.**  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung  
Chemie  
Newtonstraße 14  
12489 Berlin  
Deutschland  
ruediger.tiemann@chemie.hu-berlin.de

732, 452, 776

**Timmerman, Philip**  
Didaktik der Physik  
Ruhr-Universität Bochum  
Deutschland  
philip.timmerman@rub.de

364

**Trauschke, Mathias**  
Leibniz Universität Hannover  
Institut für Didaktik der  
Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland  
trauschke@idn.uni-hannover.de

186

**Trefzger, Thomas, Prof. Dr.**  
Universität Würzburg  
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik  
Emil-Hilb-Weg 22  
97074 Würzburg  
Deutschland  
thomas.trefzger@physik.uni-  
wuerzburg.de

488, 492, 496

**Treich, Florian**  
Universität Würzburg  
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik  
Emil-Hilb-Weg 22  
97074 Würzburg  
Deutschland  
florian.treich@physik.uni-wuerzburg.de

496

**Trottenberg, Dennis**  
Technische Universität Braunschweig  
Abt.: Physik und Physikdidaktik  
Bienroder Weg 82  
38106 Braunschweig  
Deutschland  
d.trottenberg@tu-bs.de

91

**Ullrich, Mark**  
Goethe-Universität Frankfurt

107

**Ulrich, Nina**

Leibniz Universität Hannover  
IDN Chemiedidaktik  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland  
ulrich@idn.uni-hannover.de

428

**Vorst, Helena van, Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
helena.vanvorst@uni-due.de

178, 720, 792

**Varnai, Agnes Szabone, Dr.**

Universität Paderborn  
Didaktik der Physik  
Warburger Str. 99  
33097 Paderborn  
Deutschland  
avarnai@mail.upb.de

728

**Wackermann, Rainer, Dr.**

Didaktik der Physik  
Ruhr-Universität Bochum  
Universitätsstr. 150  
44801 Bochum  
Deutschland  
wackermann@physik.rub.de

364

**Vogelsang, Christoph, Dr.**

Universität Paderborn  
Didaktik der Physik  
Warburger Str. 100  
33098 Paderborn  
Deutschland  
cvogelsa@mail.uni-paderborn.de

752, 756

**Waldeyer, Julia**

Universität Duisburg-Essen  
Lehr-Lernpsychologie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
julia.waldeyer@uni-due.de

63

**Vorholzer, Andreas, Dr.**

Justus-Liebig-Universität Gießen  
Institut für Didaktik der Physik  
Karl-Glöckner-Straße 21C  
35394 Gießen  
Deutschland  
andreas.vorholzer@didaktik.physik.uni-  
giessen.de

288

**Walkowiak, Malte**

Universität Hannover  
Institut für Didaktik der  
Naturwissenschaften  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland  
walkowiak@idn.uni-hannover.de

460

**Walpuski, Maik, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
maik.walpuski@uni-due.de

87, 796, 632

**Watzka, Bianca, Dr.**

LMU München  
Lehrstuhl für Didaktik der Physik  
Theresienstraße 37  
80333 München  
Deutschland  
bianca.watzka@lmu.de

202, 214

**Weber, Jeremias, Dr.**

Goethe-Universität Frankfurt  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Strasse 1  
60438 Frankfurt am Main  
Deutschland  
jeremias.weber@physik.uni-frankfurt.de

107

**Weber, Katrin**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
katrin.weber@uni-due.de

404

**Wehrspohn, Ralf**

Martin-Luther-Universität Halle

272

**Weirauch, Katja, Dr.**

PH Freiburg  
Abteilung Physik  
Kunzenweg 21  
79117 Freiburg  
Deutschland  
patrick.vogt@ph-freiburg.de

408

**Weisermann, Maria**

IPN an der Universität zu Kiel

824

**Welzel-Breuer, Manuela, Prof. Dr.**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Kepler Str.87  
69120 Heidelberg  
Deutschland  
welzel@ph-heidelberg.de

536, 240, 396, 504, 544, 684, 540

**Wenzel, Franziska**

Goethe-Universität Frankfurt

107

**Wenzel, Michael**

Goethe-Universität Frankfurt am Main  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
60439 Frankfurt am Main  
Deutschland  
wenzel@physik.uni-frankfurt.de

*111*

**Weßnigk, Susanne**

IPN Kiel

*150*

**Weusmann, Birgit, Dr.**

Universität Oldenburg  
Didaktik der Biologie  
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11  
26111 Oldenburg  
Deutschland  
birgit.weusmann@uni-oldenburg.de

*548*

**Wilhelm, Markus, Prof. Dr.**

Pädagogische Hochschule Luzern  
Naturwissenschaften und ihre Didaktik  
Pfistergasse 20  
6000 Luzern  
Schweiz  
markus.wilhelm@phlu.ch

*264, 472*

**Wilhelm, Thomas, Prof. Dr.**

Goethe-Universität Frankfurt am Main  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Str. 1  
60439 Frankfurt am Main  
Deutschland  
wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

*42, 111, 115, 146*

**Windschitl, Mark, Prof. Dr.**

University of Washington  
Science Education  
mwind@uw.edu

*19*

**Windt, Anna, Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Institut für Sachunterricht  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland  
anna.windt@uni-due.de

*804*

**Winkelmann, Jan, Dr.**

Goethe-Universität Frankfurt  
Institut für Didaktik der Physik  
Max-von-Laue-Straße 1  
60438 Frankfurt am Main  
Deutschland  
winkelmann@physik.uni-frankfurt.de

*107*

**Wirth, Joachim, Prof. Dr.**

Ruhr-Uni Bochum  
Lehr-Lernforschung  
Universitätsstr. 150  
44780 Bochum  
Deutschland  
lehrlernforschung@rub.de

63

**Wodzinski, Rita, Prof. Dr.**

Universität Kassel  
Didaktik der Physik

648

**Woest, Volker, Prof. Dr.**

Friedrich-Schiller-Universität Jena  
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik  
August-Bebel-Straße 2  
7743 Jena  
Deutschland  
volker.woest@uni-jena.de

276, 640, 644

**Woitkowski, David, Dr.**

Universität Paderborn  
Didaktik der Physik  
Warburger Straße 100  
33098 Paderborn  
Deutschland  
david.woitkowski@upb.de

532

**Wolny, Brigitte**

Universität Wien  
Austrian Educational Competence Centre  
Physics  
Porzellangasse 4 /2 /2  
1090 Wien  
Österreich  
brigitte.wolny@univie.ac.at

664

**Wulff, Peter**

IPN Kiel  
Didaktik der Physik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland  
wulff@ipn.uni-kiel.de

162

**Zechlin, Daniel**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Didaktik der Physik  
Unter den Linden 6  
10099 Berlin  
Deutschland  
zechlin@physik.hu-berlin.de

300

**Zeisberg, Inga**

Schülerlabor MExLab Münster

158

Die 43. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) wurde im September 2016 an der Pädagogischen Hochschule in Zürich ausgerichtet.

Zum Tagungsthema „Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis“ 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](http://www.gdcp.de)