

Sascha Bernholt (Hg.)

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

# Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik  
Jahrestagung in München 2013

Sascha Bernholt (Hg.)  
Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht

Gesellschaft für Didaktik  
der Chemie und Physik

Band 34

Sascha Bernholt (Hg.)

# Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik  
Jahrestagung in München 2013

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

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

**Bibliographische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek**

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

ISBN 978-3-89088-361-8

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCCP)

Herausgeber: Sascha Bernholt

Vorstand: Ilka Parchmann (Sprecherin), Thorid Rabe,  
Peter Reinhold, Sascha Schanze

© IPN Kiel 2014

Alle Rechte beim Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN),  
Olshausenstr. 62, D-24118 Kiel  
[www.ipn.uni-kiel.de](http://www.ipn.uni-kiel.de)

## **Inhaltsverzeichnis**

SASCHA BERNHOLT	
Vorwort	1
ILKA PARCHMANN	
Einführung	2

## **Plenarvorträge**

OLAF KÖLLER	
Demografische Entwicklung, Reformen in der Lehrerbildung und naturwissenschaftlicher Wissenserwerb	3
PETER LABUDDE	
Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht Mythen, Definitionen, Fakten	13
KORNELIA MÖLLER	
Vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Fachunterricht - Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule	25
DOROTHEE BROVELLI, MARKUS REHM & MARKUS WILHELM	
Integrierte naturwissenschaftliche Lehrerbildung Entwicklung professioneller Kompetenz bei Lehramtsstudierenden	40

## **Workshop**

MARKUS REHM, ANDREAS BOROWSKI, KNUT NEUMANN & OLIVER TEPNER	
Erhebungsformate fachlicher professioneller Kompetenz von Lehrkräften	55

## **Gruppenvorträge**

### **Vortragsblock A**

RÜDIGER KRAUB & VOLKER WOEST	
Naturwissenschaft und Inklusive Bildung	58
BARBARA SCHMITT-SODY & ANDREAS KOMETZ	
NESSI-Transfer – Öffnung eines Schülerlabors für Förderschulen	61

## II

SILVIJA MARKIC	
Umgang der NW - Lehrerinnen und Lehrer mit sprachlicher Heterogenität	64
EDUARDO BACQUET-PÉREZ & MANUELA WELZEL-BREUER	
Fallstudie zur Entstehung von Gerichtetheit durch Physikunterricht	67
KATJA FREYER, MATTHIAS EPPLE & ELKE SUMFLETH	
Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie	70
KLAUS WELTNER	
Verbesserung der Lernsituation von Studienanfängern	73
MARKUS BOHLMANN	
Theorie der Science-Didaktik	76
SIMONE ABELS & BRIGITTE KOLIANDER	
„Forschendes Lernen in der Schule“ – ein hochschuldidaktisches Konzept	79
ANJA GÖHRING	
Naturwissenschaft und Technik (NWT) – integrierte Lehrerbildung an der Uni	82
ANNA KOTWICA & VERENA PIETZNER	
Ergebnisse einer Befragung von Chemielehrkräften zur Berufsorientierung - Ein Teilprojekt von PACE-CHEM	85
SHINGO UCHINOKURA & VERENA PIETZNER	
Creativity in Science Education	88
THOMAS PRESTEL & GESCHE POSPIECH	
Projekt Naturwissenschaft trifft Kunst - Ergebnisse	91
ROGER ERB, FRIEDERIKE KORNECK, HORST SCHECKER, HEIKE THEYSSEN & RITA WODZINSKI	
Kerncurriculum Physikdidaktik im Lehramtsstudium	94
SUSANNE SIEGERT, HEIKE THEYBEN & HEIDRUN HEINKE	
Kurzvortrag vs. Protokolle im Praktikum - eine Vergleichsuntersuchung	97
TOBIAS GUTZLER, DANIEL REHFELDT & VOLKHARD NORDMEIER	
TSL: Bedarfsanalyse in Praktika: Ein „neues“ Werkzeug zur Strukturierung	100

### III

DANIEL REHFELDT, TOBIAS GUTZLER & VOLKHARD NORDMEIER TSL: Quantitative Problemanalyse im Nebenfachpraktikum	103
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

#### **Vortragsblock B**

CHRISTOPH KULGEMEYER Messung des Professionswissens von Lehramtsstudierenden der Physik - Einführung in ein gemeinsames Symposium der Projekte KiL und ProfiLe-P -	106
MARTIN WALZER, HANS ERNST FISCHER & ANDREAS BOROWSKI Fachwissen im Studium zum Lehramt der Physik	108
YVONNE GRAMZOW, JOSEF RIESE & PETER REINHOLD DaWis: Teilprojekt Fachdidaktisches Wissen	111
ELISABETH TOMCZYSZYN, CHRISTOPH KULGEMEYER & HORST SCHECKER Diagnostik des Erklärungswissens von Physikstudierenden	114
JOCHEN KRÖGER, KNUT NEUMANN & STEFAN PETERSEN Erfassung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte im Rahmen des Projekts KiL	117
MARIE-ANN MOWKA & JULIA MICHAELIS Planungshandeln von Lehrkräften zur Ansteuerung der Erkenntnisgewinnung	120
ANITA STENDER, MAJA BRÜCKMANN & KNUT NEUMANN Der Einfluss der professionellen Kompetenz auf die Qualität der Skripte	123
RAINER WACKERMANN, SILKE GRAFE & MARKUS KUHLMANN Videobasierte Reflexion von Physikunterricht aus interdisziplinärer Perspektive	126
ANNA WINDT & STEFAN RUMANN Entwicklungsprozesse während der zweiten Phase der Lehrerbildung	129
STEFAN MUTKE & OLIVER TEPNER Entwicklung professionellen Wissens von Referendaren im Fach Chemie	132
LARS OETTINGHAUS, JAN LAMPRECHT & FRIEDERIKE KORNECK Analyse der professionellen Kompetenz von Referendaren	135

## IV

FRIEDERIKE KORNECK, MAREIKE KUNTER, LARS OETTINGHAUS, JAN LAMPRECHT & MICHAEL SACH	
Analyse von Unterrichtshandeln in komplexitätsreduzierten Sequenzen	138
EVA CAUET, SVEN LIEPERTZ, SOPHIE KIRSCHNER, ANDREAS BOROWSKI & HANS E. FISCHER	
Professionswissen von Physiklehrkräften und Schülerleistung	141
PIA ALTENBURGER, ERICH STARAUSCHEK & MARKUS WIRTZ	
Mehrebenenanalytische Modelle zum Physiklernen im Sachunterricht	144
DAVID WOITKOWSKI, JOSEF RIESE & PETER REINHOLD	
Fachwissen Physik - Erste Ergebnisse einer deutschlandweiten Erhebung	147
CORNELIA SUNDER, MARIA TODOROVA, MIRJAM STEFFENSKY & KORNELIA MÖLLER	
Verbessert das Studium die professionelle Wahrnehmung von Unterricht?	150
JAN HOFMANN & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER	
Wirkung einer videogestützten Lehrerfort- und -weiterbildung	153

### Vortragsblock C

JURIK STILLER, PHILIPP STRAUBE, SABRINA MATHESIUS, STEFAN HARTMANN, RÜDIGER TIEMANN, VOLKHARD NORDMEIER, DIRK KRÜGER & ANNETTE UPMEIER ZU BELZEN	
Fachmethodische Kompetenzen im Lehramtsstudium - das Projekt Ko-WADiS -	156
PHILIPP STRAUBE, RÜDIGER TIEMANN, ANNETTE UPMEIER ZU BELZEN, DIRK KRÜGER & VOLKHARD NORDMEIER	
Ko-WADiS   Theoretische Grundlagen	159
PHILIPP STRAUBE, JURIK STILLER, RÜDIGER TIEMANN & VOLKHARD NORDMEIER	
Ko-WADiS   Aspekte der Itemkonstruktion	162
JURIK STILLER, PHILIPP STRAUBE, SABRINA MATHESIUS & STEFAN HARTMANN	
Ko-WADiS   Vorläufige Ergebnisse der Pilotierung	165
MARCUS BÖHRET & HANS-DIETER KÖRNER	
Erhebung prozessorientierter Kompetenzen im Rahmen von Experimentiersituationen	168

V

CHRISTOPH GUT, PITT HILD, SUSANNE METZGER & JOSIANE TARDENT Projekt ExKoNawi: Modell für hands-on Assessments experimenteller Kompetenzen	171
SUSANNE METZGER, PITT HILD, CHRISTOPH GUT & JOSIANE TARDENT Projekt ExKoNawi: Aufgaben und erste Ergebnisse der hands-on Assessments	174
ANDREAS NEHRING, KATHRIN H. NOWAK, ANNETTE UPMEIER ZU BELZEN & RÜDIGER TIEMANN Ausgewählte Analysen der „VerE-Studie“ - Zur Trennbarkeit und zu Zusammenhängen von Fachwissen und Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung	177
JAN HEIDRICH, STEFAN PETERSEN & KNUT NEUMANN Kognitive Validierung eines Experimentiertests durch Think Alouds	180
KERSTIN PATZWALDT, META KAMBACH, ANNETTE UPMEIER ZU BELZEN & RÜDIGER TIEMANN Experimentierkompetenz erfassen Zur Entwicklung und Auswertung von Experimentieraufgaben	183
JAN RUHRIG & DIETMAR HÖTTECKE Lehrerperspektiven auf unsichere Evidenz im nat.-wiss. Unterricht	186
ANTONY CROSSLEY & ERICH STARAUSCHEK Unterstützen internetgestützte Hausaufgaben das Physiklernen?	189
JENNA KOENEN, MARKUS EMDEN & ELKE SUMFLETH Potenziale beim Lernen mit experimentunterstützten Lösungsbeispielen	192
MARTIN SCHWICHOW, HENDRIK HÄRTIG & TIM HÖFFLER Merkmale einer effektiven Vermittlung experimentellen Strategiewissens	195
ANNETTE KAKOSCHKE & KATRIN SOMMER Explizite Vermittlung naturwissenschaftlicher Methoden	198
BERND SCHÜSSELE, ELMAR STAHL & SILKE MIKELSKIS-SEIFERT Learning by Design: Interventionsstudie zur Veränderung des Wissenschaftsverständnisses durch Medienproduktion	201
CHRISTIANE BLUM & PETER HEERING Storytelling als Ansatz in den Naturwissenschaften – erste Erfahrungen	204

## VI

WILFRIED WENTORF, TIM HÖFFLER & ILKA PARCHMANN	
NoSt-Vorstellungen von Studierenden - Konzepte über naturwissenschaftliche Tätigkeitsbereiche	207
LYDIA SCHULZE-HEULING, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT & MATTHIAS NÜCKLES	
Entwicklung eines Erhebungsinstruments zum Wissenschaftsverständnis Physiklehrender	210

### **Vortragsblock D**

PETER MAYER, LARS-JOCHEN THOMS & RAIMUND GIRWIDZ	
Studierendenbefragung zur Rolle neuer Medien im Physikunterricht	213
MARKUS PESCHEL & ALEXANDER KOCH	
Lehrertypen – Typisch Lehrer? Clusterungen im Projekt SUN	216
EVA-MARIA PAHL	
Vorstellungen von Lehrpersonen aus dem Sach- und Physikunterricht zum Thema Energie und dessen Vermittlung	219
BRIGITTE KOLIANDER	
Schlüsselkompetenzen im naturwissenschaftlichen Labor definieren	222
RONNY SCHERER	
Zur Domänenspezifität von Kompetenzeinschätzungen: Chemiebezogene Competence Beliefs	225
INGA KALLWEIT & INSA MELLE	
Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen	228
ALINA KINSCHER & STEFAN RUMANN	
Webbasierte individuelle Förderung im Chemieunterricht	231
SANDRA ANUS & INSA MELLE	
Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht – Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden	234
KATHARINA POLLMEIER, KIM LANGE & KORNELIA MÖLLER	
Wie nehmen Schüler/innen ihren Physikunterricht von der 4. bis zur 7. Klasse wahr?	237

## VII

LENA MAREIKE WALPER, KIM LANGE & KORNELIA MÖLLER	
Beeinflusst der Unterricht die Entwicklung physikbezogener Interessen?	240
JÜRGEN DOMJAHN	
Interessengenetischer Physikunterricht - Modellierung und Perspektiven	243
JENNIFER NEUMANN & KARIN STACHELSCHIED	
Gesundheitsförderung durch Humor – Eine Intervention zum Sonnenschutz	246
JAN WINKELMANN & ROGER ERB	
Lernerfolge durch Schüler- und Demoexperimente in der geometrischen Optik	249
ALEXANDER KOCH, CELIA LÄNGLE, PETER LABUDDE & ENIKŐ ZALA	
Lern- und Lehrvoraussetzungen im Modellversuch SWiSE	252
SÖNKE GRAF & MANUELA WELZEL-BREUER	
Naturwissenschafts-Lehrerfortbildung und professionsbezogene Gespräche	255
HEIKE ITZEK-GREULICH, BARBARA FLUNGER, CHRISTIAN VOLLMER, BENJAMIN NAGENGAST, MARKUS REHM & ULRICH TRAUTWEIN	
Effekte der Einbindung eines Schülerlaborbesuchs in den Schulunterricht auf die Lernleistung	258
JÜRGEN MENTHE	
Schülerlabor „Alles sauber und frisch dank Nano?!“ Wie beurteilen Schüler/innen die Nanotechnologie?	261
ALEXANDER MOLZ, JOCHEN KUHN & ANDREAS MÜLLER	
„Dem Druck auf der Spur“ Lehren, Lernen und Forschen im Physik-Schülerlabor iPhysicsLab	264

### **Vortragsblock E**

DESIREE HEINE, ANDREAS TRAUTMANN & ALEXANDER KAUERTZ	
Naturwissenschaftliche Problemlöseprozesse von Grundschulern	267
MEIKE BERGS & MAIK WALPUSKI	
Auswirkung von Strategienutzung auf Lernerfolg bei Guided Inquiry	270
TOBIAS LUDWIG & BURKHARD PRIEMER	
Ein Instrument zur Erfassung von Argumentationen beim Experimentieren	273

## VIII

IWEN KOBOW & MAIK WALPUSKI	
Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Kompetenzbereichen im Fach Chemie	276
DIETMAR HÖTTECKE, CLAUS KRIEGER, MARTA KULIK, TIMO EHMKE & KNUT SCHWIPPERT	
Fachsprachliche Fähigkeiten in Physik und Sport in Klasse 6 und 7	279
MARION MÜLLER, ROLAND BERGER & MARTIN HÄNZE	
Entwicklung von Trainings zur Verbesserung der Unterstützung im Cross-Age Tutoring	282
STEPHANIE TRUMP, MARTINA BRANDENBURGER, INES SCHMIDT & SILKE MIKELSKIS-SEIFERT	
Mathematik in den Naturwissenschaften Inhalte, Anwendung und Folgen	285
STEPHANIE TRUMP & ANDREAS BOROWSKI	
Die Anwendung von Mathematik in der Physik (Sek II)	288
INES SCHMIDT	
Mathematische Modelle im Chemieunterricht der Sekundarstufe II	291
MARTINA BRANDENBURGER, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT & PETER LABUDDE	
Einfluss der Kenntnisse in Mathematik auf das Problemlösen in Physik	294
KIRSTIN ENGESSER, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT & LARS HOLZÄPFEL	
Wie unterscheiden sich Mathematik und Physik in ihrem Image?	297
JOCHEN KUHN & ANDREAS MÜLLER	
Smartphones, Tablets & Co.: Theorie, Konzeptionen und Untersuchungsergebnisse	300
JOCHEN KUHN & JAN FRÜBIS	
Smartphone-Experimente: Aktuelle Beispiele und Erkenntnisse	303
KATRIN HOCHBERG, JOCHEN KUHN & ANDREAS MÜLLER	
iMechanics: Lernwirkung von Smartphones und Wiimotes im Mechanikunterricht der Sekundarstufe II	306
MICHAEL HIRTH, JOCHEN KUHN & ANDREAS MÜLLER	
iAcoustics: Smartphones als Experimentiermittel im Themenbereich Akustik	309

## IX

PASCAL KLEIN, SEBASTIAN GRÖBER, JOCHEN KUHN & ANDREAS MÜLLER

Experimentelle Aufgaben in den Übungen zur Experimentalphysik 1 312

JOCHEN SCHEID, ANDREAS MÜLLER, WOLFGANG SCHNOTZ, JOCHEN KUHN &  
WIELAND MÜLLER

Entwicklung repräsentationaler Kohärenz von Physiklernenden 315

ALEXANDER STRAHL, SUSAN HAGENDORF & RAINER MÜLLER

Oberflächeneigenschaften von Einheiten  
– Ergebnisse einer Studenten- und Schülerbefragung – 318

MARTIN ERIK HORN

Elektromagnetische Wellen im Wechselspiel von Algebra und Geometrie 321

J. BARTSCH, F.H. EFFERTZ & CHRISTIAN LUKNER

Endlagerung radioaktiver Abfälle – wie geht es weiter? 324

### **Vortragsblock F**

SASCHA SCHANZE

Learning by drawing  
Durch eigene Zeichnungen das Verständnis chemischer Konzepte fördern 327

GABRIELA JONAS-AHREND, HAGIT REFAELI-MISHKIN, NIVA WENGROWICZ &  
YEHUDIT JUDY DORI

Visualisierungen in Schülerprojekten – eine bi-nationale Studie 330

KERRIN RIEWERTS

Experimentieren mit älteren Generationen – Chemiedidaktische Aspekte bei der  
Heranführung von Senioren an chemische Inhalte 333

MAREIKE BOLTEN & VERENA PIETZNER

Praxiseinsatz von Visualisierungen in Chemievorlesungen 336

STEFAN RICHTBERG & RAIMUND GIRWIDZ

Aufgaben mit Sofort-Feedback: Stärken einer Online-Lernumgebung 339

SVEN SOMMER

(Mini)Phänomenta  
Dimensionen der Arbeit mit interaktiven Exponaten 342

X

MARTIN PANUSCH & PETER HEERING	
Der elektrische Salon in der Phänomenta Flensburg	345
KERSTIN GEDIGK, GESCHE POSPIECH & MICHAEL KOBEL	
Interessenentwicklung Jugendlicher durch Teilchenphysik-Masterclasses	348
MATTHIAS STRELLER & GESCHE POSPIECH	
Be.inVorM – Studie über den Effekt eines schülerlaborbegleitenden Online-Portals	351
MORITZ KRAUSE, DÖRTE OSTERSEHLT, TORSTEN MEHRWALD, HANS-JÜRGEN RUNDEN, STEFFI MROSKE & INGO EILKS	
"Natur inspiriert - Bionik": Ein Beispiel aus dem Projekt PROFILES-Bremen	354
CORINNA ERFMANN & ROLAND BERGER	
Evaluation einer Unterrichtseinheit zur Induktion in der Sekundarstufe II	357
RALF GEISS	
Von Wagenschein zu kognitiv aktivierendem Chemie-Unterricht	360
STEFAN SCHMIT & MICHAEL KOMOREK	
Schulbücher als Lernmaterialien für Schüler und Lehrer – Exemplarische Untersuchungen am Thema ‚Bewegungsbeschreibung‘	363
MAHDI BENBETKA & AHMED LATEF	
Die qualitative Analyse des Lehrbuchs Physik der 1. Klasse nach Kompetenzansatz	366
MELANIE WÄCHTER & ALEXANDER KAUERTZ	
Argumentieren im Physikunterricht – Kompetenzmodellierung und -messung	369

**Vortragsblock G**

NORA FERBER, MARKUS EMDEN & ELKE SUMFLETH	
Zur Erfassung von Kompetenzentwicklung im Fach Chemie	372
SUSANNE WEBNIGK & KNUT NEUMANN	
Erweiterung eines Kompetenzentwicklungstests zum Energieverständnis	375
HILDEGARD URBAN-WOLDRON	
Elektrische Stromkreise als System erfassen	378

## XI

HARALD BIERBAUM, PETER EULER, ARNE LUCKHAUPT & PAUL SCHLÖDER	
Chemie-Verstehen lehren in Zeiten der Kompetenzorientierung?!	381
PETER EULER	
Zur pädagogischen Interpretation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften	384
HARALD BIERBAUM	
Grundlegende Probleme des Verstehens der Naturwissenschaften	387
ARNE LUCKHAUPT	
Genetische Grabungen als aufschlüsselnder Zugang zum Verstehen	390
PAUL SCHLÖDER	
Schlüsselstellen im Unterricht – videographische Analyse zur fachpädagogischen Diagnostik	393
DANIELA KRISCHER & MARTIN GRÖGER	
Chemie und Natur	396
DANIELA KRISCHER & MARTIN GRÖGER	
...natürlich Chemie! – Phänomene draußen chemisch erforschen Ein Konzept für den Chemieunterricht der Sekundarstufen I und II	399
PHILIPP SPITZER & MARTIN GRÖGER	
Chem-Tracking – Mit GPS auf der Spur der Chemie	402
MAREIKE JANSSEN, PHILIPP SPITZER & MARTIN GRÖGER	
Durch Naturbezug mehr Chemie im Sachunterricht	405
KATHARINA WURM & MARTIN GRÖGER	
Mit dem Naturstoff Lehm draußen chemische Konzepte anbahnen	408
DANIEL KECK, YVONNE KAMMERER & ERICH STARAUSCHEK	
Beeinflusst der Kontext das Erkennen fachlicher Inkonsistenzen in internetbasierten Physiktexten?	411
<b>Poster</b>	
CAROLIN HÜLSMANN & MAIK WALPUSKI	
Kurswahlmotive von Oberstufenschülerinnen und -schülern im Fach Chemie	414

## XII

CAROLIN FRANK, SASCHA BERNHOLT & ILKA PARCHMANN Wie relevant sind schulische Kompetenzen für die Ausbildung von Chemielaboranten?	417
CLAUDIA NERDEL Naturwissenschaftsdidaktik als hochschulische Entwicklungsaufgabe	420
MARIAN BUSCH & VOLKER WOEST Potenzial und Grenzen von fächerübergreifendem NaWi-Unterricht – aus Perspektive der Lehrenden –	423
VINCENT SCHNEIDER, ANKE SCHÜRMAN & CLAUS BOLTE Professionsbezogene Einstellungen von Studierenden des Grundschullehramts zum Fach „Integrierte Naturwissenschaften“	426
PETER HEERING & MAIKE BUSKER Naturwissenschaftliche Grundbildung in der LehrerInnenbildung	429
ANKE SCHÜRMAN, VINCENT SCHNEIDER, MANJA ERB & CLAUS BOLTE Kompetenzen von Studierenden im Bereich „naturwissenschaftliches Arbeiten“	432
HEIDRUN HEINKE & ANDREAS BOROWSKI Das Ende des MINT-Lehrermangels - ein Ansatz durch Nachwuchsförderung	435
MARTINA STRÜBE, OLIVER TEPNER & ELKE SUMFLETH Validierung von Kodiermanualen zum Umgang mit Modellen & Experimenten	438
VIKTORIA RATH & PETER REINHOLD Diagnosekompetenz von Physiklehramtsstudierenden	441
HOLGER TRÖGER, ELKE SUMFLETH & OLIVER TEPNER Umgang mit Fachsprache und Schülervorstellungen im Chemieunterricht	444
MARVIN KRÜGER, LARS OETTINGHAUS, FRIEDERIKE KORNECK, LAURA DROBNAK & MAREIKE KUNTER Schüler- und Peerbefragungen zu komplexitätsreduzierten Sequenzen	447
FADIME KARABÖCEK & ROGER ERB Typische Experimente im Physikunterricht	450

### XIII

STEFAN ANTHOFER & OLIVER TEPNER	
Förderung des experimentellen Wissens von Chemie-Lehramtsstudierenden	453
ANNA HASENKAMP, ANNA WINDT & STEFAN RUMANN	
Sachunterrichtsplanung in der zweiten Phase der Lehrerbildung	456
VERENA JANNACK, ANNETTE FLECHSIG, JENS-PETER KNEMEYER & NICOLE MARMÉ	
Problembasiertes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht - Fortbildungsverhalten und Fortbildungsbedarf von Lehrkräften	459
ANNETTE FLECHSIG, VERENA JANNACK, JENS-PETER KNEIMEYER & NICOLE MARMÉ	
Förderung von wissenschaftlichem Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht	462
ANDREAS VORHOLZER & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER	
Wie lernen Schüler/innen naturwissenschaftliches Arbeiten?	465
LISA FELKER & ANDREAS BOROWSKI	
Veränderung von Vorstellungen zu NAW mittels Lernstationen zum SFB 917	468
JANNE KRÜGER, ANDREAS HENKE & DIETMAR HÖTTECKE	
Schülervorstellung zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften	471
HENNING STEFF & KATRIN SOMMER	
Untersuchungen über das Potential von Modellexperimenten im Chemieunterricht	474
PITT HILD, SUSANNE METZGER & ILKA PARCHMANN	
Individuelle Förderung experimenteller Kompetenzen mit Lernaufgaben	477
HANNO MICHEL & IRENE NEUMANN	
Nature of Science im Fachkontext Physik	480
ANTONY CROSSLEY & ERICH STARAUŠCHEK	
Verwenden NaturwissenschaftslehrerInnen das Internet im Unterricht?	483
SABRINA MILKE & ERICH STARAUŠCHEK	
Kann Priming das Erlernen der Newtonschen Mechanik beeinflussen?	486
STEFANIE CARELL & MARKUS PESCHEL	
kidipedia – Ergebnisse eines Forschungsprojekts im Sachunterricht	489

XIV

NADJA BELOVA & INGO EILKS	
Werbung im naturwissenschaftlichen Unterricht	492
CHRISTOPH STOLZENBERGER & THOMAS TREFZGER	
Merkmale der Lernumgebung als Prädiktoren für wahrgenommenen Output	495
MARCEL BULLINGER & ERICH STARAUSCHEK	
Physik mit Phänomenbegegnung und Selbsterklärung in der Primarstufe	498
REINHARD VETTERS & VERENA PIETZNER	
Fragebogenstudie zur Unterrichtsdiagnostik im Bereich Formelsprache	501
SIMONE NAKOINZ & ELKE SUMFLETH	
Analyse der Fähigkeit, chemische Repräsentationsebenen zu verknüpfen	504
LENA VON KOTZEBUE & CLAUDIA NERDEL	
Das Professionswissen von Lehramtsstudierenden zum Umgang mit naturwissenschaftlichen Diagrammen	507
MONIKA BUDDE, MAIKE BUSKER & HANNE RAUTENSTRAUCH	
Fachspezifische Qualifikation in Sprachförderung im Lehramtsstudium Chemie	510
LARS-JOCHEN THOMS, KARIN SIFERLINGER & RAIMUND GIRWIDZ	
Kognitive Verarbeitung von Diagrammen bei spektrometrischer Untersuchung von Leuchtmitteln	513
INES GERLING, NINA WEGNER & RÜDIGER TIEMANN	
Entwicklung eines Kodiermanuals zum experimentellen Vorgehen von Lehramtsstudenten	516
ANNA-BIRTE FREHSE, JAN WINKELMANN & ROGER ERB	
Expertenrating zu Komplexität und kognitiven Prozessen beim Lösen von Testaufgaben	519
HEIKO KRABBE, MIRIAM KLEINE-BOYMANN, ALEXANDRA DORSCHU & HANS E. FISCHER	
Einfluss der Darstellungsform kontextualisierter Kompetenztestaufgaben	522
HANNES SANDER & DIETMAR HÖTTECKE	
Intuition und Emotion beim Urteilen und Entscheiden	525
INKA HAAK & PETER REINHOLD	
Interventionsstudie zum Physiktreff (Physikstudium)	528

INGO BREBECK & ELKE SUMFLETH	
Selbstreguliertes Lernen und Lernerfolg an der Universität	531
STEPHANIE STRELOW & VOLKHARD NORDMEIER	
Interviewstudie zu Beliefs in der Studieneingangsphase	534
ALEXANDER PUSCH	
PhysikCheck für Studieninteressierte in NRW - Ergebnisse der Abfrage zum Bedarf einzelner Wissensbereiche an den Hochschulen NRW	537
DAVID BUSCHHÜTER & ANDREAS BOROWSKI	
Modellierung von Eingangsanforderungen für das Studienfach Physik	540
DOMINIQUE ROSENBERG & MAIKE BUSKER	
Einsatz von Aufgaben in der Hochschullehre	543
MICHELE HOFFMANN & VOLKER WOEST	
Schüler und Studierende lernen gemeinsam mehr!?	
Freie Lernzeiten differenzierend gestaltet durch Erstsemesterstudierende	546
ANNA SCHMITT & INSA MELLE	
Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung der Erkenntnisgewinnungskompetenz	549
STEPHANIE MÜNSTERMANN, SASCHA SCHMELING & ANDREAS BOROWSKI	
Fachliches und fachdidaktisches Wissen über Elementarteilchenphysik	552
JULIA HOCHÉ, ANDREAS BOROWSKI & HEIDRUN HEINKE	
Lehrerfortbildung zum Einsatz von Smartphones im Physikunterricht	555
CLAUDIA MEINHARDT, THORID RABE & OLAF KREY	
Qualitative Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) in physikdidaktischen Handlungsfeldern	558
MATHIAS ROPOHL	
Untersuchung der Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen im Fach Chemie	561
MARKUS ELSHOLZ, SUSAN FRIED & THOMAS TREFZGER	
Professionalisierung durch Praxisbezug im Lehr-Lern-Labor-Seminar	564
ELINA PLATOVA & MAIK WALPUSKI	
Optimierung und Evaluation eines Laborpraktikums für Lehramtsstudierende	567

XVI

BRITTA KALTHOFF & HEIKE THEYBEN	
Förderung experimenteller Fähigkeiten von Sachunterrichtsstudierenden: Zielgruppe und erste Konzeption eines Experimentalpraktikums	570
IRINA SCHWARZ, CHRISTIAN EFFERTZ, HEIKE THEYBEN & HEIDRUN HEINKE	
Darstellung von Messergebnissen in Physikpraktika – Problem und Hilfen	573
INES LAMMERTZ, SUSANNE SIEGERT & HEIDRUN HEINKE	
Feedbackbögen zu Protokollen im Physikpraktikum	576
STEPHAN FRAB, INES LAMMERTZ, UTA MAGDANS & HEIDRUN HEINKE	
Erhebung von Daten für IBE mit Smartpens	579
TOBIAS KLUG, CLAUDIA VON AUFSCHNAITER & PETER J. KLAR	
Reform des Physikpraktikums für Mediziner – Anlage einer Studie	582
MARIA FILMER & BERND RALLE	
Entwicklung und Erforschung von Ansätzen selbstregulierten Lehrens und Lernens im Chemieunterricht	585
ANDREAS DICKHÄUSER & KARIN STACHELSCHIED	
Lernwirksamkeit von Materialien mit chemiespezifischem Humor	588
BRIGITTE PFLÜGER-SCHMEZER & MANUELA WELZEL-BREUER	
Frühe naturwissenschaftliche Bildung und die Rolle der Eltern	591
YVONNE DETTWEILER & SABINE FECHNER	
Konzeptverständnis durch Vernetzung von Repräsentationsebenen	594
CAROLA GROßMANN & VOLKER WOEST	
Potenzial unstrukturierter Lernhilfen im Naturwissenschaftlichen Praktikum	597
SANDRA HUBRICHT & BERND RALLE	
Interessierte Schüler/innen identifizieren und fördern im Schülerlabor Konzeptentwicklung zur nachhaltigen Förderung	600
NICOLE GARNER, LOURDES MARIA LISCHKE, ANTJE SIOL & INGO EILKS	
Nachhaltigkeit und Chemie: Experimentelle Angebote für Schülerlabore	603
PETER HEINZE & VOLKER WOEST	
Chemiebücher für Frauen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts	606

## XVII

BERND STILLER, JURIK STILLER & RÜDIGER TIEMANN	
Zu Gast im Wettermuseum - Evaluation eines Museumskonzeptes	609
MARTIN HAWNER, THOMAS TREFZGER & SASCHA SCHMELING	
Experimente mit kosmischen Teilchen im Lehr-Lern-Labor und deren Einfluss auf die Entwicklung des Interesses an Physik	612
KRISTINA HOCK, MICHAEL ANTON, CORNELIA RIECK & ANDREAS ZIEGLER	
Schulkooperation: W <sup>3</sup> – Wald, Wasser, Wiese	615
LORENZ KAMPSCHULTE, ILKA PARCHMANN, STEFAN SCHWARZER & FREDERIKE TIRRE	
Authentizität in informellen Lernorten im Bereich der Nanowissenschaft	618
THOMAS ROBBEGALLE & BERND RALLE	
Treibhauseffekt und Co. im Chemieunterricht vermitteln – aber wie?!	621
THOMAS TOCZKOWSKI & BERND RALLE	
Komplexe Verstehensprozesse im Chemieunterricht Alte Stolpersteine neu beleuchtet	624
WOLFGANG ASCHAUER & MARTIN HOPF	
Konzepte über elektrische und magnetische Felder in der Sekundarstufe II	627
SÖREN PODSCHUWEIT, SASCHA BERNHOLT & MAJA BRÜCKMANN	
Kontextabhängige Kompetenzentwicklung im Themenbereich Energie	630
ROSWITHA AVALOS ORTIZ & ILSE BARTOSCH	
BLUKONE - Mit einem Planspiel Nachhaltiges Energiemanagement lernen	633
WOLFGANG HÜGEL & LUTZ KASPER	
Didaktische Aspekte der Elektromobilität Projekt: Mobiles Schulungszentrum Elektromobilität	636
CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, IRIS FEHRINGER & MARTIN HOPF	
Akzeptanzbefragung zu Optikunterrichtsmaterialien: Farben	639
ANJA SAUER & KATRIN SOMMER	
Analyse von Chemieschulbüchern auf materialwissenschaftliche Inhalte	642

Sascha Bernholt

Geschäftsführer der GDCP

## **Vorwort**

Die Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) fand vom 09. bis zum 12. September 2013 an der Ludwig-Maximilians-Universität München statt. Das Tagungsthema lautete:

### *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht*

Dieses Thema prägte insbesondere die vier Plenarbeiträge. Olaf Köller (IPN Kiel) eröffnete den inhaltlichen Teil der Tagung mit einem Überblicksvortrag aus Sicht der empirischen Bildungsforschung zum Thema „Demographische Entwicklung, Reformen in der Lehrerbildung und naturwissenschaftlicher Wissens- und Kompetenzerwerb im 21. Jahrhundert“. Am Tagungsdienstag folgte Peter Labudde von der FHNW Nordwestschweiz mit dem Titel „Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht: Mythen, Definitionen und Fakten“. Kornelia Möller von der Universität Münster referierte zum Thema „Vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Fachunterricht - Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule“. Abgerundet wurde das Plenarvortragsprogramm durch Dorothee Brovelli, die ihre Forschungsergebnisse unter dem Titel "Integrierte naturwissenschaftliche Lehrerbildung - Entwicklung professioneller Kompetenz bei Lehramtsstudierenden" vorstellte. Über die Plenarbeiträge hinaus trugen zahlreiche weitere Vorträge und Poster zum Tagungsthema bei.

Neben den Plenarreferierenden haben weitere Autorinnen und Autoren ihre Beiträge für den Tagungsband ausgearbeitet. Diese insgesamt 200 Beiträge repräsentieren die fachdidaktischen Arbeiten, die in München im Rahmen von Gruppenvorträgen, Einzelvorträgen, Workshops und Postern präsentiert wurden. Allen Autorinnen und Autoren gilt mein ausdrücklicher Dank für die Mitarbeit an diesem Band.

Im Rahmen der Jahrestagung wurde zudem Dr. Ronny Scherer (Humboldt-Universität zu Berlin) mit dem GDCP Nachwuchspreis ausgezeichnet. Der Preis wurde im feierlichen Rahmen während der Tagung überreicht.

Im Rückblick auf die hervorragend organisierte Tagung gilt mein herzlicher Dank den Organisatorinnen und Organisatoren, allen voran Michael Achter, Michael Anton, Kristina Hock, Raimund Girwidz, Claudia Nerdel und Bianca Watzka. Unterstützt von zahlreichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern haben Sie maßgeblich zum Gelingen der Tagung beigetragen.

Ein besonderer Dank gilt der Ludwig-Maximilians Universität München und der Technischen Universität München als gastgebende Institutionen sowie den Sponsoren der Tagung, die großzügig die Durchführung der Tagung unterstützt haben.

Ferner möchte ich Anja Fiebranz herzlich für die Unterstützung der redaktionellen Arbeit an diesem Band danken.

Kiel, im Juli 2014

## Einführung

Liebe Mitglieder der GDCP, liebe Tagungsgäste!

40 Jahre GDCP sind eine gute Gelegenheit, um zurück und nach vorn zu schauen und den vielen engagierten Vorständen und allen Mitwirkenden für die hervorragende Arbeit und ihren Beitrag zur Entwicklung der GDCP herzlich zu danken!

Anders als viele andere Fachverbände kann die GDCP nicht über Nachwuchsmangel klagen, ganz im Gegenteil. Der vielfältige Austausch auf den Jahrestagungen, die Unterstützung auf den Doktorierendenkolloquien und die eigene Interessensvertretung des Nachwuchses im Vorstand tragen sicher dazu bei, dass die GDCP eine attraktive Fachgesellschaft für Chemie- und Physikdidaktikerinnen und -didaktiker vieler Generationen ist.

Die Rückschau anhand der Titel und Kurzfassungen in den digitalen [Tagungsbandverzeichnissen](#) zeigt auf den ersten Blick vielleicht Erstaunliches: viele Themen sind über die Jahrzehnte hinweg vertreten! Bedeutet dies, dass die Fachdidaktiken als Wissenschaft auf der Stelle treten? Sicher nicht, denn wenn man genauer hinschaut, haben sich die spezifischen Forschungsfragen, vor allem aber die methodischen Zugänge deutlich verändert. Lernschwierigkeiten wurden bspw. früher fast ausschließlich anhand von Interviews und Fallstudien mit kleinen Probandenzahlen erfasst, heute kommen Tests mit großen Fallzahlen und statistischen Verfahren hinzu, die eine ganz andere Modellierung von Entwicklungsmustern ermöglichen. Untersuchungen zur Lehrkräftebildung bzw. -professionalisierung wurden in früheren Jahren überwiegend in der Praxis und im Feld erhoben, heute gibt es auch hier einen Trend hin zu Modell-basierenden Tests schon in der Ausbildung, die jedoch spezifische Situationen kaum erfassen. Diese ergänzenden methodischen Designs haben somit ohne Zweifel wertvolle neue Einblicke in zentrale Gebiete der Fachdidaktik gebracht; es sei jedoch kritisch angemerkt, dass die Nutzung des gesamten Spektrums an quantitativen und qualitativen Verfahren in der Gänze und Verknüpfung sicher noch lange nicht so ausgeschöpft ist, wie es die Komplexität von Fragen nach übergeordneten Modellen von Lehr-Lern-Prozessen und spezifischen situativen Merkmalen erfordert. Die Kooperation zwischen verschiedenen Expertisen aus den verschiedenen Forschungstraditionen und der Praxis, hier insbesondere der forschungsbasierten Weiterentwicklung von Praxis, ist daher nach wie vor eine zentrale Aufgabe, der sich die GDCP auch zukünftig widmen wird.

Wie gut Kooperation gelingen kann, hat uns die gemeinsame Tagungsorganisation durch die Arbeitsgruppen der LMU München und der TU München gezeigt, allen Mitwirkenden an dieser Stelle ein herzliches Dankeschön dafür!

## **Demografische Entwicklung, Reformen in der Lehrerbildung und naturwissenschaftlicher Wissenserwerb**

### **Einleitung**

Die Zeit nach der Veröffentlichung der Ergebnisse der Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie (TIMSS; Baumert et al., 1997) war geprägt durch Diskussionen über die Verbesserung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts. Verstärkt wurden diese Diskussionen noch einmal durch die erste PISA-Veröffentlichung von Baumert et al. (2001). In PISA 2000 lagen deutsche 15jährige mit ihren Leistungen in den Naturwissenschaften, im Lesen und in Mathematik unter dem OECD-Durchschnitt. Die unbefriedigenden Leistungen wurden zum Anlass genommen, die Qualität des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts zu kritisieren. Befeuert wurde diese Kritik durch die TIMSS-Video-Studie (vgl. u.a. Klieme, Knoll & Schümer, 1998), in der versucht wurde, Länderunterschiede in den Lehr-Lern-Prozessen im Mathematikunterricht mit Hilfe von Videoanalysen aufzudecken. An der Videostudie beteiligten sich die Länder Deutschland, Japan und die USA. Das Ziel der Untersuchung bestand darin, Hinweise auf länder- bzw. kulturspezifische Strategien des Unterrichtens zu erlangen, um dadurch besser die internationalen Leistungsdifferenzen zu verstehen. In der Tat zeigten sich kulturspezifische Unterrichtsskripte. Während der japanische Unterricht kognitiv sehr anspruchsvoll war, viele mathematische Problemlösungen und Modellierungsaufgaben beinhaltete und auf tiefer gehende Verstehensprozesse fokussierte, zeichneten sich der deutsche und amerikanische Unterricht stärker durch ein kleinschrittiges, auf das Einschleifen von Routinen gerichtetes Unterrichtsgeschehen aus. Die Schülerbefragungen in der TIMSS-Oberstufenuntersuchung wiesen für das Fach Physik in eine vergleichbare Richtung (Baumert & Köller, 2000).

Nur folgerichtig wurde das Programm zur Effizienzsteigerung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts der Bund-Länder-Kommission (SINUS; vgl. BLK, 1997; Prenzel, Brackhahn & Hertrampf, 2002) für die Sekundarstufe I auf den Weg gebracht, das explizit auf eine langfristige Professionalisierung der Lehrkräfte abzielte und einen expliziten Zusammenhang zwischen Professionswissen, Unterrichtsqualität und Schülerleistungen herstellte. Später wurde SINUS auf den Grundschulbereich ausgedehnt (Demuth, Walther & Prenzel, 2011). Wichtig für die Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts waren auch die Kontext-Projekte, die an SINUS anknüpften und nach der Verabschiedung der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss für die Fächer Biologie, Chemie und Physik initiiert wurden (Demuth et al., 2006; Duit & Mikelskis-Seifert, 2010; Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung, 2010).

Vielleicht als Folge der vielen Initiativen zur Unterrichtsverbesserung hat sich mittlerweile ein günstigeres Bild eingestellt, das deutschen Schülerinnen und Schülern in der Grundschule und Sekundarstufe I attestiert, mit ihren Leistungen signifikant über dem internationalen Mittelwert zu liegen (vgl. Bos et al., 2012; Prenzel et al., 2013). Auch der kürzlich vorgestellte Ländervergleich des Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB; vgl. Pant et al., 2013) wirft ein positives Licht auf die naturwissenschaftlichen Leistungen deutscher Schülerinnen und Schüler am Ende der 9. Jahrgangsstufe. Diese Befundlage soll im Folgenden genauer beschrieben werden und anschließend vor dem Hintergrund demografischer Entwicklungen, Veränderungen auf dem Ausbildungsmarkt und Implikationen für die Lehramtsausbildung reflektiert werden.

### **Naturwissenschaftliche Leistungen deutscher Schülerinnen und Schüler**

Auf das unbefriedigende Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler in TIMSS (Baumert et al., 1997) und PISA (Baumert et al., 2001) wurde schon kurz eingegangen. In diesem Abschnitt sollen die Befunde aus der TIMSS-Grundschuluntersuchung (TIMSS 2007 und TIMSS 2011; Bos et al., 2008, 2012), den weiteren PISA-Erhebungen (2003, 2006, 2009, 2012; Klieme, 2009; Prenzel et al., 2003, 2006, 2012) und dem Ländervergleich des IQB (2012; Pant et al., 2013) referiert werden. Damit soll dokumentiert werden, dass Schülerinnen und Schüler im Grundschulbereich im internationalen Vergleich überdurchschnittlich abschnitten und Jugendliche in der Sekundarstufe I nicht nur seit PISA 2000 sich verbessert haben, sondern mittlerweile im OECD-Vergleich auch überdurchschnittlich abschnitten.

#### *Naturwissenschaftliche Leistungen am Ende der 4. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*

Die Kultusministerkonferenz (KMK) hat im Jahre 2006 eine Gesamtstrategie zur Qualitätssicherung im Bildungssystem verabschiedet, in deren Folge sich Deutschland im Grundschulbereich seit 2007 an der Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS; Bos et al., 2008, 2012) beteiligt. TIMSS findet alle vier Jahre statt, entsprechend liegen Ergebnisse für deutsche Viertklässler der Jahre 2007 und 2011 vor. Die Aufgaben in TIMSS berücksichtigen die Fächer Biologie, Erdkunde, Chemie, Physik, auf Seiten der kognitiven Operationen wird zwischen Wissen (Knowing), Anwendung (Applying) und Schlussfolgern (Reasoning) unterschieden. Trotz der großen internationalen und nationalen curricularen Homogenität konnte gezeigt werden, dass über 75 Prozent der Testaufgaben die Curricula des Sachunterrichts in den 16 Ländern abdecken (Kleickmann, Brehl, Saß, Prenzel & Köller, 2012).

Der internationale Mittelwert in TIMSS lag im Jahre 2007 bei  $M = 476$  Punkten, bei einer Standardabweichung von  $SD = 88$ . Deutsche Schülerinnen und Schüler lagen im Mittel bei  $M = 528$  Punkten ( $SD = 79$ ). Folgt man Köller und Baumert (2012), wonach Schülerinnen und Schüler im Grundschulbereich pro Schuljahr ca. 0.6 SD Leistungszuwachs verzeichnen, so haben deutsche Viertklässler gegenüber dem internationalen Mittelwert einen Vorsprung von rund einem Schuljahr. Das in TIMSS verwendete Kompetenzstufenmodell mit fünf Stufen sieht in dem Erreichen der Stufen III bis V die Erfüllung der Ziele des Grundschulunterrichts bis zur 4. Jahrgangsstufe, Schülerinnen und Schüler auf Stufe II erreichen Mindest- oder Minimalstandards (s. dazu Klieme et al., 2003), auf Stufe I werden jegliche Ziele naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Grundschule verfehlt. Schülerinnen und Schüler dieser Stufe werden typischerweise der Risikogruppe zugeordnet. Für sie ist zu erwarten, dass ihnen der Übertritt in die Sekundarstufe I erhebliche Schwierigkeiten bereiten dürfte. In Deutschland lagen im Jahre 2007 sechs Prozent der Viertklässler auf Stufe I, 18 Prozent auf Stufe II, dementsprechend 76 Prozent auf den Stufen III bis V, ein insgesamt zufriedenstellendes Ergebnis. Die Geschlechtsdifferenzen zugunsten der Jungen ( $d = 0.17$ ) liegen in der Größenordnung eines Viertelschuljahres.

In TIMSS 2011 erreichten deutsche Schülerinnen und Schüler exakt wieder einen Mittelwert von  $M = 528$  ( $SD = 70$ ). Der Abstand zum internationalen Mittelwert hat sich etwas verringert ( $M = 486$ ;  $SD = 85$ ), ist aber immer noch substanziell. Der Anteil der deutschen Schülerinnen und Schüler unter Stufe III ist gegenüber 2007 leicht gesunken (auf 22%), die Geschlechtsdifferenzen sind stabil.

Insgesamt zeigen die TIMSS-Befunde, dass es trotz fehlender Bildungsstandards und einheitlicher, länderübergreifender curricularer Vorgaben gelingt, große Teile der Schülerinnen und Schüler in der Grundschule auf Leistungsstände zu heben, die vermuten lassen, dass der Unterricht der Sekundarstufe I hierauf erfolgreich aufbauen kann.

Naturwissenschaftliche Leistungen von deutschen 15jährigen im internationalen Vergleich  
 Das PISA-Programm der OECD erlaubt seit 2000 den internationalen Vergleich naturwissenschaftlicher Leistungen von 15jährigen. PISA differenziert nicht nach Fächern und verfolgt in seiner Testanlage das Konzept der naturwissenschaftlichen Grundbildung, dessen Ursprünge in der anglo-amerikanischen Diskussion liegen (vgl. OECD 2003, 2006; Bybee, 1997). In einer naturwissenschaftlich und technologisch dominierten Welt erhalten danach naturwissenschaftliche Basiskompetenzen die Bedeutung eines grundlegenden Kulturwerkzeugs, dessen Beherrschung die Voraussetzung für eine verständige und verantwortungsvolle Teilnahme am gesellschaftlichen Leben ist.

Deutsche 15jährige lagen im Jahre 2000 ( $M = 487$ ) mit ihrer naturwissenschaftlichen Grundbildung signifikant unter dem OECD-Mittelwert ( $M = 500$ ;  $SD = 100$ ). Der Abstand zum „Brachenprimus“ Finnland betrug 51 Punkte. Unglücklicherweise war die OECD nicht in der Lage, die in 2000 verwendete Skala über die Jahre fortzuführen, so dass streng genommen erst seit 2006 Trendinformationen verfügbar sind. In Abbildung 1 ist dennoch der Versuch unternommen, für ausgewählte Länder die naturwissenschaftlichen Leistungen seit PISA 2000 im Trend nachzuzeichnen. Dies scheint vertretbar, da der OECD-Mittelwert im gesamten Zeitraum unverändert geblieben ist ( $M = 500$  in 2000;  $M = 501$  in 2012).

Die Befunde für Deutschland sind im Zeitverlauf bemerkenswert. Es zeigt sich ein Trend dahingehend, dass die deutschen 15jährigen Schülerinnen und Schüler immer höhere Kompetenzstände erreichen. Lagen sie noch 2000 13 Punkte unter dem OECD-Mittelwert, erreichen sie im Jahr 2012 einen Mittelwert, der immerhin 23 Punkte über dem OECD-Mittelwert liegt. Der Abstand zu Finnland hat sich zwischen 2000 und 2012 von 51 auf 21 Punkte reduziert. Einen ähnlichen, wenn auch etwas abgeschwächten Verlauf der Kompetenzstände hat es in der Schweiz gegeben. Ähnlich wie Finnland gehen die Leistungsstände in Schweden seit 2006 zurück. Norwegische Schülerinnen zeichnen sich durch weitgehende Stagnation auf relativ niedrigem Niveau aus, etwas günstiger liegen die Befunde für Österreich. Im Vergleich der in Abbildung berücksichtigten Länder weist Deutschland also den günstigsten Verlauf aus. Dieser positive Trend zeigt sich auch in der deutlichen Reduktion der Risikogruppe (Schülerinnen und Schüler auf oder unter Kompetenzstufe I) zwischen den Jahren 2000 und 2012 (von 26.3 auf 12.2 Prozent).

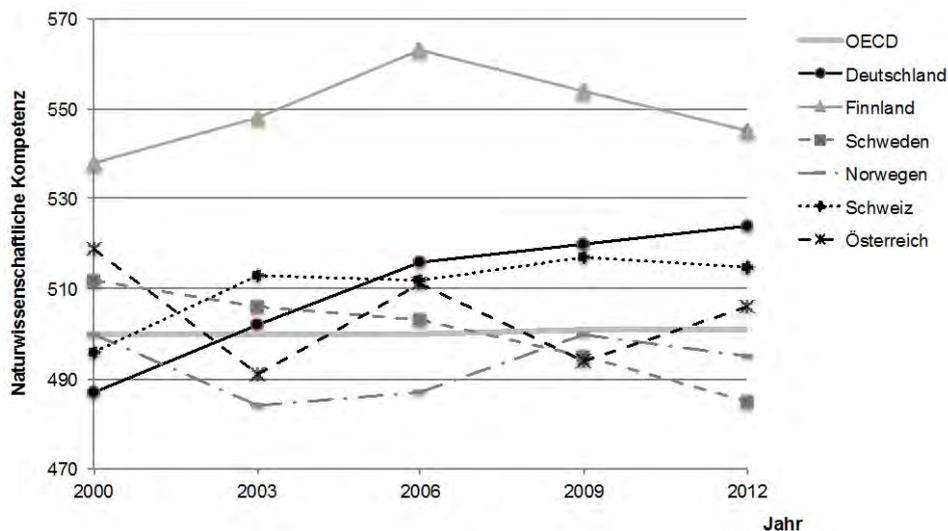


Abb. 1: Naturwissenschaftliche Leistungen in PISA (Mittelwerte) nach Erhebungsjahr und Land (Quellen: Baumert et al., 2001, Prenzel et al., 2004, 2007, 2013, Klieme et al., 2010)

Ursachen dieser Verbesserungen mögen teilweise in der Verbesserung des Unterrichts liegen – angestoßen durch Unterrichtsentwicklungsprogramme wie SINUS oder die Kontextprojekte (s.o.). Keineswegs abwegig ist allerdings auch die von Ehmke, Klieme und Stanat (2013) angeführte Erklärung, wonach ein Teil der Gewinne zwischen PISA 2000 und 2012 auf die Abnahme des Anteils verzögerter Schulkarrieren zurückzuführen sein können. Durch seltenere Zurückstellungen bei Einschulungen und einer Abnahme der Sitzenbleiberquoten befinden sich heutige 15jährige in ihrer Schulkarriere vier Monate weiter als dies in 2000 der Fall war, deutlich mehr 15jährige besuchen heute eine 10. Jahrgangsstufe als im Jahr 2000. Wiewohl letztendliche Kausalerklärungen der Veränderung unmöglich sind, weist allein der in Abbildung 1 nachgezeichnete Trend aus, dass große Teile der 15jährigen Schülerinnen und Schüler heute Kompetenzstände erreichen, die sie gut für den Übergang ins berufliche Bildungssystem oder in die gymnasiale Oberstufe vorbereiten sollten.

*Naturwissenschaftliche Leistungen von deutschen Neuntklässlern im nationalen Vergleich*

Der kürzlich erschienene Ländervergleich des IQB (vgl. Pant et al., 2013) gibt erstmalig Auskunft über die naturwissenschaftlichen Kompetenzen deutscher Schülerinnen und Schüler auf der Basis der 2004 von der KMK verabschiedeten Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss. Die Leistungen für die Fächer Biologie, Chemie und Physik werden getrennt für Fachwissen und Erkenntnisgewinnung ähnlich zu PISA auf einem nationalen Maßstab mit einem Mittelwert von  $M = 500$  Punkten bei einer Streuung von  $SD = 100$  abgetragen. Fünf Kompetenzstufen teilen die Skala. Schülerinnen und Schüler auf Stufe I verfehlen jegliche Mindeststandards fachlicher Bildung in der Kompetenzstufe Sekundarstufe I, Stufe II korrespondiert mit der Erreichung der Mindeststandards, die Stufen III, IV und V signalisieren die Erreichung oder das Übertreffen der in den Standards der KMK formulierten Erwartungen (zu den detaillierten Stufenbeschreibungen s. Pant et al., 2013). In Tabelle 1 finden sich Verteilungen von Schülerinnen und Schülern nach Fach und Kompetenzbereich auf die fünf Stufen. Berücksichtigt sind nur Neuntklässler, die im Schuljahr 2011/2012 einen Bildungsgang besuchten, der mindestens zu einem Mittleren Schulabschluss (MSA) führte. Dies sind in allen Ländern Gymnasiastinnen und Gymnasiasten, im nichtgymnasialen Bereich können die Schülerinnen und Schüler aus Schulen mit mehreren Bildungsgängen, aus Realschulen, Gesamtschulen und Hauptschulen stammen, sofern diese einen MSA anbieten.

Für die Schülerinnen und Schüler an Gymnasien zeigen sich durchweg sehr geringe Anteile auf der Stufe I, 85 bis über 90 Prozent der Gymnasiastinnen und Gymnasiasten erreichen oder übertreffen die Kompetenzstufe III. Ungünstiger ist das Bild im nichtgymnasialen Bereich. 40 Prozent und mehr der untersuchten Schülerinnen und Schüler erreichen hier nicht die Erwartungen der Standards (Stufe III oder höher). Zu bedenken ist allerdings, dass die Schülerinnen und Schüler noch ein Jahr Unterricht bis zum MSA vor sich haben und die Arbeiten des IQB ausweisen, dass in diesem Jahr im Mittel Kompetenzzuwächse zwischen 25 und 30 Punkten zu erwarten sind (IQB, 2013a, 2013b, 2013c), so dass die Prozentzahlen auf den niedrigen Stufen zugunsten der höheren Stufen noch zurückgehen. Dennoch deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Sicherung hinreichender naturwissenschaftlicher Kompetenzen für den MSA eine Herausforderung für nichtgymnasiale Bildungsgänge darstellt.

Tab. 1: Schülerinnen und Schüler (in Prozent) nach Fach, Kompetenzbereich und Kompetenzstufe (Quelle: Ländervergleich 2012 des IQB auf der Basis der KMK-Standards für den Mittleren Schulabschluss; Pant et al., 2013, S. 166)

		Kompetenzstufe					
		I	II	III	IV	V	
Biologie	Fachwissen	Gymnasium	0,6	7,2	43,6	43,9	4,7
		Sonstige	10,5	35,5	45,2	8,7	0,2
		Gesamt	6,2	23,3	44,5	23,9	2,2
	Erkenntnisgewinnung	Gymnasium	1,1	14,4	53,5	29,1	1,9
		Sonstige	14,6	45,3	35,8	4,3	0,1
		Gesamt	8,8	32	43,3	15	0,9
Chemie	Fachwissen	Gymnasium	2,7	12,7	46,8	28,7	9,1
		Sonstige	26,1	36,1	33,3	4,3	0,4
		Gesamt	16	25,9	39,1	14,8	4,1
	Erkenntnisgewinnung	Gymnasium	1,7	9,7	26,4	40	22,1
		Sonstige	19,1	36	30	13	1,8
		Gesamt	11,6	24,7	28,5	24,7	10,6
Physik	Fachwissen	Gymnasium	1,2	7,3	40,7	37,4	13,5
		Sonstige	16,1	32,1	42,6	8,5	0,7
		Gesamt	9,6	21,4	41,8	21	6,2
	Erkenntnisgewinnung	Gymnasium	0,9	5,1	32,2	39,9	21,9
		Sonstige	11,5	28,2	45,5	13,1	1,6
		Gesamt	6,9	18,3	39,7	24,7	10,4

### Demographische Entwicklung, Bildungsabschlüsse und Chancen am Ausbildungsmarkt

Im Rahmen der Bildungsexpansion, die bereits in den 1950er Jahren in den alten Bundesländern einsetzte und zu einem massiven Ausbau gymnasialer Bildungsangebote führte, ist die Nachfrage nach höheren Bildungsabschlüssen erheblich angestiegen. So konnten im Jahre 2010 rund 41 Prozent der 25- bis 30jährigen eine fachgebundene oder allgemeine Hochschulreife nachweisen (vgl. Arbeitsgruppe Bildungsberichterstattung, 2010). In der Gruppe der 60- bis 65jährigen betrug dieser Anteil lediglich 25 Prozent. Umgekehrt wiesen in dieser Altersgruppe noch 47 Prozent einen Hauptschulabschluss auf, in der Gruppe der 25-30jährigen waren es lediglich 24 Prozent. Die Nachfrage nach höheren Bildungsabschlüssen hat auch dazu geführt, dass mittlerweile der größte Anteil einer Jahrgangsstufe das Gymnasium besucht, gefolgt von der Realschule. Die Abbildung 2 gibt für das Schuljahr 2011/2012 für die 7. Jahrgangsstufe die relativen Schulbesuchsquoten aus.

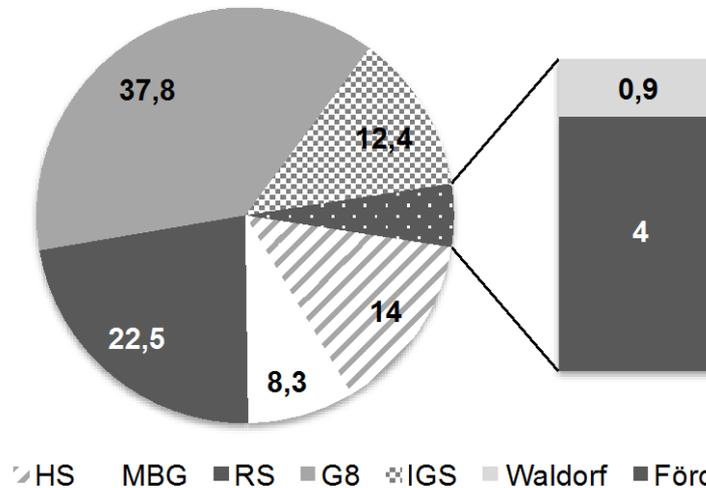


Abb. 2: Relativer Schulbesuch in der 7. Jahrgangsstufe im Schuljahr 2011/2012 nach Schulform (Quelle: Quelle: Fachserie 11, Reihe 1, Schuljahr 2011/2012 des Statistischen Bundesamtes)

Demnach besuchten fast 38 Prozent der Siebtklässler ein Gymnasium, 22,5 Prozent eine Realschule und 14 Prozent eine Hauptschule. Integrierte Gesamtschulen und Schulen mit mehreren Bildungsgängen umfassten rund 21 Prozent der Siebtklässler. Schließlich besuchten rund fünf Prozent eine Waldorfschule oder eine Förderschule. Die aktuellen Reformbemühungen in den 16 Ländern werden dazu führen, dass sich mit wenigen Ausnahmen ein Zwei-Säulenmodell mit dem Gymnasium und einer nichtgymnasialen Schulform etablieren wird. Gleichzeitig wird der Mittlere Schulabschluss zum Regelabschluss allgemeiner Bildung werden. Dass solche eine Entwicklung wünschenswert ist, belegt die Abbildung 3, in der die Übertritte von Jugendlichen in die berufliche Erstausbildung in Abhängigkeit von den im allgemeinbildenden System erreichten Abschlüssen im Jahr 2008 dargestellt sind (vgl. Arbeitsgruppe Bildungsberichterstattung, 2010). Erkennbar ist, dass das duale System und das Schulberufssystem (berufliche Vollzeitschulen) durch junge Erwachsene mit Mittlerem Schulabschluss und Hochschulzugangsberechtigung dominiert werden, für Absolventen mit Hauptschulabschluss oder ohne Abschluss bietet vor allem das berufsvorbereitende Übergangssystem eine Bleibe. Wenn sich Jugendliche mit Hauptschulabschluss überhaupt noch ins duale System einfüellen, dann primär in gering qualifizierende Ausbildungsberufe wie Frisörin oder Lackierer.

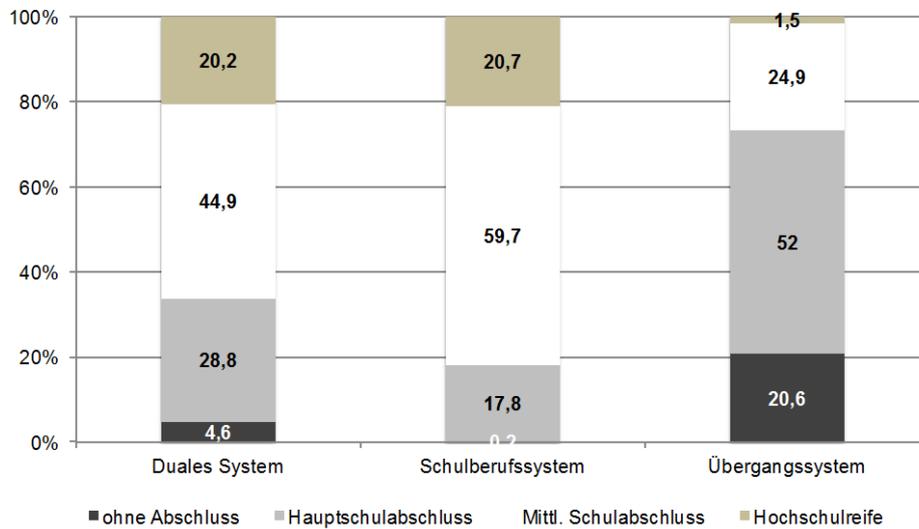


Abbildung 3. Zusammensetzung der Neuzugänge in den drei Sektoren des beruflichen Ausbildungssystems im Jahre 2010 nach schulischer Vorbildung (in %) (Quelle: Arbeitsgruppe Bildungsberichterstattung, 2012)

Was diese Statistiken deutlich machen ist, dass der heutige Ausbildungsmarkt, dessen Berufsfelder in ihren Anforderungen permanent steigen, höhere schulische Abschlüsse von Bewerberinnen und Bewerbern erwartet und es dementsprechend Ziel des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts sein muss, möglichst viele Jugendliche in der Sekundarstufe I fachlich so zu qualifizieren, dass ihnen die erfolgreiche Einfädung in die duale Ausbildung gelingt.

Darüber hinaus stellt sich für den nichtgymnasialen Unterricht der Sekundarstufe I die Herausforderung, dass immer mehr Jugendliche nach erfolgreichem Mittleren Schulabschluss in eine gymnasiale Oberstufe wechseln. Das Zweisäulenmodell, das in vielen Ländern der Bundesrepublik Deutschland in den letzten Jahren etabliert wurde, gestattet oftmals an nichtgymnasialen Schulen den Übertritt in die Oberstufe. Gleichzeitig bieten viele Länder in ihrem berufsbildenden System Wege zur allgemeinen oder fachbezogenen Hochschulreife an. Ausdruck findet dies beispielsweise im permanenten Ausbau der beruflichen Gymnasien in Baden-Württemberg und Schleswig-Holstein.

Die Abbildung 4 zeigt die Entwicklung der Zahlen der Studienberechtigten zwischen den Jahren 2003 und 2011 in Abhängigkeit von der Gymnasialform. In Baden-Württemberg ist die Entwicklung so weit fortgeschritten, dass mittlerweile mehr Jugendliche die Hochschulzugangsberechtigung im beruflichen System erwerben als im allgemeinbildenden Schulsystem. Die beruflichen Gymnasien rekrutieren zu rund 80 Prozent ihre Schülerinnen und Schüler aus Schulen, die zum Mittleren Schulabschluss führen. Dies bedeutet für derartige Schulen (Realschulen, Gemeinschaftsschulen, Sekundarschulen, Integrierte Gesamtschulen), dass es ihnen gelingen muss, Lernmöglichkeiten auf gymnasialem Niveau bereitzustellen.

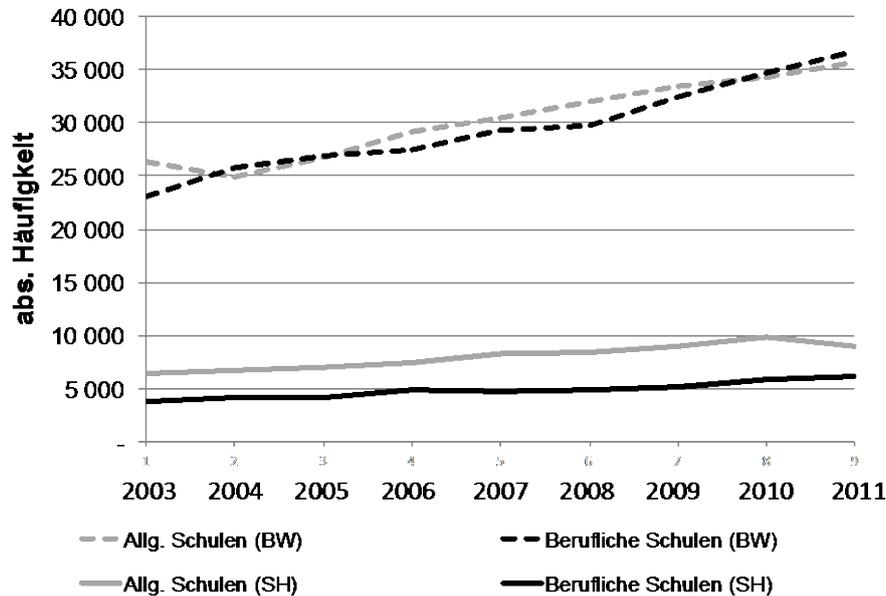


Abbildung 4. Studienberechtigte in Schleswig-Holstein und Baden-Württemberg nach Jahr und Bildungsgang (Quelle: Fachserie 11, Reihe 1, Schuljahr 2011/2012 des Statistischen Bundesamtes)

#### Implikationen für die Lehramtsausbildung und Lehrerfortbildung

Die demographische Entwicklung, verbunden mit den veränderten Anforderungen auf dem Ausbildungsmarkt und einer zunehmenden Nachfrage nach Bildungsgängen, die zur Hochschulzugangsberechtigung führen, impliziert, dass immer mehr Schülerinnen und Schüler in der Sekundarstufe I auf vergleichsweise hohem curricularen Niveau unterrichtet werden müssen. Damit entsprechende Lernmöglichkeiten bereitgestellt werden können, müssen Lehrkräfte selbst über das dafür benötigte Professionswissen verfügen, hier geht es vor allem um Fragen des Fachwissens und fachdidaktischen Wissens (vgl. Baumert & Kunter, 2006; Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2010; Riese & Reinhold, 2012; Shulman, 1986, 1987). Bislang liegen umfangreiche Arbeiten hierzu vor allem aus der Mathematik vor (s. aber Riese & Reinhold, 2012 für die Physik), die in der Tat belegen, dass mit einem hohen Professionswissen eher ein kognitiv aktivierender, konstruktiv unterstützender und gut strukturierter Unterricht einhergeht. Der internationale Vergleich des Professionswissens im Fach Mathematik (Blömeke et al., 2010) macht deutlich, dass deutsche Gymnasiallehrpersonen sowohl im Fachwissen als auch im fachdidaktischen Wissen einen Spitzenplatz belegen, nichtgymnasiale Lehrkräfte der Sekundarstufe I erreichen dagegen internationales Mittelmaß. Der kürzlich publizierte Ländervergleich des IQB (Pant et al., 2013) zeigt zudem, dass fachfremd unterrichtete Schülerinnen und Schüler in den nichtgymnasialen Bildungsgängen substantiell schwächere naturwissenschaftliche Leistungen aufweisen. Glaubt man also an die hohe Bedeutung des Professionswissens für gelingenden Unterricht – und alles spricht empirisch dafür – so ergeben sich vor allem Nachhol- bzw. Verbesserungsbedarfe in der nichtgymnasialen Lehreraus- und -weiterbildung. Zu fordern ist hier eine Absicherung hoher fachlicher und fachdidaktischer Kompetenzen in allen Phasen der Lehrerbildung. Der vom Land Berlin kürzlich eingeschlagene Weg, die Trennung der Lehramtsstudiengänge für die Sekundarstufen I und II aufzugeben und alle Studierende für das Unterrichten auf gymnasialem Niveau

vorzubereiten, scheint eine kluge Folgerung aus den empirischen Befunden und den Anforderungen des Ausbildungsmarktes zu sein. Vergleichbar kluge Entscheidungen würde man sich für die Beseitigung fachfremd erteilten Unterrichts in den Naturwissenschaften wünschen. Im Übrigen scheint die Strategie, dem Fachlehrermangel in den drei naturwissenschaftlichen Fächern durch die Einführung eines integrativen naturwissenschaftlichen Unterrichts zu begegnen, kaum angemessen zu sein. Eine Lehrkraft ohne Fakultas im Fach Physik wird in einem integrierten Naturwissenschaftsunterricht vermutlich alles daran setzen, die physikalischen Fachinhalte zu vermeiden. Was bleibt, ist also die Forderung nach der Schaffung entsprechender Rahmenbedingungen, unter den es gelingt, hinreichend viele fachlich und fachdidaktisch qualifizierte Biologie-, Physik- und Chemielehrkräfte auszubilden. Scheitert dies, so können gut durchdachte Konzeptionen der Weiterqualifizierung von Quereinsteigern (vgl. z. B. Deutsche Physikalische Gesellschaft, 2010) möglicherweise Abhilfe schaffen.

#### Literatur

- Arbeitsgruppe Bildungsberichterstattung (2012). *Bildung in Deutschland 2012. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zur kulturellen Bildung im Lebensverlauf*. Bielefeld: Bertelsmann.
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.-J. & Weiß, M. (Hrsg.) (2001). *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J. & Köller, O. (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In J. Baumert, W. Bos & R. H. Lehmann (Hrsg.), *Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie: Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn, Bd. 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe* (S. 271-316). Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9, 469-520.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., & Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47, 133-180.
- Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M., Schmitz, B., Clausen, M., Hosenfeld, I., Köller, O. & Neubrand, J. (1997). *TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske + Budrich.
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2010). *TEDS-M 2008 - Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Mathematiklehrkräfte für die Sekundarstufe I im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Bos, W., Bonsen, M., Baumert, J., Prenzel, M., Selter, C. & Walther, G. (Hrsg.) (2008). *TIMSS 2007 – Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Bos, W., Wendt, H., Köller, O. & Selter, C. (Hrsg.) (2012). *TIMSS 2011 - Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Bund-Länder-Kommission (BLK) (1997). Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Bonn: BLK.
- Bybee, R. W. (1997). Towards an understanding of scientific literacy. In W. Gräber & C. Bolte, (Hrsg.): *Scientific literacy – An international symposium* (S. 37 – 48). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).
- Demuth, R., Parchmann, I., Ralle, B., Baur, J., Behrens, J., Brink, A., Di Fuccia, D.-S., Eisenhardt, C. & Greber, W. (2006). *Chemie im Kontext – Gymnasium, alle Bundesländer, Sekundarstufe II*. Berlin: Cornelsen.
- Demuth, R., Walther, G. & Prenzel, M. (Hrsg.) (2011). Unterricht entwickeln mit SINUS. 10 Module für den Mathematik- und Sachunterricht in der Grundschule. Seelze: Klett/ Kallmeyer.
- Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) (2010). *Quereinsteiger in das Lehramt Physik – Lage und Perspektiven der Physiklehrausbildung in Deutschland*. Bonn: DPG e.V.
- Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (Hrsg.) (2010). *Physik im Kontext*. Seelze: Friedrich-Verlag.

- Ehmke, T., Klieme, E., & Stanat, P. (2013). Veränderungen der Lesekompetenz von PISA 2000 nach PISA 2009: Die Rolle von Unterschieden in den Bildungswegen und in der Zusammensetzung der Schülerschaft. *Zeitschrift für Pädagogik, (Beiheft 59)*, 132-150
- Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) (2013a). *Kompetenzstufenmodelle zu den Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Kompetenzbereiche „Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“*. Berlin: IQB.
- Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) (2013c). *Kompetenzstufenmodelle zu den Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Kompetenzbereiche „Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“*. Berlin: IQB.
- Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) (2013a). *Kompetenzstufenmodelle zu den Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Kompetenzbereiche „Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“*. Berlin: IQB.
- Kleickmann, T., Brehl, T., Saß, S., Prenzel, M. & Köller, O. (2012). Naturwissenschaftliche Kompetenzen im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In W. Bos., H. Wendt, O. Köller & C. Selzer (Hrsg.), *TIMSS 2011: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 123 – 169). Münster (Waxmann).
- Klieme, E., Artelt, C., Hartig, J., Jude, N., Köller, O., Prenzel, M., Schneider, W. & Stanat, P. (Hrsg.) (2010). *PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt*. Münster: Waxmann.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E. & Vollmer, H. J. (2003): *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards: Eine Expertise*. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Klieme, E., Knoll, S. & Schümer, G. (1998). *Mathematikunterricht der Sekundarstufe I in Deutschland, Japan und den USA. Multimedia-CD-Dokumentation zur TIMS-Videostudie*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- KMK (2006): *Gesamtstrategie der Kultusministerkonferenz zum Bildungsmonitoring*. München: Luchterhand.
- Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung, (Hrsg.) (2010). *Biologie im Kontext. Einführung in den kompetenzorientierten Biologie-Unterricht*. Download unter URL [li.hamburg.de/contentblob/2819548/data/pdf-biologie-im-kontext-einfuehrung-in-den-kompetenzorientierten-biologie-unterricht.pdf](http://li.hamburg.de/contentblob/2819548/data/pdf-biologie-im-kontext-einfuehrung-in-den-kompetenzorientierten-biologie-unterricht.pdf).
- OECD (Hrsg.) (2003): *Education at a glance*. Paris: Organisation for Economic Co-Operation and Development.
- OECD (Hrsg.) (2006): *Assessing scientific, reading and mathematical literacy. A framework for PISA 2006*. Paris: Organisation for Economic Co-Operation and Development.
- Pant, A., Standat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T. & Pöhlmann, C. (Hrsg.) (2013). *IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I*. Münster: Waxmann.
- Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M.; Klieme, E. & Pekrun, R. (Hrsg.). (2007). *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Münster: Waxmann.
- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., Pekrun, R., Rolff, H.-G., Rost, J. & Schiefele, U. (Hrsg.). (2004). *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster: Waxmann.
- Prenzel, M., Brackhahn, B. & Hertrampf, M. (2002). *Konzeption zur Dissemination des BLK-Modellversuchsprogramms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“*. Kiel: IPN.
- Prenzel, M. et al. (Hrsg.) (2013). *PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland*. Münster: Waxmann.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Kompetenzen von Lehramtsstudierenden in Physik. In H. Bayrhuber, U. Harms, B. Muszynski, B. Ralle, M. Rothgangel, L.-H. Schön, H. J. Vollmer & H. G. Weigand (Hrsg.), *Formate Fachdidaktischer Forschung. Empirische Projekte - historische Analysen - theoretische Grundlegungen* (S. 297-313). Münster: Waxmann.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.

## **Fächerübergreifender<sup>1</sup> naturwissenschaftlicher Unterricht Mythen, Definitionen, Fakten**

Diskussionen zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht basieren häufig auf „Glauben und Meinen“ bzw. „auf Mythen“. Im vorliegenden Beitrag wird versucht Mythen zu klären und eine Übersicht zu geben. Der Beitrag gliedert sich in fünf Abschnitte:

- Status quo von Science- und Fachunterricht,
- Argumente für fächerübergreifenden Unterricht,
- Definitionen und Beispiele,
- empirische Forschungsergebnisse,
- Résumé.

Der Übersichtsartikel ist eng am Vortrag orientiert, welcher am 10.09.2013 anlässlich der Jahrestagung der GDCP gehalten wurde (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik).

### **Status quo von Science- und Fachunterricht**

Je nach Land bzw. Bildungssystem und je nach Schulstufe scheint die Organisation des naturwissenschaftlichen Unterrichts eine klare Angelegenheit zu sein. Bei den einen sind die Fächer Biologie, Chemie und Physik getrennt, bei den anderen gibt es ein so genanntes Integrationsfach wie „Naturkunde“ oder im Englischen „Science“.

*Integrierter Unterricht: „Ist doch klar!“* In der Primarschule, welche mit Ausnahme von Deutschland und Österreich überall sechs Schuljahre umfasst, ist weltweit in allen Ländern das Integrationsfach Sachunterricht eine Selbstverständlichkeit. Das Gleiche gilt in mehreren Bundesländern, z. B. Baden-Württemberg oder Berlin, auch noch für das 5./6. Schuljahr, die so genannte Orientierungsstufe: „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ oder „Naturkunde“ heißt es im Fächerkanon. Ebenfalls im 7.-9. Schuljahr bleibt es in vielen Ländern beim Integrationsfach, so in fast allen Schweizer Kantonen und auch in vielen angelsächsischen Ländern. Für Schweizer Hauptschul- oder Realschullehrkräfte „ist doch klar“, dass ein Integrationsfach mit dem Titel „Natur und Technik“ (D-EDK, 2013) oder „Natur-Mensch-Mitwelt“ (Erziehungsdirektion Bern, 2013) unterrichtet wird. Sie staunen ungläubig, wenn sie hören, dass im nördlichen Nachbarland Biologie, Chemie und Physik als einzelfächer unterrichtet werden. Und auch in PISA (Programme for International Student Assessment; OECD, 2006) wird von einer *Scientific Literacy* gesprochen und nicht nach Fächern getrennt von einer biologischen, chemischen und physikalischen Bildung.

*Gefächelter Unterricht: „Ist doch klar!“* In der Sekundarstufe I ist der gefächerte Unterricht, d.h. Biologie, Chemie und Physik als einzelfächer, in vielen Ländern eine Selbstverständlichkeit. Unter anderem in fast allen deutschen Bundesländern, in Österreich und Frankreich. Für deutsche Realschullehrkräfte „ist doch klar“, dass die Fächer getrennt unterrichtet werden. Sie staunen ungläubig, wenn sie hören, dass im südlichen Nachbarland ein Integrationsfach mit einem Titel wie „Natur und Technik“ oder „Natur-Mensch-Mitwelt“ unterrichtet wird. In der Sekundarstufe II ist der gefächerte Unterricht weltweit der Normalfall. Das Gleiche gilt für die Tertiärstufe: Biologie, Chemie und Physik lauten die wissenschaftlichen Disziplinen, auch wenn in den letzten Jahrzehnten neue interdisziplinäre Wissenschaften wie Umweltwissenschaften oder Nanoscience dazugekommen sind.

<sup>1</sup> Der Ausdruck „fächerübergreifend“ wird in diesem Beitrag als Oberbegriff verwendet. Für eine Begriffsklärung sei auf den dritten Abschnitt „Definitionen und Beispiele“ verwiesen.

*Beispiel „Batterien“:* Egal ob Integrationsfach oder gefächertes Unterricht, viele engagierte Lehrpersonen entwickeln und unterrichten immer wieder interessante Unterrichtseinheiten, in welchen sie zwei oder mehr Fächer verbinden oder koordinieren. Als typisches Beispiel mag das folgende dienen: Ein Chemie- und Physiklehrer, René Broch und Martin Hermann der Sekundarschule Frenke in Liestal/Schweiz, unterrichten die gleiche 9. Klasse in Chemie bzw. Physik. Im Rahmen des Schweizer Modellversuchs Swiss Science Education (SWiSE, 2013) wollen sie eine fächerübergreifende Projektarbeit durchführen lassen. Das Thema „Batterien“ geben sie vor. Als Vorkenntnisse bringen die Schülerinnen und Schüler in Chemie die Begriffe Säure, Base und Metall mit, in Physik die Begriffe Ladung, Stromstärke, Spannung und Widerstand. Hingegen sind Aufbau und Funktion einer Batterie noch nicht bekannt. Im Rahmen der Projektarbeit erhalten die Schülerinnen und Schüler die Aufgaben 1. sich über Aufbau und Funktion einer Batterie zu informieren, 2. eine Batterie zu bauen, welche eine Leuchtdiode zum Leuchten bringt, 3. ein Projektjournal zu führen und 4. die Batterie der Klasse zu präsentieren und zu erklären. Die Aufgaben, die Rahmenbedingungen und die Bewertungskriterien werden der Klasse schriftlich abgegeben (Broch & Hermann, 2013). Den Schülerinnen und Schülern stehen 10 Doppelstunden à 90 Minuten verteilt auf 5 Wochen zur Verfügung. Es wird eine Note erteilt, welche zusammen mit anderen Noten aus den üblichen schriftlichen Prüfungen sowohl für die Chemie- wie auch die Physik-Zeugnisnote zählt.

*Mythen:* Auf beiden Seiten sind die verschiedensten Meinungen und Aussagen zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht zu hören. Zum Beispiel:

- „Fächerübergreifender Unterricht steigert das Interesse für die naturwissenschaftlichen Fächer.“ Diese Aussage ist als Hypothese einzustufen, welche empirisch überprüft werden muss (siehe den vorletzten Abschnitt dieses Beitrags).
- „Integrationsansätze fördern das vernetzte Denken und unterstützen so den Lernprozess.“ Auch diese Behauptung bedarf der empirischen Überprüfung (siehe unten).
- „Fächerübergreifender Unterricht bedeutet Team-Teaching und Projektunterricht.“ Falsch, denn nach den gängigen Definitionen bzw. Beschreibungen gibt es ganz verschiedene Varianten von fächerübergreifendem Unterricht. Team-Teaching oder Projektunterricht sind denkbar, stellen jedoch keine notwendige Bedingung dar.
- „Es gibt zu wenige Beispiele für fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht.“ Auch diese Behauptung stuft ich als falsch ein. Zahlreiche Beispiele sind gut dokumentiert; es lassen sich viele Unterrichtseinheiten bzw. Lehrmittel zum fächerübergreifenden Unterricht finden.
- „In einem Integrationsfach Naturwissenschaft lernen die Schülerinnen und Schüler weniger als im gefächerten Unterricht mit Biologie, Chemie und Physik je als Einzelfach.“ Ein Argument, das zu überprüfen ist (siehe unten).

„Was ist da eigentlich klar?“ Für die einen ist der integrierte Unterricht „klar“, für die anderen der gefächerte Unterricht. Ein Widerspruch, erklärbar durch unterschiedliche Traditionen und Sozialisationen. Es gibt kein eindeutiges „klar“. Klar hingegen scheinen mir zwei andere Dinge: Erstens, der integrierte naturwissenschaftliche Unterricht ist auf der Ebene der deutschen Bundesländer zu einem Spielball der Bildungspolitik geworden. Wechselte die Regierung in einem Bundesland, kam es in der Vergangenheit in der Orientierungs- bzw. Sekundarstufe I verschiedentlich zu einem Wechsel vom gefächerten zum integrierten Ansatz bzw. vice versa vom integrierten zum gefächerten Ansatz. Zweitens, es gibt nur wenige Bildungsfragen, welche so kontrovers diskutiert werden und in denen so viel „Glauben und Meinen“ vorherrscht, d. h. ein Argumentieren ohne sich auf empirische Resultate abzustützen.

### **Argumente für fächerübergreifenden Unterricht**

In der Literatur lässt sich ein breites Spektrum von Argumenten für fächerübergreifenden Unterricht finden. Für eine Zusammenstellung sei verwiesen auf Labudde (2003, 2008). Folgende Begründungen stehen seit über 25 Jahren im Mittelpunkt:

*1. Vernetzen von Inhalten bzw. Unterstützen von Lernprozessen:* Fächerübergreifender Unterricht trägt dazu bei, vorhandenes und neues Wissen sowie neue Wissensfragmente untereinander zu verbinden. Dieses Argument beinhaltet mindestens zwei Begründungen bzw. Argumentationslinien: Einerseits trägt es konstruktivistische Züge. Denn wird das Vorverständnis der Schülerinnen und Schüler konsequent in den Unterricht einbezogen, kommt es quasi wie von selbst zu fächerübergreifendem Unterricht. Das Vorverständnis von Kindern und Jugendlichen ist meist noch nicht streng in Fachschubladen sortiert, sondern breit gefächert. Oder umgekehrt argumentiert, mit fächerübergreifenden Ansätzen lässt sich das Vorverständnis der Lernenden besser einbeziehen. Andererseits geht es um die Vernetzung alter und neuer Inhalte bzw. neuer Inhalte untereinander. Einzelne, manchmal unverständene Wissensfragmente aus verschiedenen Fächern sollen nicht alleine für sich stehen, sondern miteinander verbunden sein.

*2. Schlüsselprobleme der Menschheit:* Zu diesen Problemen gehören u.a. die Versorgung mit Energie, der Umgang mit Rohstoffen, die Klimaerwärmung, die Verteilung von Arm und Reich, das Verhältnis bzw. die Rollen der Geschlechter. Bereits Klafki (1996) betonte die Bedeutung der Schlüsselprobleme der Menschheit für Schulcurricula und forderte mehr fächerübergreifenden Unterricht. Diese Forderung und Argumentation finden sich auch bei einer belgischen Arbeitsgruppe um Fourez, welche sinngemäß formuliert: Um ein Schlüsselproblem der Menschheit in einem Modell zu beschreiben und dann zu lösen, bedarf es der Kooperation mehrerer Disziplinen bzw. Institutionen (Maingain, Dufour & Fourez, 2002). Übertragen auf den Schulunterricht könnte das bedeuten: Jugendliche entwickeln die Bereitschaft, ein Problem in einem Modell zu beschreiben und dann zu lösen, indem sie ihr Wissen aus mehreren Fächern bzw. mehrere Gesichtspunkte vernetzen (Labudde, 2006)

*3. Wissenschafts- und Berufspropädeutik bzw. kompetenzorientiertes Lernen:* Das Argument der Wissenschaftspropädeutik findet sich vor allem in älteren Publikationen zum fächerübergreifenden Unterricht. In einer neueren Terminologie würde es vielleicht heißen „auf die Naturwissenschaften bezogenes kompetenzorientiertes Lernen“. Es wurde bzw. wird argumentiert, dass fächerübergreifender Unterricht – besser als gefächelter Unterricht – auf den späteren Wissenschaftsbetrieb und Berufsalltag vorbereitet. Mit fächerübergreifendem Unterricht werden Fähigkeiten und Fertigkeiten aufgebaut, die für Wissenschaft und Beruf von besonderer Bedeutung sind. In neuerer Terminologie könnte es lauten: Fächerübergreifender Unterricht trägt zur Förderung eines breiten Spektrums von Kompetenzen bei, welche in Wissenschaft und Beruf unabdingbar sind.

*4. Überfachliche Kompetenzen:* Zu den überfachlichen Kompetenzen zählen unter anderem Kooperationsbereitschaft oder Problemlösefähigkeit. Grob und Maag Merki (2001) haben 36 derartige überfachliche Kompetenzen zusammengestellt. Auch wenn sie selbst diese nicht in Beziehung zu fächerübergreifendem Unterricht setzen, lässt sich das bei einigen machen. So sei die Hypothese gewagt, dass sich zum Beispiel die vier überfachlichen Kompetenzen Umweltkompetenz, Problemlösefähigkeit, Ambiguitätstoleranz und Differenziertes Denken besonders gut im fächerübergreifenden Unterricht fördern lassen. Andere Kompetenzen, wie zum Beispiel Kooperationsbereitschaft, relative Autonomie, Selbstakzeptanz oder Kreativität, lassen sich vermutlich gleichermaßen im disziplinären wie im fächerübergreifenden Unterricht fördern.

5. *Lernen in Projekten und durch Experimentieren:* Fächerübergreifende Unterrichtseinheiten werden oftmals als Projektunterricht (Frey, 2002) oder zumindest projektartiger Unterricht konzipiert mit einem hohen Anteil an Experimenten. Projektunterricht zeigt oftmals fächerübergreifende Ansätze. Das eine dient als Vehikel zur Förderung des anderen und vice-versa. Es wird argumentiert, dass sich mit fächerübergreifendem Unterricht das Lernen in Projekten fördern lässt.

6. *Gender gerechter Unterricht:* Chemie und noch mehr Physik zählen bei jungen Frauen zu den unbeliebten Schulfächern (Pfenning & Renn, 2010). Ihr Interesse an ihnen ist gering, das Gleiche gilt für das fachspezifische Selbstkonzept. Zudem lassen sich in vielen internationalen Studien der letzten Jahrzehnte, wie TIMSS oder PISA, Leistungsdifferenzen zwischen den beiden Geschlechtern feststellen (OECD, 2007, 2010). Junge Männer schneiden signifikant besser ab als junge Frauen. Mit fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht soll der naturwissenschaftliche Unterricht Gender gerechter werden, d.h. die Differenzen zwischen Mädchen und Jungen bzw. jungen Frauen und Männern sollen sich verringern.

7. *Interesse der Lernenden:* Ein häufig gehörtes Argument für fächerübergreifenden Unterricht lautet, dass er das Interesse der Lernenden am naturwissenschaftlichen Unterricht und an die Naturwissenschaften erhöht. Die Begründungen hierfür sind vielfältig, unter anderem: fächerübergreifende Unterrichtsinhalte und -konzepte sind für viele Schülerinnen und Schüler häufig interessanter als rein fachliche Inhalte; Schülerinnen und Schüler, die sich zwar für Biologie, aber nicht für Physik oder Chemie interessieren, lassen sich durch fächerübergreifenden Unterricht auch für physikalische oder chemische Fragen, Phänomene und Zusammenhänge motivieren; mit dem interdisziplinären Vernetzen von Inhalten werden neue Einsichten ermöglicht und die Befriedigung beim Lernen erhöht.

Die hier aufgeführten Argumente lassen sich in vielen Schriften zum fächerübergreifenden Unterricht – in bzw. mit Naturwissenschaften – finden. Nur in wenigen Fällen werden sie empirisch abgestützt (siehe unten). Oft bleibt es beim „Glauben und Meinen“ (siehe oben).

### **Definitionen und Beispiele**

Der Begriffswirrwarr bezüglich fächerübergreifenden Unterrichts und Interdisziplinarität ist gewaltig. Bevor weiter unten einzelne Begriffe erklärt werden, sei auf einige allgemeine Charakteristika und Grundsätzlichkeiten eingegangen:

- Es gibt verschiedene Formen von fächerübergreifendem Unterricht.
- Der Begriff „fächerübergreifend“ wird meist als Oberbegriff verwendet, so auch im vorliegenden Buchbeitrag.
- Als synonymen Oberbegriff benutzen viele Autoren und Autorinnen das Wort „interdisziplinär“. Analog wird im Englischen und in allen lateinischen Sprachen von „interdisciplinary“, „interdisciplinaire“, „interdisciplinare“ und ähnlich gesprochen, ebenfalls als Oberbegriff.
- Es ist sinnvoll, fächerübergreifenden Unterricht aus zwei Perspektiven bzw. Ebenen zu definieren und zu charakterisieren, der Ebene der Inhalte und der Ebene der Stundentafel, so wie dies bereits Huber (1994) vor zwanzig Jahren vorgeschlagen hat.

*Ebene der Inhalte – Begriffsklärung:* Auf dieser Ebene, manchmal auch als Ebene der Fächer bezeichnet, lassen sich drei Typen von fächerübergreifendem Unterricht unterscheiden (Huber, 1994; Labudde, 2003, 2006):

1. Fachüberschreitend (intradisziplinär): Von einem Fach, daher auch Fach im Singular, wird eine Verbindung zu einem anderen Fach hergestellt. Hier handelt es sich um die am

einfachsten umzusetzende Form von fächerübergreifendem Unterricht. Zum Beispiel behandelt eine Physiklehrerin im Rahmen der Hydromechanik nicht nur physikalische Inhalte, sondern geht auch ausführlich auf die Messung des Blutdrucks ein, auf die physikalische und medizinische Erklärung und Bedeutung des oberen und unteren Messwertes (Labudde, 1996). Einige Personen würden diese Art von fächerübergreifendem Unterricht vielleicht noch nicht als fächerübergreifend bezeichnen, sondern eher als anwendungsorientierten Physikunterricht.

2. Fächerverbindend (multi- oder pluri-disziplinär): In zwei oder mehr Fächern wird das gleiche Thema zur gleichen Zeit (oder leicht zeitverschoben) erarbeitet. Zum Beispiel sprechen sich zwei oder mehr Lehrpersonen der gleichen Klasse ab, mit den Schülerinnen und Schülern das Thema „Zeit“ zu erarbeiten: In Biologie, Physik, Geographie/Geologie, Geschichte, Deutsch, Sport oder Philosophie erschließen sich die Lernenden verschiedenste Aspekte des Begriffs „Zeit“.
3. Fächerkoordinierend (interdisziplinär im engen Sinn, problemorientiert): Im Mittelpunkt dieser Variante von fächerübergreifendem Unterricht steht immer eine Frage oder ein Problem. Ausgehend von diesem suchen die Schülerinnen und Schüler nach einer Antwort oder einer Lösung. Ein klassisches Beispiel lautet: „Wie lässt sich der Energieverbrauch unserer Schule reduzieren?“ Die Beantwortung dieser Frage und die konkrete Umsetzung und Evaluation entsprechender Massnahmen bedürfen der Kompetenzen aus verschiedensten Fächern, u.a. Physik, Wirtschaft und Psychologie.

In den Wissenschaften und der Forschung werden die Begriffe ähnlich verwendet, allerdings meist nur die lateinisch stämmigen, d.h. intra-, multi-, pluri- und interdisziplinär. Als weiterer Begriff kommt manchmal noch transdisziplinär dazu, eine Verbindung zwischen Wissenschaft(en) und Politik.

*Ebene der Stundentafel – Begriffsklärung:* Auf dieser Ebene geht es ausschließlich um die Stundentafel, d. h. um den Fächerkanon. Welche Fächer enthält die Stundentafel bzw. der Stundenplan. In Bezug auf den fächerübergreifenden Unterricht, auch hier als Oberbegriff verstanden, lassen sich zwei Varianten unterscheiden:

- I. Fächerergänzend: Neben den Einzelfächern Biologie, Chemie, Physik und den weiteren gängigen Schulfächern gibt es in der Stundentafel ein fächerergänzendes Angebot. So führt die Kantonsschule Frauenfeld/Schweiz, ein traditionsreiches Gymnasium, seit mehreren Jahren in der gymnasialen Oberstufe so genannte „Themennachmittage“, die – verteilt auf mehrere Nachmittage – fächerübergreifenden Themen gewidmet sind. Oder das Realgymnasium Leibnitz/Österreich führt neben den drei Einzelfächern ein weiteres Fach, das so genannte „Naturwissenschaftliche Labor“ ([www.nwl.at](http://www.nwl.at)), d. h. ein Labor, aber nicht für jede Naturwissenschaft einzeln, sondern für alle zusammen.
- II. Integriert: Die Fächer Biologie, Chemie, Physik und manchmal noch weitere Fächer werden zu einem Fach zusammengefasst. Typische Beispiele sind der Sachunterricht in der Grundschule, das Fach „Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen“ im 5./6. Schuljahr in Baden-Württemberg, das Fach „Naturkunde“ oder „Naturwissenschaften“ im 5./6. Schuljahr bzw. in Gesamtschulen in einzelnen Bundesländern, das Fach „Natur-Mensch-Mitwelt“ für das 1.-9. Schuljahr im Kanton Bern (Erziehungsdirektion des Kantons Bern, 1995), welches neben den drei Naturwissenschaften auch noch Geographie, Geschichte, Religion und Hauswirtschaft umfasst. Ein Integrationsfach bedeutet nicht, dass alle Inhalte immer fachüberschreitend, fächerverbindend oder fächerkoordinierend unterrichtet werden. Im Integrationsfach kann es sehr wohl Phasen geben, in denen rein chemische oder physikalische Inhalte erarbeitet werden. Der Schwerpunkt der diesjährigen GDCP-Jahrestagung bezieht sich mit dem Titel „Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht“ nach meiner Interpretation auf den hier beschriebenen Integrationsansatz auf der Ebene der Stundentafel. Die Interpretation

beruht auf den Titeln und Inhalten der vier Hauptreferate von Brovelli, Köller und Möller (alle in diesem Band), welche sich auf den integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht beziehen.

*Begriffswirrwarr - Versuch einer Ordnung:* In der folgenden Übersicht werden die Begriffe verschiedener Autoren zusammen- und gegenübergestellt (Tabelle 1). Es geht dabei um Begriffe zum fächerübergreifenden Unterricht auf der Ebene der Inhalte.

Tab. 1: Gegenüberstellung der Begriffe verschiedener Autoren

Autor	Huber 1994	Mögling 1998	Labudde 2013	Maingain et al. 2002	BBT 2001
<i>Oberbegriff</i>	<i>Fächerübergreifend</i>	<i>Fächerübergreifend</i>	<i>Fächerübergreifend</i>	<i>Interdiscipl. au sens large</i>	<i>Interdisziplinär</i>
Unterbegriffe	Fachüberschreitend	Fächerintegrierend	Fachüberschreitend	Trans-Disciplinaire	Intra-disziplinär
	Fächerverbindend	Fächerkoordinierend	Fächerverbindend	Multi-/pluri-Disciplinaire	Multi-/Pluri-disziplinär
	Fächerkoordinierend		Fächerkoordinierend	Interdiscipl. au sens strict	Interdisziplinär

Die Übersicht zeigt, dass die Worte „fächerübergreifend“ bzw. „interdisziplinär“ als Oberbegriffe gelten, die Autoren verschiedene Typen von fächerübergreifendem Unterricht unterscheiden, sie die Unterbegriffe aber nicht einheitlich verwenden. Im Folgenden mögen einige konkrete Beispiele die Begriffe illustrieren.

*Beispiel 1 „Batterien“:* Beim weiter oben skizzierten Beispiel Batterien handelt es sich auf der Ebene der Inhalte um fächerkoordinierenden Unterricht. Der Chemie- und der Physiklehrer haben sich zusammengetan, um gemeinsam eine Projektarbeit durchführen zu lassen. Mit dem Auftrag „Baut eine Batterie, welche eine LED zum Leuchten bringt“ steht eine Frage bzw. ein Problem im Mittelpunkt. Auf der Ebene der Stundentafel wird nichts geändert, d.h. im Stundenplan tauchen wie an dieser Schule üblich die beiden Fächer Chemie und Physik je einzeln auf. Es handelt sich also weder um ein fächerergänzendes noch um ein integriertes Unterrichtsangebot. Was die beiden Lehrer hingegen machen ist, dass sie während fünf Wochen je eine Chemie- und Physikstunde pro Woche für die Projektarbeit vorsehen.

*Beispiel 2 „Erdöl – und in Zukunft?“:* In dieser 20 bis 30 Schulstunden umfassenden Unterrichtseinheit, entwickelt von Wagner und Stucki (2008), sollen die Schülerinnen und Schüler:

- „für die Energieproblematik lokal wie global sensibilisiert werden,
- Maßnahmen zum verringerten Energiebedarf kennenlernen und für den persönlichen Einsatz überdenken,
- sich exemplarisch mit Alternativen zu fossilen Brennstoffen auseinandersetzen,
- selbstständig mit Informationsbroschüren, Lehrtexten und Experimentieranleitungen arbeiten,
- eine Gruppenpräsentation selbstständig entwickeln und der Klasse präsentieren.“

Diese fächerübergreifende Unterrichtseinheit ist auf der Ebene der Inhalte fächerkoordinierend, denn es steht wie bereits beim Beispiel „Batterien“ ein Problem im Mittelpunkt: Erdöl als fossiler Brennstoff und Alternativen zu ihm. Die Schülerinnen und Schüler müssen sich chemische, physikalische, geografische, wirtschaftliche und

psychologische Inhalte erarbeiten und vernetzen. Die Unterrichtseinheit findet im Fach „Natur-Mensch-Mitwelt“ (NMM; siehe oben) statt, d. h. in einem Integrationsfach, welches im Kanton Bern so im Lehrplan vorgegeben ist. Dieses Beispiel zeigt eindrücklich, welche Möglichkeiten ein (naturwissenschaftliches) Integrationsfach bietet.

*Beispiel 3 „Unser Boden – mehr als der letzte Dreck?“* In dieser Unterrichtseinheit wird das Thema „Boden“ aus der biologischen und chemischen Perspektive erarbeitet. Die Biologie- und die Chemielehrkraft haben sich abgesprochen während fünf Wochen, d. h. während zwei Mal 10 Stunden, das Thema gleichzeitig zu behandeln (Storz & Ammann, 2008). Es handelt sich auf der Ebene der Inhalte um einen typischen fächerverbindenden (multi-, pluridisziplinären) Unterricht: Der Inhalt „Boden“ ist abgesprochen; biologisches und chemisches Wissen werden verbunden. Aber es steht – anders als im fächerkoordinierenden Unterricht – nicht *eine* Frage bzw. *ein* Problem im Zentrum. Auf der Ebene der Studententafel handelt es sich um eine Schweiz spezifische Variante: Wie sich in Deutschland die Schülerinnen und Schüler für einen Leistungskurs entscheiden müssen, haben die Schweizer Jugendlichen die Wahl zwischen verschiedenen so genannten Schwerpunktfächern. Ein Schwerpunktfach lautet „Biologie und Chemie“. Es handelt sich um *ein* Fach, welches im Zeugnis und im Abitur mit nur *einer* Note auftaucht. An manchen Schulen wird das Fach von einer Lehrperson, in den meisten Fällen aber von zwei Personen unterrichtet. Beim vorliegenden Beispiel „Unser Boden – mehr als der letzte Dreck?“ wäre es also eigentlich ein Integrationsfach, welches aber doch wie zwei getrennte Fächer unterrichtet wird (Widmer, 2011).

*Beispiel 4 „Natur – Mensch – Mitwelt“:* Wie bereits oben erwähnt handelt es sich um den Namen eines Schulfachs im Kanton Bern (Erziehungsdirektion des Kantons Bern, 1995), welches vom 1. bis 9. Schuljahr seinen festen Platz in der Studententafel besitzt. Schülerinnen und Schüler, Eltern und Lehrkräfte reden kurz von „NMM“; ein Alltagsbegriff im Kanton Bern, welcher allen geläufig und vertraut ist. Die Inhalte von NMM sind nach Themenbereichen geordnet. Für den naturkundlichen Teil von NMM lauten sie: Energie – Materie, Wahrnehmen – Reagieren – Regulieren, Grundbausteine des Lebens, Pflanzen – Tiere – Menschen. Hinzu kommen Themenbereiche, welche als „fächerübergreifend“ bezeichnet werden und nicht nur die Naturkunde, sondern auch andere Teile von NMM umfassen, d. h. Geographie, Geschichte, Religion oder Hauswirtschaft. Zu den fächerübergreifenden Themenbereichen gehören: Ökosysteme, Natur erhalten – Raum gestalten, Erde – Sonne – Universum, Arbeitswelten, Rohstoffe – Energie, Bevölkerung – Menschen unterwegs, Menschen einer Welt, Gesundheit – Wohlbefinden, Zukunft. Für alle Themenbereiche sind detaillierte Lernziele und -inhalte notiert. Damit werden auf der Ebene der Inhalte günstige Voraussetzungen für fächerverbindenden oder fächerkoordinierenden Unterricht geschaffen, was aber nicht bedeutet, dass phasenweise auch disziplinär unterrichtet wird, d. h. dass ausschließlich biologische, chemische oder physikalische Inhalte im Mittelpunkt stehen. Auf der Ebene der Studententafel handelt es sich um ein Integrationsfach.

### **Empirische Forschungsergebnisse**

Während zwar recht viele Publikationen mit Unterrichtsvorschlägen zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht zu verzeichnen sind, gibt es nur wenige empirische Studien dazu. Im Folgenden werden vier paradigmatische empirische Publikationen vorgestellt: eine englische Metastudie von Bennet, Lubben und Hogarth (2007), die Dissertation von Klos (2009) zur Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht in Nordrhein-Westfalen, die Dissertation von Åström (2008) zu „Defining Integrated Science Education and Putting it to Test“ in

Schweden und eine Studie zum „Fachsystematischen Unterricht“ von Merzyn (2013) in Deutschland.

*Eine englische Metaanalyse:* Unter dem Titel „*Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching*“ (STS: Science – Technology – Society) stellen Bennet, Lubben und Hogarth (2007) die Resultate von 17 englischsprachigen Studien zusammen, welche sie zuvor nach genau definierten, transparenten Kriterien ausgewählt haben. Sie kommen zum Schluss, dass ein Kontext basierter STS-Unterricht zu einer positiveren Einstellung gegenüber dem naturwissenschaftlichen Unterricht und partiell auch zu den Naturwissenschaften führt als gefächertes Unterricht. Das gilt in besonderem Maße für Mädchen, sodass sich die Geschlechterdifferenz hinsichtlich der Einstellungen verkleinert. Die Autorinnen der Metaanalyse belegen ihre Resultate eindrucklich, auch wenn sie bei einer Vielzahl der von ihnen untersuchten Studien Mängel monieren, so die fehlende Unabhängigkeit der Evaluatoren/-innen, die ihrer Einschätzung nach manchmal ungenügenden Instrumente, eine Konfundierung von Vernetzung, Inhalten und Unterrichtsmethoden.

*Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht im 5./6. Schuljahr:* Silke Klos (2008) führt im Rahmen ihrer Dissertation ein Quasi-Experiment durch: Die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe hatten im 5./6. Schuljahr einen integrierten Naturwissenschaftsunterricht, diejenigen der Kontrollgruppe im 5./6. Schuljahr zwei Jahre Biologie und in der 6. Klasse zusätzlich Physik jeweils als Einzelfächer. Klos befragte in Experimental- und Kontrollgruppe je 300 Personen und zwar am Anfang und Ende des 7. Schuljahres, in welchem beide Gruppen Biologie und Chemie als Einzelfächer hatten. Die Befragung umfasste u. a. den „Naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen Test“ (NAW-Test) und einen Fachtest in Chemie (Klos et al., 2008). Zu den Hauptresultaten der Dissertation zählen (Klos, 2008; Klos & Sumfleth, 2012):

- Im Integrationsfach Naturwissenschaften wird mehr experimentiert als im Fachunterricht Biologie; hingegen bestehen keine Unterschiede zum Fach Physik. Ein integrierter Unterricht scheint also, zumindest partiell, zu anderen Unterrichtsmethoden, vor allem zu mehr Experimentieren, zu führen.
- In der Kontrollgruppe und noch ausgeprägter in der Experimentalgruppe weisen die Mädchen gemäss NAW-Test größere prozessbezogene Kompetenzen auf als die Jungen.
- Die Mädchen der Experimentalgruppe zeichnen sich durch ein gleich hohes Fachinteresse aus wie die Jungen, was für die Mädchen und Jungen der Kontrollgruppe nicht gilt.
- Im Fachtest Chemie gibt es keine Unterschiede zwischen Experimental- und Kontrollgruppe. Der in der 5./6. Klasse vorhergehende Naturwissenschaftsunterricht scheint bezüglich des Erwerbs von naturwissenschaftlichem Fachwissen gegenüber dem gefächerten Unterricht weder Vor- noch Nachteile aufzuweisen.

*Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht und seine Resultate in PISA:* In Schweden haben die SI-Schulen die Möglichkeit entweder die Naturwissenschaften als Integrationsfach anzubieten oder aber als je drei Einzelfächer. Die Schwedin Maria Åström (2008) ging in ihrer Dissertation der Frage nach, ob die Schülerinnen und Schüler mit Integrationsunterricht in PISA anders abschneiden als diejenigen mit gefächertem Unterricht. In einem ersten Schritt definierte sie *integrated science education* im Kontext des schwedischen Schulsystems, um so zwischen den beiden naturwissenschaftlichen Unterrichtskonzepten – hier integriert, da gefächert – genau unterscheiden zu können. Ein Vergleich der PISA-Resultate zwischen den beiden Schülergruppen „Integrierte Naturwissenschaften“ versus „Biologie, Chemie, Physik als Einzelfächer“ brachte folgende Resultate:

- In PISA 2003 gibt es in Naturwissenschaften keinerlei Unterschiede zwischen den beiden Schülergruppen. Das gilt sowohl für die Gesamtheit der 15-Jährigen wie auch je separat für die Mädchen bzw. Knaben als Untergruppen.
- Das Gleiche gilt für PISA 2006 mit dem Testschwerpunkt Naturwissenschaften: Keinerlei Unterschiede bei der Gesamtheit der Population wie auch bei den Knaben. Hingegen eine kleine Leistungsdifferenz bei den Mädchen zugunsten der gefächert unterrichteten. Åström führt diese Differenz allerdings auf die Stichprobe zurück: die Mädchen, welche integriert unterrichtet wurden, schnitten nicht nur in Naturwissenschaften etwas schlechter ab als die Knaben, sondern auch in Mathematik und Lesekompetenz.

Die Studie von Åström ist insofern bemerkenswert als sie integrierten mit gefächertem naturwissenschaftlichem Unterricht vergleicht, welche im gleichen Land und Bildungssystem stattfinden, d. h. alle weiteren die Bildung beeinflussenden Parameter wie Aus- und Weiterbildung der Lehrpersonen, Ausrüstung der Schulen oder Zusammensetzung der Schülerschaft dürften für beide Schülerpopulationen die gleichen sein.

*Fachsystematischer Unterricht als umstrittene, aber etablierte Konzeption:* Gottfried Merzyn (2013) untersucht in seiner Studie über integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht, aber er stellt die Frage, seit wann und warum sich fachsystematischer Unterricht – welcher als Kontrapunkt zu fächerübergreifendem Unterricht bezeichnet werden könnte – so eindrücklich als Unterrichts- und Bildungskonzept für Biologie, Chemie und Physik in Deutschland behauptet. Merzyn stellt fest, dass die Diskussion über Vor- und Nachteile des fachsystematischen Ansatzes bereits seit über 100 Jahren geführt wird und dass es starke Pro- wie auch Kontra-Argumente gibt. Seinen Untersuchungen und Überlegungen nach haben folgende Umstände die fachsystematische Konzeption so stark gemacht: Das Lehramtsstudium an der Universität bietet Fachsystematik in Reinkultur. Die Konzeption ist bekannt und akzeptiert; man erspart sich bei gefächertem Unterricht die Auseinandersetzung mit schwierigen fachdidaktischen Fragen zu Stoffauswahl, Umgang mit Schüler-vorstellungen oder Unterrichtsmethoden. Zudem: „Fachsystematischer Unterricht hat in der Wissenschaft eine Patronin von höchstem Ansehen, [...] das gibt Sicherheit, Selbstbewusstsein und Stolz.“ (Merzyn, 2013, S. 268)

*Die Argumente zugunsten fächerübergreifenden Unterrichts auf dem Prüfstand der Empirie:* Welche der Argumente des zweiten Abschnitts werden durch empirische Studien unterstützt, welche nicht bzw. noch nicht? Fasst man die Ergebnisse der vier erwähnten Publikationen zusammen, lassen sich mehrere Ergebnisse festhalten. Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht:

- erhöht das Interesse am naturwissenschaftlichen Unterricht (siehe oben Argument 7 „Interesse der Lernenden“);
- trägt zu einem Gender gerechteren Unterricht bei, in welchem Mädchen eine positivere Einstellung zum Schulfach und partiell auch zu den Naturwissenschaften entwickeln (Argument 6);
- fördert die naturwissenschaftlichen Kompetenzen bei Jugendlichen (Argument 3 „Wissenschafts- und Berufspropädeutik bzw. kompetenzorientiertes Lernen“);
- verändert die Unterrichtskultur hin zu mehr Experimentieren (partiell Argumente 5 „Lernen in Projekten“);
- führt im PISA-Test zu den gleichen Resultaten wie gefächertem Unterricht, d.h. *das* Kontra-Argument gegen fächerübergreifenden Unterricht wird zumindest im PISA-Test nicht bestätigt.

Andere Argumente zugunsten des fächerübergreifenden Unterrichts wurden bisher – meines Wissens nach – bisher nicht empirisch untersucht, zumindest nicht explizit. Dazu zählen die bessere Vernetzung von Wissen (Argument 1), der Umgang mit Schlüsselproblemen der

Menschheit bzw. allgemein mit komplexen Problemen (Argument 2) oder die Förderung überfachlicher Kompetenzen (Argument 4).

### **Résumé**

Beim folgenden Rück- und Ausblick werden drei Schwerpunkte gesetzt: Fächerübergreifender Unterricht auf der Ebene der Inhalte, fächerübergreifender Unterricht auf der Ebene der Studentafel, Desiderata für Bildungspolitik, fachdidaktische Forschung, Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen.

*Fächerübergreifender Unterricht auf der Ebene der Inhalte:* Lehrpersonen, welche in ihrem Unterrichts- und Schulalltag mehr interdisziplinär unterrichten wollen, finden in Lehrmitteln und Fachzeitschriften eine Vielzahl von konkreten Beispielen. Das Rad muss nicht neu erfunden werden. Ob eine kurze Sequenz fachüberschreitenden Unterrichts oder eine Blockwoche bzw. ein Quartal mit fächerkoordinierendem Unterricht, die Literatur für Lehrkräfte wartet mit einem breiten Spektrum von Unterrichtsideen auf. Für fächerübergreifenden Unterricht gibt es zahlreiche Argumente, von denen allerdings nur ein Teil empirisch gesichert ist. Zu letzteren zählen Interessen- und Kompetenzförderung, Gerechtigkeit und partiell auch Veränderung der Unterrichtskultur. Auf der anderen Seite gibt es nur wenige Gegenargumente, von denen zudem – meines Wissens – keines empirisch gesichert ist. Dass der Unterricht bei vielen Lehrpersonen nach wie vor viel stärker an der Fachsystematik als an fächerübergreifenden Inhalten oder an lebensnahen Kontexten orientiert ist, hängt nicht mit Kontraargumenten gegen mehr Interdisziplinarität zusammen, sondern mit Fachsozialisation im Studium, dem Ausweichen vor Auseinandersetzungen und schwierigen fachdidaktischen Fragen sowie der Rückendeckung durch die starke „Patronin Fachwissenschaft“. Zudem sind auch die Aus- und Weiterbildung für fächerübergreifenden Unterricht noch ausbaufähig.

*Fächerübergreifender Unterricht auf der Ebene der Studentafel:* Hier gibt es gewaltige Unterschiede zwischen verschiedenen Ländern bzw. Bildungssystemen. So sehr im einen System ein integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht selbstverständlich ist, so sehr ist im anderen System gefächertes Unterricht selbstverständlich. In beiden Systemen wird das jeweilige Konzept nicht hinterfragt. Geht man davon aus, dass in einem Integrationsfach auf der Ebene der Inhalte mehr fachüberschreitend, fächerverbindend und fächerkoordinierend unterrichtet wird als im gefächerten Unterricht, lassen sich die oben erwähnten empirischen Resultate auf den Integrationsunterricht übertragen. Das Kontraargument, welches gegen integrierten Unterricht immer wieder vorgebracht wird, dass Schülerinnen und Schüler weniger lernen als im gefächerten Unterricht, harrt einer empirischen Überprüfung. Zumindest in den schwedischen PISA-Resultaten lässt es sich nicht belegen; auch generell lässt sich in PISA kein Unterschied zwischen Ländern mit bzw. ohne integrierten Unterricht feststellen. Andere Kontraargumente bzw. Probleme könnten da schon eher Gewicht haben. Zum einen die Frage nach der Ausbildung von Lehrpersonen auf ein Integrationsfach Naturwissenschaften hin: Dorothee Brovelli (in diesem Band) zeigt auf, wie die Pädagogische Hochschule Luzern als erste Hochschule im deutschsprachigen Raum seit zehn Jahren erfolgreich ein entsprechendes Studienprogramm für angehende Lehrkräfte Sekundarstufe I umsetzt. Zum anderen das Problem etwaiger Stundenreduktionen: Bei Sparmaßnahmen ist es politisch einfacher eine Stunde bei einem vier- oder fünfstündigen Integrationsfach zu kürzen als bei einem Ein- oder Zweistundenfach Chemie oder Physik.

*Desiderata für Bildungspolitik, fachdidaktische Forschung, Aus- und Weiterbildung:* Welche Wünsche hinsichtlich der Weiterentwicklung des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts bestehen?

- Die Diskussion über fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht vom „Glauben und Meinen“ sowie vom bildungspolitischen Ballast befreien;
- klar definierte Begriffe verwenden und die Ebene der Inhalte von der Ebene der Studententafel unterscheiden;
- weitere empirische Studien zur Wirksamkeit fächerübergreifenden Unterrichts mit neu zu konzipierenden validen und reliablen Instrumenten durchführen;
- die Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen in Bezug auf fächerübergreifenden Unterricht überdenken und weiterentwickeln.

Mit dem Schwerpunktthema „Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht“ an der diesjährigen Jahrestagung hat die GDGP einen wichtigen Schritt zur Klärung und Weiterentwicklung des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts geleistet. Mögen die Gesellschaft und wir Mitglieder weitere Schritte unternehmen.

#### Literatur

- Åström, M. (2008). Defining Integrated Science Education and Putting It to Test. Departement of Social and Welfare Studies (PhD-Thesis). Norrköping, Sweden: Mittuniversitetet.
- BBT (2001). Rahmenlehrplan für die Berufsmaturität: technische Richtung, gestalterische Richtung, gewerbliche Richtung. Bern: Bundesamt für Berufsbildung und Technologie BBT.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching. *Science Education*, 91, 347-370.
- Broch, R., & Hermann, M. (2013). Eine einfache Batterie selber herstellen: eine Projektarbeit für Schülerinnen und Schüler der 9. Klasse. Liestal, Schweiz: Sekundarschule Frenke.
- D-EDK (2013). Lehrplan 21. Luzern: Deutschschweizer Erziehungsdirektorenkonferenz. [www.lehrplan21.ch](http://www.lehrplan21.ch)
- Erziehungsdirektion des Kantons Bern (1995). Lehrplan Volksschule: Primarstufe und Sekundarstufe I. Bern: Berner Lehrmittel- und Medienverlag BLMV. [www.nmm.ch](http://www.nmm.ch).
- Frey, K. (2002, 9. Auflage). Die Projektmethode. Weinheim: Beltz.
- Grob, U., & Maag Merki, K. (2001). Überfachliche Kompetenzen. Theoretische Grundlegung und empirische Erprobung eines Indikatorensystems. Bern: Peter Lang.
- Huber, L. (1994). Wissenschaftspropädeutik und Fächerübergreifender Unterricht - Eine unerledigte Hausaufgabe der allgemeinen Didaktik. In M. A. Meyer & W. Plöger (Hrsg.), *Allgemeine Didaktik, Fachdidaktik und Fachunterricht*. Weinheim: Beltz, 243-253.
- Klafki, W. (1996). Grundzüge eines neuen Allgemeinbildungskonzepts. Im Zentrum: Epochaltypische Schlüsselprobleme. In W. Klafki (Hrsg.), *Neue Studien in Bildungstheorie und Didaktik*. Weinheim: Beltz, 43-81.
- Klos, S. (2007). Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht – Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts (Dissertation). 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.
- Labudde, P. (1996, 3. Auflage). *Alltagsphysik in Schülerversuchen*. Bonn: Dümmler.
- Labudde, P. (Hrsg.). (2003). Fächer übergreifender Unterricht in und mit Physik: Eine zu wenig genutzte Chance. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(2), 48-66.
- Labudde, P. (2006). Fachunterricht und fächerübergreifender Unterricht: Grundlagen. In K.-H. Arnold, J. Wiechmann & J. Sandfuchs (Hrsg.), *Handbuch Unterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 441-447.
- Labudde, P. (2008). *Naturwissenschaften vernetzen - Horizonte erweitern: Fächerübergreifender Unterricht konkret*. Seelze: Kallmeyer.
- Maingain, A., Dufour, B., & Fourez, G. (2002). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*. Bruxelles, DeBoeck Université.
- Merzlyn, G. (2013). Fachsystematischer Unterricht: Eine umstrittene Konzeption. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, 66 (5), 265-269.
- Mögling, K. (1998). *Fächerübergreifender Unterricht - Wege ganzheitlichen Lernens in der Schule*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- OECD (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

- OECD (2007). PISA 2006: Schulleistungen im internationalen Vergleich: Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von Morgen. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- OECD (2010). PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do. Student Performance in Reading, Mathematics and Science. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Pfenning, U., & Renn, O. (2010). Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften: Wissenschaftlicher Abschlussbericht. Stuttgart: Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Umwelt- und Techniksozialisation.
- Storz, M., & Ammann, E. (2008). Unser Boden – mehr als der letzte Dreck? In P. Labudde (Hrsg.), Naturwissenschaften vernetzen - Horizonte erweitern: Fächerübergreifender Unterricht konkret. Seelze: Kallmeyer, 143-153.
- SWiSE (2013). Swiss Science Education / Naturwissenschaftliche Bildung Schweiz. [www.swise.ch](http://www.swise.ch).
- Wagner, U., & Stucki, H. (2008). Erdöl – Und in Zukunft? In P. Labudde (Hrsg.), Naturwissenschaften vernetzen - Horizonte erweitern: Fächerübergreifender Unterricht konkret. Seelze: Kallmeyer, 222-235.
- Walpuski, S., & Sumfleth, E. (2012). Kompetenzen und Interesse fördern: Das Unterrichtskonzept Naturwissenschaft in NRW. Unterricht Chemie, 23 (130/131), 88-91.
- Widmer, I. (2011). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht: Umsetzung und Beurteilung von Schülerleistungen im Gymnasium (Dissertation). Basel: Universität Basel.

## **Vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Fachunterricht – Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule**

### **Einleitung**

Das Thema der Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Physik und Chemie 2013 kreiste um die Frage: Fächerübergreifender Unterricht vs. Fachunterricht. Da liegt es nahe, den Blick auf den Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe zu richten. Während in der Grundschule ein in den Sachunterricht integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht – in allen 16 Bundesländern – etabliert ist, sind im Sekundarbereich je nach Bundesland, Fach und Schulform unterschiedliche Formen naturwissenschaftlichen Unterrichts vorhanden: Vom Fachunterricht in den einzelnen Disziplinen bis hin zu einem integrierten naturwissenschaftlichen Fach.

Aus den neuesten Ergebnissen internationaler Schulleistungsstudien (Kleickmann et al. 2012; Wittwer et al. 2008) geht hervor, dass Deutschland bzgl. der kognitiven Leistungen der Viertklässler im Primarbereich international relativ gut abschneidet, während die Position der Neuntklässler der Sekundarstufe in Physik und Chemie Anlass zu vielen Diskussionen gibt. Während deutsche Grundschul Kinder positiv gegenüber dem Schulfach Sachunterricht eingestellt sind und naturwissenschaftlichen Inhalten im Sachunterricht aufgeschlossen gegenüberstehen, ist das im Laufe des Sekundarschulbesuchs zurückgehende Interesse älterer Schüler/innen an Naturwissenschaften und dabei insbesondere an Physik gut dokumentiert (Hoffmann et al. 1998; Kleickmann et al. 2012; Krapp 1998; Prenzel et al. 2003; Wittwer et al. 2008). Es drängt sich daher die Frage auf, ob die unterschiedlichen organisatorischen und inhaltlichen Bedingungen der Schulformen für die bekannten Probleme des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der weiterführenden Schule zumindest mitverantwortlich sind. Alternativ könnte aber das zurückgehende Interesse z. B. auch auf das zunehmende Alter der Schüler/innen, auf Peer Group-Einflüsse, auf eine generelle Interessensausdifferenzierung oder auch auf Effekte durch Veränderung der Referenzgruppe nach dem Schulstufenübergang zurückgeführt werden.

Der Frage nach der Bedeutung des Schulstufenübergangs für die Interessensentwicklung wird anhand von vorliegenden Ergebnissen aus dem sog. PLUS<sup>1</sup>-Projekt nachgegangen. In einer Querschnitt- und Längsschnittstudie wurde untersucht, wie sich verschiedene Einflussfaktoren auf Unterrichtsqualität und Outcomes in der Phase des Schulstufenübergangs vom 4. bis zum 7. Schuljahr des Gymnasiums und der Hauptschule verändern und welche Unterschiede zwischen dem 4. und 6. Schuljahr bestehen. Hierbei wurden sowohl professionelle Merkmale von Lehrkräften wie auch der Unterricht, die Wahrnehmung des Unterrichts durch die Lernenden und die Ergebnisse des Unterrichts auf Seiten der Lernenden in den Blick genommen. Im vorliegenden Beitrag werden Teilstudien mit ihren Ergebnissen aus dem PLUS-Projekt zusammengeführt und diskutiert, die zur Beantwortung der oben genannten Frage beitragen können.

<sup>1</sup> Gefördert durch die DFG, durchgeführt im Rahmen der Forschergruppe „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ an der Universität Essen (Laufzeit: 2007–2014). PLUS-Querschnitt: Antragsteller/in: Hans Fischer, Kornelia Möller; Beteiligte Wissenschaftler/innen: Anne Ewerhardy, Katharina Fricke, Alexander Kauertz, Thilo Kleickmann, Kim Lange, Mira Laux, Annika Ohle, Steffen Tröbst; PLUS-Längsschnitt: Antragsteller/in: Hans Fischer, Thilo Kleickmann, Kornelia Möller; Beteiligte Wissenschaftler/innen: Katharina Fricke, Kim Lange, Annika Ohle, Katharina Pollmeier, Lena Walper.

### Was ist anders in den Schulstufen? – Eine Analyse der Lehrplan-Rahmenbedingungen

Der naturwissenschaftliche Bereich des Sachunterrichts konnte in den letzten 13 Jahren zumindest bzgl. der Lehrplanvorgaben der Grundschule fest etabliert werden. Dazu hat auch der Perspektivrahmen der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts beigetragen (GDSU 2013). In Ermangelung von Standards für den Sachunterricht legten Fachvertreter der Didaktik des Sachunterrichts Empfehlungen für die im Sachunterricht zu erwerbenden Kompetenzen in fünf Perspektiven vor, von denen eine die naturwissenschaftliche Perspektive ist (neben der historischen, geografischen, sozialwissenschaftlichen und technischen Perspektive). Naturwissenschaftsbezogener Sachunterricht soll – nach diesen Empfehlungen – i.S. einer *scientific literacy* prozessbezogene und inhaltsbezogene Kompetenzen vermitteln sowie zur Förderung des Interesses an Naturwissenschaften beitragen. Das forschend-entdeckende Lernen, international auch unter dem Begriff *scientific inquiry* diskutiert, wird als zentrale Lernmethode genannt.

In den meisten Lehrplänen der 16 Bundesländer spiegelt sich inzwischen die Empfehlung für eine Berücksichtigung der naturwissenschaftsbezogenen Perspektive wider. Nach einer Lehrplansynopse von Efler-Mikat (2009) kommen die in der Tabelle aufgelisteten naturwissenschaftlichen Bereiche in der überwiegenden Zahl der Bundesländer vor (vgl. Tab. 1). Sowohl lebensweltliche, fächerübergreifende Bereiche (z. B. Wetter, Abfall) als auch fachbezogene Bereiche (z. B. Elektrizität, Stoffe und ihre Eigenschaften) sind vertreten. Viele der konkreten Themen ähneln sich in den meisten Bundesländern (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Zahl der Bundesländer (BL), in denen die genannten Bereiche bzw. Themen mit naturwissenschaftlichem Bezug im Lehrplan Sachunterricht vorkommen  
(Datengrundlage: Efler-Mikat, 2009)

Bereiche	BL	Themen	BL
Naturvorgänge erkunden und experimentieren	16	Thermometer	14
Feuer	16	Aggregatzustände	14
		Wasserreinigung	11
		Schwimmen und Sinken	13
Wasser	16	Eigenschaften von Magneten	13
Wetter	15	Licht und Schatten	12
Optische Phänomene	14	Lösungen/Mischungen	12
Magnetismus	13	Brennbarkeit	11
Akustische Phänomene	13	Versuche durchführen/beobachten/ dokumentieren	11
Abfall	12	Müllvermeidung	11
Luft	12	Stromgewinnung/-erzeugung	9
Stoffe und ihre Eigenschaften/ Lösungen-Mischungen	12	Schallausbreitung	9
Elektrizität	11	Eigenschaften von Luft	9

Während die Lehrpläne für den Sachunterricht relativ homogen sind, ist das Bild der Lehrpläne im Sekundarbereich vielschichtiger<sup>2</sup>. In den Schuljahren 5 und 6 überwiegen integrierte Fächer bzw. Fächerverbünde; Einzelfachstrukturen sind dagegen nur in drei Bundesländern zu finden. In den Schuljahren 7 und 8, insbesondere im Gymnasium, dominieren dagegen einzelfachliche Strukturen (vgl. Tab. 2). Die Differenzierung in

<sup>2</sup> Analysiert wurden Lehrpläne für die Hauptschule und das Gymnasium (Stand 12/2013).

Einzelfächer setzt in der überwiegenden Mehrzahl der Bundesländer also erst mit dem 7. Schuljahr ein. Ein Blick auf die in den Lehrplänen vertretenen Themen zeigt zudem, dass die für das 5. und 6. Schuljahr genannten Themen eine sehr hohe Ähnlichkeit mit den in den Grundschul-Lehrplänen vertretenen Themen haben, wie z. B. die Lehrpläne BW (Gym), BY (HS) und RP (HS) zeigen (BW: „Themenkreis Wasser“, „Themenkreis Magnetismus und Elektrizität“, „Themenkreis Luft und Feuer“; BY: „Lebensgrundlage Wasser“, „Lebensraum Wasser“, „Wahrnehmung von Licht und Schall“; RP: „Experimente mit dem elektrischen Strom“, „Experimente mit Dauermagneten“, „Experimente aus der Wärmelehre“, „Experimente zu Körpern und Stoffen“, „Experimente mit Wasser“, „Experimente mit Luft“). Insgesamt scheinen daher die Rahmenbedingungen für einen „weichen“ Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule im naturwissenschaftlichen Bereich durchaus günstig; zumindest lassen die Rahmenbedingungen nicht auf einen abrupten Bruch bzgl. des naturwissenschaftlichen Unterrichts im Übergang vom Primar- zum Sekundarbereich schließen.

*Tab. 2: Lehrplangliederungen für die Schuljahre 5/6 und 7/8 (Schrägstriche bedeuten additive Fächerverbünde, durch Komma getrennte Auflistungen zeigen getrennte Lehrpläne an)*

Land	Schuljahre 5 und 6		Land	Schuljahre 7 und 8	
	HS	Gym		HS	Gym
BW	Materie-Natur-Technik	Naturphänomene	BW	Materie-Natur-Technik	Phy
BY	Phy/Che/Bio	Natur und Technik	BY	Phy/Che/Bio	Nat. und Technik bis Ende 7, Phy ab 8, Che ab 9
BE	–	–	BE	Ph, Che	Phy, Che
BB	–	–	BB	Phy, Che	Phy, Che
HB	Naturwiss.	Naturwiss.	HB	Naturwiss.	Phy, Che
HH	Nat. u. Technik	Nat. u. Technik	HH	Nat. u. Technik	Phy, Che
HE	Bio	Bio, Phy ab 6	HE	Phy, Che ab 8	Phy, Che
MV	Naturwiss.	Naturwiss., Phy	MV	Phy, Che	Phy, Che
NI	Naturw. (Phy/Che)	Naturw. (Phy/Che)	NI	Phy, Che	Phy, Che
NW	Naturw. (Phy/Che)	Naturw. (Phy/Che)	NW	Phy, Che	Phy, Che
RP	Naturwiss.	Naturwiss.	RP	Phy/Che	Phy ab 7, Che ab 8
SL	Naturwiss. (überw. Bio)	Naturwiss. (überw. Bio)	SL	Naturwiss.	Phy, Che ab 8
SN	Phy ab 6	Phy ab 6	SN	Phy, Che ab 8	Phy, Che
ST	Phy ab 6	Phy ab 6	ST	Phy, Che	Phy, Che
SH	Naturwiss.	Naturwiss.	SH	Phy/Che	Phy
TH	Materie-Natur-Technik	Materie-Natur-Technik	TH	Phy, Che	Phy, Che

### **Der Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe – Das PLUS-Projekt**

Lehrpläne stellen sicherlich eine wichtige Rahmenbedingung für Unterricht dar. Wie aber sieht es in der Unterrichtspraxis aus? Deutsche und internationale Studien zeigen für die Grundschule, dass *hands-on*-Unterricht verbreitet ist, ein fragend-entwickelnder Unterricht eher selten vorkommt und die Kinder zum eigenen Forschen und Entdecken ermutigt werden (z. B. Gais & Möller 2006; Logan & Skamp 2008). Bzgl. des Sekundarbereichs liegt Evidenz dafür vor, dass der Unterricht häufig lehrerorientiert ist, dass wenig Raum für

individuelle Lernwege vorhanden ist, dass Klassengespräche überwiegen und dass Experimente häufig in Form von Demonstrationsexperimenten durchgeführt werden (z. B. Reyer et al. 2004; Seidel et al. 2007). Auf Seiten der Lehrkräfte gibt es einige Hinweise darauf, dass Grundschul-Lehrkräfte eher Generalisten mit einem begrenzten Fachwissen und sehr schülerorientierten Einstellungen sind, während Sekundarschul-Lehrkräfte ein höheres Fachwissen und eine ausgeprägtere Fachorientierung aufweisen (Gess-Newsome 1999; Harlen 1992). Schulstufenvergleichende Untersuchungen fehlen aber bisher in Deutschland. Zur Entwicklung von naturwissenschaftsbezogenen Interessen und Einstellungen in der Phase des Schulstufenübergangs liegen nur wenige internationale Untersuchungen vor (z. B. Logan & Skamp 2008; Speering & Rennie 1996).<sup>3</sup>

Das sog. PLUS-Projekt versucht, diese Forschungslücke zu schließen. Orientiert am Angebots-Nutzungs-Modell von Helmke (2010) und Lipowsky (2006) wurden das professionelle Wissen von Lehrkräften sowie ihre motivationalen Orientierungen, Merkmale des Unterrichts, die individuelle Wahrnehmung des Angebotes durch die Lernenden sowie die Wirkung auf kognitive, motivationale und selbstbezogene Zielkriterien in 60 nordrhein-westfälischen Grundschulklassen (4. Schuljahr) sowie 54 Sekundarschulklassen (6. Schuljahr) zunächst vergleichend in einer Querschnittstudie (QS) untersucht. In einer anschließenden Längsschnittstudie (LS) wurden zudem die Entwicklung der individuellen Wahrnehmung des physikbezogenen Unterrichts sowie die Entwicklung von Interesse und selbstbezogenen Kriterien vom 4. bis zum 7. Schuljahr mit jährlichen Fragebogenerhebungen erfasst. Abbildung 1 gibt einen Überblick über das Design der beiden Teilstudien.<sup>4</sup>

Folgende (hier nur ausgewählte) Fragestellungen wurden im Projekt thematisiert: Wie verändert sich das Interesse am physikbezogenen Unterricht vom 4. bis zum 7. Schuljahr (LS)? Wie nehmen Schüler/innen physikbezogenen Unterricht vom 4. bis zum 7. Schuljahr wahr (LS)? Welche Bedeutung hat der von den Schülern/innen wahrgenommene physikbezogene Unterricht für die Aufklärung von Interessensunterschieden zwischen den Schulstufen (QS)? Wie unterscheidet sich der physikbezogene Unterricht in der Grundschule und in der Sekundarstufe (QS)?

Die im Folgenden vorgestellten und bereits publizierten bzw. zur Veröffentlichung eingereichten Teilstudien leisten mit ihren Ergebnissen einen ersten Beitrag zur Beantwortung dieser Fragen.

#### *Längsschnittliche Untersuchung zur Entwicklung des Interesses*

Die Teilstudie zur Interessensentwicklung im Übergang von der Grundschule zur weiterführenden Schule wurde von Lena Walper<sup>5</sup> durchgeführt (Walper et al. 2014a, b, im Druck; Pollmeier et al. , im Druck b).

Die im Querschnitt erhobenen Schüler/innen des 4. Schuljahres wurden nach ihrem Übertritt in die weiterführende Schule vom 5. bis zum 7. Schuljahr verfolgt. Am Ende des 7. Schuljahres haben noch 443 Schüler/innen an der Datenerhebung im PLUS-Projekt teilgenommen. Dabei wurden die Gesamtklassen mit erhoben, so dass in der Sekundarstufe insgesamt ca. 5000 Schüler/innen an der Längsschnittuntersuchung (zu mindestens einem Zeitpunkt) beteiligt waren.

Für die Interessensentwicklung konnten 348 Schüler/innen vom 4. bis zum 7. Schuljahr mittels eines Schülerfragebogens zu ihrem individuellen Interesse an Physik und ihrem situationalen Interesse am Physikunterricht befragt werden. Während das individuelle Interesse als situationsübergreifendes Persönlichkeitsmerkmal verstanden wird, handelt es

<sup>3</sup> Zum Forschungsstand vgl. Walper et al. (2014b), Pollmeier et al. (2014) sowie Möller et al. (2013a).

<sup>4</sup> Eine zusammenfassende Darstellung zu Forschungsstand, Design und ersten Ergebnissen der PLUS-Studie findet sich in Möller et al. (2013a).

<sup>5</sup> Die berichteten Ergebnisse stammen aus der Dissertation von Walper (in Vorb.).

Projektjahr MZP	1.	2. (MZP 1)	3. (MZP 2)	4. (MZP 3)	5. (MZP 4)
Schuljahr					
4		<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>			
5			<input checked="" type="checkbox"/>		
6		<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
7					<input checked="" type="checkbox"/>

<b>Querschnitt</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Fragebogenerhebung: 60 Klassen der Primar- (davon 59 Klassen 4. Schuljahr und eine Klasse 3. Schuljahr; 1326 SuS) und 54 Klassen der Sekundarstufe (6. Schuljahr, 28 Klassen der Hauptschule, 26 Klassen des Gymnasiums, 1354 SuS)
	<input checked="" type="checkbox"/> Videoerhebung: 58 Klassen der Primar- und 52 Klassen der Sekundarstufe
<b>Längsschnitt</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Fragebogenerhebung: 1326 Schüler 1. MZP; 443 Schüler 4. MZP

Abb. 1: Design der PLUS- Studie mit Querschnitt- und Längsschnitterhebung

sich beim situationalen Interesse um eine stärker situativ ausgerichtete, durch die Lernumgebung beeinflusste Form gegenstandsbezogener Motivation (Krapp & Prenzel 2011).

Das Sample bestand überwiegend aus Schüler/innen, die nach dem Schulstufenübergang die Hauptschule oder das Gymnasium besuchten. Die Befragung zum situationalen Interesse fand aufgrund des Unterrichtsbezugs des Konstrukts ausschließlich in den Schuljahren mit physikbezogenem Unterricht statt.

Die Konstrukte wurden mittels eines Fragebogens erfasst (Kauertz et al. 2011; Walper et al. 2014b; Pollmeier et al. im Druck a, b). Bei der Beantwortung der Items zum situationalen Interesse am physikbezogenen Unterricht wurden die Schüler/innen aufgefordert, an die letzten beiden Physikthemen aus ihrem Sach- bzw. Physikunterricht zurückzudenken. Unmittelbar vor der Erhebung des individuellen Interesses wurden den Schüler/innen hingegen drei für beide Stufen typische Physikthemen vorgestellt, an die sie bei der Beantwortung der Items denken sollten. Reliabilitätsanalysen zeigen eine gute psychometrische Qualität der Skalen (Cronbachs Alpha .79 - .86; Walper et al. 2014b). Explorative Faktoranalysen belegen die theoretisch angenommene Unterscheidung der Konstrukte (Walper et al. 2014a). Weitere Analysen lassen zudem auf eine äquivalente Messung der Konstrukte in der Grundschule und der frühen Sekundarstufe schließen (Kleickmann 2011). Die Veränderung der Interessen vom 4. bis zum 7. Schuljahr wurde mithilfe von Varianzanalysen mit Messwiederholung (repeated-measures ANOVAs) untersucht. Für das individuelle Interesse standen vier Messzeitpunkte (MZP 1– MZP 4; vgl. Abb. 1) zur Verfügung. Die Analysen zur Entwicklung des situationalen Interesses wurden separat für verschiedene Beschulungsmuster (Pattern) durchgeführt (vgl. Tab. 3). Schüler/innen mit fehlenden Angaben zu einzelnen Messzeitpunkten blieben im Rahmen den jeweiligen Teilanalysen unberücksichtigt (Walper et al. 2014a, b).

Tab. 3: Beschulungsmuster und Pattern bei der Erfassung des situationalen Interesses und der Unterrichtswahrnehmung (Walper et al. 2014b; Pollmeier et al. 2014)

Pattern	N	Kl. 4 (MZP1)	Kl. 5 (MZP2)	Kl. 6 (MZP3)	Kl. 7 (MZP4)
1.	4	x	x	x	x
2.	3	x		x	x
3.	3	x	x		x
4.	3	x	x	x	
5.	2	x	x		
6.	2	x		x	
7.	2	x			x

Die Ergebnisse<sup>6</sup> weisen einen deutlichen Rückgang des individuellen Interesses vom 4. bis zum 7. Schuljahr auf. Der Befund zeigt sich nicht nur in der Gesamtstichprobe, sondern gleichermaßen für Hauptschüler und Gymnasiasten (Walper et al. 2014a, b).

Bzgl. der Entwicklung des situationalen Interesses zeigt Pattern 1 (vgl. Tab. 3), in dem ausschließlich Hauptschüler/innen berücksichtigt wurden, ebenfalls einen deutlichen Abfall. Bei den drei anderen Pattern<sup>7</sup> (Nr. 2, 3 und 6; vgl. Tab. 3) wurden die Gymnasiasten berücksichtigt. Bei diesen Schülern/innen geht das situationale Interesse noch stärker als bei den Hauptschülern/innen zurück, insbesondere direkt nach dem Schulstufenübergang vom 4. zum 5. Schuljahr.

Zu klären bleibt, ob und inwieweit der Interessensrückgang durch Veränderungen in den schulischen Settings im Schulstufenübergang mitbedingt sein könnte. Zur Beantwortung dieser Frage wurden weitere Analysen durchgeführt. Ein Vergleich der Interessenentwicklung von Schülern/innen mit und ohne physikbezogenen Unterricht zeigte in Bezug auf das individuelle Interesse weder im 5. noch im 7. Schuljahr Unterschiede zwischen diesen beiden Schülergruppen. Lediglich im 6. Schuljahr unterschied sich das Interesse der nicht unterrichteten Schüler/innen positiv von den unterrichteten Schülern/innen (Walper et al. 2014b, im Druck). Ein Zusammenhang zwischen dem Abfall des individuellen Interesses und dem erteilten Unterricht wird daher durch die Daten zunächst eher nicht gestützt – diese sollen allerdings noch vertieft im Zusammenhang mit dem sog. *big fish little pond*-Effekt (BLFP-Effekt) und den Daten aus den miterhobenen Gesamtklassen ausgewertet werden. In Bezug auf das situationale Interesse sehen die Befunde eindeutiger aus: Zunächst sprechen die ermittelten Intraklassenkorrelationen (durchgängig um 20 Prozent) für eine hohe Varianz zwischen den Klassen; das heißt, das situationale Interesse ist nicht nur durch die Klassenstufe, sondern deutlich auch durch die Klassenzugehörigkeit bestimmt, was auf einen Einfluss des Unterrichts auf das situationale Interesse hinweist (Walper et al. 2014b). Hinzu kommt der deutliche Bruch bei den Gymnasiasten zwischen dem situationalen Interesse im 4. und im 5. Schuljahr, was auf Veränderungen im Unterricht zwischen diesen beiden Jahrgangsstufen, also nach dem Schulwechsel, schließen lässt. Inwieweit tatsächlich ein Zusammenhang zwischen dem Unterricht – erfasst aufgrund der Schülerwahrnehmung – und dem Interesse besteht, wurde in weiteren Untersuchungen verfolgt, und zwar mittels Mehrebenen-Analysen (vgl. oben) und Schülerinterviews (Walper et al. 2014b, im Druck).

<sup>6</sup> Die detaillierten Ergebnisse finden sich in Pollmeier et al. (eingereicht).

<sup>7</sup> Die Pattern 4 und 5 bleiben wegen zu geringer Fallzahlen unberücksichtigt.

*Längsschnittuntersuchung zur Entwicklung der Wahrnehmung des physikbezogenen Unterrichts*

Die Teilstudie von Katharina Pollmeier<sup>8</sup> richtet sich auf die Untersuchung der Wahrnehmung des Unterrichts aus Sicht der Schüler/innen im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe. Die Unterrichtswahrnehmung gilt als mediierender Faktor für die Auswirkung von Unterrichtsangeboten auf kognitive, motivationale und selbstbezogene Zielvariablen bei den Lernenden (vgl. z. B. Gruehn 2000; Helmke 2003). Bisher gibt es nur wenige Studien, die den Grundschulunterricht aus Sicht der Schüler/innen erfassen (z. B. Fölling-Albers et al. 2008; Logan & Skamp 2008; Martin et al. 2008; Speering & Rennie 1996); längsschnittliche Studien zur Unterrichtswahrnehmung im Übergang von der Grundschule zur Sekundarschule fehlen. Im Rahmen der PLUS-Studie wurde aus diesem Grund der Frage nachgegangen, wie sich die Wahrnehmung der Schüler/innen in Bezug auf den physikbezogenen Unterricht vom 4. bis zum 7. Schuljahr entwickelt. Der Fokus der Teilstudie von Pollmeier liegt dabei auf der Wahrnehmung verstehensfördernder Unterrichtsmerkmale im Schulstufenübergang. Die Erfassung der Unterrichtswahrnehmung der Schüler/innen erfolgte durch einen Fragebogen (Kauertz et al. 2011; Pollmeier et al. 2014; Pollmeier et al. im Druck b). Skala 1 erfragte die Schüler/innen eine kognitive Aktivierung durch Schülerversuche wahrnehmen, Skala 2, ob die Schüler/innen Möglichkeiten hatten, eigenständig Versuche durchzuführen, Skala 3, inwieweit die Lehrkraft den Schüler/innen Raum für eigene Erklärungen und Deutungen gibt, Skala 4, inwieweit die Lehrperson Phänomene aus dem Alltag mit einbezieht und Skala 5, wie verständlich und klar die Schüler/innen die Kommunikation und Fachsprache der Lehrkraft wahrgenommen haben. Konfirmatorische Faktorenanalysen bestätigten die Struktur des Fragebogens. Die Reliabilitäten der Skalen waren zumindest zufriedenstellend (Pollmeier et al. 2014; Pollmeier et al. im Druck b). Die individuell wahrgenommenen Veränderungen vom 4. bis zum 7. Schuljahr wurden mit Hilfe von Varianzanalysen mit Messwiederholung (repeated-measurement ANOVAs) berechnet. Schüler/innen mit fehlenden Angaben zu einzelnen Messzeitpunkten blieben im Rahmen der jeweiligen Teilanalysen unberücksichtigt. Insgesamt konnten 348 Schüler/innen längsschnittlich verfolgt werden. Wie beim situationalen Interesse konnte die Wahrnehmung des physikbezogenen Unterrichts nur in den Schuljahren erfasst werden, in denen dieser Unterricht erteilt wurde, wodurch sich auch hier die o.g. Untersuchungspattern ergaben (vgl. Tab. 3). Aus Pattern 1 wurden wieder die Hauptschüler/innen bei den Analysen berücksichtigt; aus den Pattern 2, 3 und 6 die Gymnasiasten/innen.<sup>9</sup>

Die Ergebnisse<sup>10</sup> zeigen für die Hauptschüler/innen vom 4. bis zum 7. Schuljahr einen deutlichen Rückgang in der Wahrnehmung aller verstehensfördernden Unterrichtsmerkmale, mit Ausnahme des Alltagsbezugs. Besonders stark geht die Wahrnehmung praktischer Aktivitäten zurück. Hier ist der Rückgang vom 4. zum 5. Schuljahr, also nach dem Schulstufenübergang, zudem am ausgeprägtesten. Für die Gymnasiasten zeigt sich in allen Pattern ebenfalls ein deutlicher Rückgang in der Wahrnehmung verstehensfördernder Merkmale; die Skala Alltagsbezug weist bei zwei der Pattern keinen Rückgang auf. In allen drei Pattern nehmen auch die Gymnasiasten am ausgeprägtesten den Rückgang an praktischen Aktivitäten wahr.

Insgesamt zeigt sich also ein deutlicher Rückgang der Wahrnehmung von verständnisfördernden Merkmalen durch die Schüler/innen im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe. Es stellt sich die Frage, ob dieser Rückgang als ein Indiz für eine Veränderung des Unterrichts im Schulstufenübergang gedeutet werden kann. Eine alternative Erklärung hierfür wäre auch eine kritischere Sicht der Schüler/innen mit

<sup>8</sup> Die berichteten Ergebnisse stammen aus der Dissertation von Katharina Pollmeier (in Vorb.).

<sup>9</sup> Auch hier bleiben die Pattern 4 und 5 wegen der geringen Fallzahlen unberücksichtigt.

<sup>10</sup> Zu den detaillierten Ergebnissen vgl. Pollmeier et al. (eingereicht).

zunehmendem Alter. Allerdings sollte sich eine altersbedingte Wahrnehmungsveränderung dann auf alle Konstrukte gleichermaßen auswirken, was durch die vorliegenden Ergebnisse nicht gestützt wird. Auch die deutliche Veränderung der Unterrichtswahrnehmung nach dem Schulstufenübergang und eine eher gleichbleibende Einschätzung im 5. und 6. Schuljahr sprechen gegen diese alternative Deutung, so dass ein Zusammenhang zwischen wahrgenommenen Merkmalen und tatsächlichen Veränderungen im Unterricht anzunehmen ist. Der Verlauf des Rückgangs in der Wahrnehmung verstehensfördernder Unterrichtsmerkmale lässt vermuten, dass sich die Unterrichtsgestaltung nach Übertritt in die Sekundarstufe bruchartig ändert, im 5. und 6. Schuljahr relativ stabil zu bleiben scheint und sich dann vom 6. zum 7. Schuljahr noch einmal deutlich verändert. Vor dem Hintergrund der curricularen Rahmenbedingungen und der Veränderungen der Sekundarschul-Lehrpläne ab dem 7. Schuljahr scheint diese Vermutung plausibel. Anzumerken ist noch, dass der Alltagsbezug des Unterrichts in der Wahrnehmung der Schüler/innen am wenigsten bzw. nicht von Veränderungen betroffen zu sein scheint. Weitere Aufschlüsse über die Veränderung des Unterrichts aus Sicht der Schüler/innen sind von Schülerinterviews zu erwarten (Pollmeier et al. 2014, im Druck b).

#### *Unterrichtswahrnehmung und ihr Einfluss auf das physikbezogene Interesse (QS)*

Vorliegende Studien weisen darauf hin, dass Alltagsbezug, Klarheit sowie ein stärkeres Ausmaß an Schülerversuchen und schülergenerierten Erklärungen in der Grundschule ausgeprägter zu sein scheinen als in der Sekundarstufe (Hartinger 2005; Seidel et al. 2003). Empirische Studien und theoretische Überlegungen legen auch nahe, dass diese Unterrichtsmerkmale unvermittelt (z. B. Häussler & Hoffmann 2002; Seidel et al. 2005) oder vermittelt über das Erleben von Autonomie und Kompetenz (Hofstein & Lunetta 2004; Jovanovic & King 1998) positive Zusammenhänge mit dem Interesse der Schüler/innen aufweisen könnten. Aus diesem Grund untersucht eine Teilstudie von Steffen Tröbst im Rahmen des PLUS-Projektes den Zusammenhang zwischen den o.g. Unterrichtsmerkmalen und den physikbezogenen individuellen und situationalen Interessen der Schüler/innen im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe anhand der Querschnittdaten aus dem 4. und 6. Schuljahr (vgl. Tröbst et al. eingereicht). Außerdem geht die Teilstudie der Frage nach, inwieweit Unterschiede in den physikbezogenen Interessen zwischen Primar- und Sekundarstufe zumindest teilweise durch diese Unterrichtsmerkmale erklärt werden können (vgl. Tröbst et al. eingereicht). Im Folgenden werden einige Ergebnisse dieser Teilstudie vorgestellt und im Hinblick auf die o.g. Fragestellungen diskutiert.

Die Erfassung der Unterrichtsmerkmale erfolgte bei Tröbst et al. (eingereicht) auf Basis der oben beschriebenen Schülerwahrnehmung. Dabei wurden die Skalen *kognitiv aktivierende Schülerversuche* (Skala 1) und *praktische Aktivitäten* (Skala 2) zur Skala *Schülerversuche* verknüpft. Die aggregierten individuellen Wahrnehmungen der Schüler/innen einer Klasse bezüglich *Alltagsbezug*, *fehlende Klarheit*, *schülergenerierte Erklärungen* und *Schülerversuche* wurden als Indikatoren für das entsprechende Unterrichtsmerkmal auf Klassenebene betrachtet. Zusätzlich wurde das individuelle Wahrnehmen des Merkmals durch die einzelnen Schüler/innen kontrolliert. Das individuelle und situationale Interesse der Schüler/innen wurde, wie oben beschrieben, jeweils vor und nach der Unterrichtsreihe erfasst. Die Auswertung der Daten erfolgte mit Mehrebenen-Analysen.

Die Ergebnisse<sup>11</sup> zeigen zunächst deutliche Unterschiede im situationalen und individuellen Interesse zwischen den Grund- und Sekundarschülern/innen zugunsten der Grundschüler/innen. Die Unterrichtsmerkmale *Alltagsbezug*, *schülergenerierte Erklärungen* und *Schülerversuche* sowie die individuelle Wahrnehmung dieser weisen zudem unabhängig von der Schulstufe einen positiven Einfluss auf die situationalen und individuellen Interessen der

<sup>11</sup> Die detaillierten Ergebnisse finden sich bei Tröbst et al. (eingereicht).

Schüler/innen auf; *fehlende Klarheit* wirkt sich dagegen negativ auf die Interessen der Schüler/innen aus. Insbesondere die Merkmale *Schülerversuche* und – etwas geringer – *schülergenerierte Erklärungen* tragen zur Aufklärung des Zusammenhangs zwischen Schulstufe und dem situationalen wie auch dem individuellen Interesse bei. Es ist daher anzunehmen, dass diese zwei aus der Sicht der Schüler/innen wahrgenommenen Unterrichtsmerkmale das physikbezogene Interesse im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe beeinflussen.

*Unterschiede zwischen den Schulstufen im physikbezogenen Unterricht – eine vergleichende Analyse von Videos aus 4. und 6. Schuljahren (QS)*

Die oben berichteten Teilstudien fokussieren auf die Wahrnehmung von Unterrichtsmerkmalen durch die Schüler/innen. Die Teilstudie von Mira Laux<sup>12</sup> verwendet dagegen Beobachtungsdaten aus den im Rahmen der PLUS-Querschnittstudie aufgezeichneten Unterrichtsvideos (s. Abb. 1) und untersucht anhand dieser Daten Unterschiede in der Einbindung und Gestaltung von praktischen Aktivitäten im physikbezogenen Unterricht des 4. bzw. 6. Schuljahrs.

Für die Grundschule lagen 58 Videos, für die Sekundarstufe 52 Videos (27 Hauptschul- und 25 Gymnasial-Videos) von insgesamt 110 Lehrkräften vor. Die Videoanalyse erfolgte mit dem niedrig- bis mittelinferenten Instrument PACS (Practical Activity Category System), das auf der Basis eines Analyseinstruments von Tesch (2005) und anderer Instrumente (z. B. Forbes et al. 2013; Hugener 2006; Seidel 2003) entwickelt wurde (Laux et al. 2013). Die Analyse wurde im Time-Sampling-Verfahren (15 Sekunden-Slots) mithilfe des Computerprogramms „Videograph“ (Rimmele 2002) durchgeführt. Die Interrater-Reliabilität des Instruments war als gut bis sehr gut zu bewerten (Laux et al. 2013). Für die verschiedenen Kategorien von PACS wurde der prozentuale Zeitanteil der jeweiligen Kategorie an der Gesamtunterrichtszeit berechnet (Laux et al. 2013).

Der Vergleich zwischen Primar- und Sekundarstufe im Hinblick auf die Einbindung und Gestaltung praktischer Aktivitäten im physikbezogenen Unterricht zeigt Folgendes<sup>13</sup>: In der Grundschule wird deutlich mehr Zeit für das Durchführen von Versuchen, speziell von Schülerversuchen, und mehr Zeit für die praktische Arbeitsphase insgesamt aufgewendet; im Grundschulunterricht werden zudem mehr Alltagsgegenstände eingesetzt und Gruppenarbeit kommt häufiger, Plenumsgespräche dagegen seltener vor. Auch gibt es in der Grundschule weniger zeit- und arbeitsgleiche Aufgaben zur Durchführung der Versuche. Die Sitzordnung ist zudem seltener frontal und stattdessen häufiger in Form von Gruppentischen bzw. Stuhl- bzw. Theaterkreisen angeordnet (Laux et al. 2013).

Die mit Hilfe der Videoanalysen gefundenen Unterschiede zwischen dem Unterricht in Grund- und weiterführenden Schulen bestätigen die längsschnittlich und querschnittlich gefundenen, stufenbezogenen Wahrnehmungsunterschiede hinsichtlich des Ausmaßes an praktischen Aktivitäten, insbesondere bzgl. der Schülerversuche. Auch könnte das größere Ausmaß an Gruppenarbeit sowie die stärker auf Kommunikation der Lernenden untereinander ausgerichteten Organisationsformen mit der stärkeren Wahrnehmung von selbstgenerierten Erklärungen in Verbindung stehen. Hier sollen vertiefende Video-Analysen zur Inquiry-Orientierung des Unterrichts weiteren Aufschluss bringen (Laux in Vorb.). Zudem soll noch mit Hilfe von Mehrebenenanalysen untersucht werden, ob es Zusammenhänge zwischen dem aufgewendeten Zeitanteil für praktische Arbeitsphasen, insbesondere für Schülerversuche, sowie für Gruppenarbeit und dem situationalen Interesse der Lernenden gibt (Laux in Vorb.).

<sup>12</sup> Diese Teilstudie wird im Rahmen der Dissertation von Mira Laux durchgeführt (Laux in Vorb.).

<sup>13</sup> Zu den detaillierten Ergebnissen vgl. Laux et al. (2013).

### Zusammenfassung der Ergebnisse

Die oben berichteten Befunde aus der PLUS-Querschnitt- bzw. Längsschnittstudie geben zumindest erste Hinweise auf die Interessensentwicklung im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe und auf mögliche beeinflussende Faktoren. Die Längsschnittanalysen von Walper et al. sowie von Pollmeier et al. zeigen, dass sich sowohl die motivationalen Outcomes als auch die Wahrnehmung des Unterrichts durch die Schüler/innen im Übergang ändern: Direkt nach dem Schulstufenübergang weisen die von den Schülern/innen wahrgenommene Verständnisorientierung des Unterrichts und das auf den erteilten Unterricht bezogene Interesse einen starken Abfall auf, so dass von einem Bruch zwischen den Schulstufen auszugehen ist.

Diese längsschnittlichen Ergebnisse werden durch eine Teilstudie von Tröbst et al. mit der größeren Stichprobe des Querschnitts ergänzt: Der Vergleich zwischen dem 4. und 6. Schuljahr weist einen deutlichen Unterschied im individuellen und situationalen Interesse der Schüler/innen auf. Mehrebenen-Analysen zeigen zudem, dass die von den Schülern/innen individuell wahrgenommenen sowie die auf Klassenebene aggregierten Merkmale *Alltagsbezug*, *Schülerversuche* und *schülergenerierte Erklärungen* sich positiv sowohl auf das individuelle als auch auf das situationale Interesse auswirken, das Merkmal *fehlende Klarheit* sich dagegen negativ auf diese Variablen auswirkt. Dem Merkmal *Schülerversuche* und, etwas abgeschwächt, dem Merkmal *schülergenerierte Erklärungen* scheint dabei eine besondere Bedeutung für die Interessensunterschiede zwischen den Schulstufen zuzukommen. Diese scheinen zumindest teilweise durch die wahrgenommenen Unterrichtsmerkmale *Schülerversuche* und – etwas geringer – durch *schülergenerierte Erklärungen* erklärt werden zu können.

Die wahrgenommenen Unterschiede im Ausmaß der eingesetzten Schülerversuche werden durch Videoanalysen erhärtet. Auch die hierfür genutzten Daten stammen aus dem PLUS-Querschnitt. Es zeigte sich in niedrig- bis mittelinferenten Kodierungen, dass in der Grundschule Schülerversuche deutlich häufiger vorkommen als in der Sekundarstufe. Auch zeigten sich ein häufigerer Einsatz von Gruppenarbeit und ein größeres Ausmaß an für die Kommunikation günstigen Organisationsformen.

Unter Berücksichtigung der Theorie von Deci und Ryan (2000), in der die Bedeutung der sozialen Eingebundenheit sowie des Autonomie- und Kompetenzerlebens für die Entwicklung von Interesse ausgeführt wird, könnten die Ergebnisse dafür sprechen, dass physikbezogener Grundschulunterricht mit häufiger vorkommenden Schülerversuchen, häufigeren Gruppenarbeitsphasen und einer stärkeren Berücksichtigung von eigenen Erklärungen (*schülergenerierte Erklärungen*) den Bedürfnissen der Lernenden eher entgegen kommt als der physikbezogene Unterricht nach dem Übergang in die weiterführende Schule. Dadurch könnte das Absinken des situationalen Interesses im physikbezogenen Unterricht der Sekundarstufe zumindest mitbedingt sein. Während sich die oben genannten Merkmale mit einem Absinken des unterrichtsbezogenen Interesses in Verbindung bringen lassen, klären der *Alltagsbezug* des Unterrichts und die *fehlende Klarheit* im Unterricht den zwischen den Schulstufen festgestellten Interessensunterschied nur in geringerem Maße auf. Dies könnte damit zusammenhängen, dass beide Merkmale im Längsschnitt weniger deutliche bzw. keine Rückgänge aufweisen. Inwieweit über das situationale Interesse auch individuelle Interessen beeinflusst werden können, lässt sich anhand der bisherigen Untersuchungen noch nicht beantworten. Nähere Aufschlüsse hierzu werden von Mediatoranalysen erwartet.

Weitere Hinweise für Effekte des Unterrichts auf das Interesse der Schüler/innen im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe sind von der Dissertation von Katharina Fricke (in Vorb.) zu erwarten. Sie analysiert anhand von Daten aus dem PLUS-Querschnitt Unterschiede zwischen den Stufen und den Zusammenhang zwischen der Klassenführung und dem Fachinteresse an Physik nach dem Unterricht mit Hilfe von Mehrebenen-Analysen.

Die Klassenführung wird dabei sowohl anhand von Schülerwahrnehmungen, erhoben mittels Fragebogen, als auch durch Videoanalysen erfasst. Abhängige Variable ist das Fachinteresse der Schüler/innen nach dem durchgeführten Unterricht; es wurde ebenfalls mit einem Fragebogen abgefragt (zur Beschreibung der Skalen vgl. Möller et al. 2013a; Kauertz et al. 2011). Die Ergebnisse (Fricke in Vorb.; Möller et al. 2013a) zeigen: Bei den untersuchten Merkmalen der Klassenführung zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den drei untersuchten Schulformen. Auf der Individualebene haben sowohl die Schülerwahrnehmung der Disziplin als auch die der Störungsprävention einen Einfluss auf das Fachinteresse. Auf Klassenebene zeigt sich, dass sich das per Videoanalyse erfasste Ausmaß an Hektik im Unterricht negativ auf das Fachinteresse der Schüler/innen auswirkt. Dieser Befund zum Zusammenhang zwischen Klassenführung und Interesse könnte darauf hindeuten, dass auch Faktoren, die das allgemeine Unterrichtsklima betreffen, insbesondere diejenigen, die von den Lernenden als störend empfunden werden, einen negativen Einfluss auf das Interesse im Schulstufenübergang haben könnten.

### **Folgerungen und Ausblick**

Bezüglich der physikbezogenen Interessensentwicklung scheint der Schulstufenübergang nach den vorliegenden Befunden eine kritische Stelle im Schulsystem zu sein. Änderungen in der Gestaltung des Unterrichts und in der Wahrnehmung des Unterrichts durch die Lernenden scheinen für das Absinken des situationalen Interesses zumindest mitverantwortlich zu sein. Inwieweit darüber hinaus auch das individuelle Interesse beeinflusst wird, bleibt an dieser Stelle noch offen. Offen bleibt auch die Frage nach der Bedeutung des BFLP-Effekts bei der Interessensentwicklung; dieser Frage soll im Zusammenhang mit den Auswertungen der miterhobenen Gesamtklassen weiter nachgegangen werden. Auch methodische Fragen sind noch zu klären: Was würden z. B. latente Modellierungen der Längsschnittdaten oder ein anderer Umgang mit fehlenden Werten ergeben?

Welche Hinweise lassen sich trotz dieser noch offenen Fragen aus den derzeitigen Befunden für die Unterrichtsgestaltung gewinnen? Die Ausführungen oben haben gezeigt, dass die äußeren Rahmenbedingungen der Lehrpläne einem relativ allmählichen Übergang von einem integrierten, physikbezogenen Sachunterricht zu einem in Fächerverbänden organisierten Unterricht, wie er inzwischen in den meisten Bundesländern in den Schuljahren 5 und 6 realisiert ist, prinzipiell nicht im Wege stehen. Die Fächerorganisation scheint daher weniger der Hebel zu sein, an dem anzusetzen ist. Auch dem häufig beklagten Mangel an Alltagsbezug der physikalischen Themen kommt nach den vorliegenden Befunden nicht die vielleicht erwartete Bedeutung für das situationale Interesse zu; viele der in den Lehrplänen des Sekundarbereichs für die Schuljahre 5 und 6 aufgelisteten Themenbeispiele ähneln sehr stark den in der Grundschule angegebenen, lebensweltlich orientierten Themen. Als zentrale Forderung ergibt sich dagegen aus den berichteten Befunden eine stärkere aktive Beteiligung der Schüler/innen im physikbezogenen Sekundarschulunterricht: Ein „Mehr“ an gut gestalteten Schüler-Experimenten, Möglichkeiten für die Schüler/innen, eigene Erklärungen und Deutungen in den Unterricht einzubringen und die Berücksichtigung dieser Vorstellungen im Unterrichtsverlauf sollten das situationale Interesse am physikbezogenen Unterricht steigern können. Angesprochen sind mit diesen Merkmalen Charakteristika, wie sie oft im Zusammenhang mit sozial-konstruktivistisch orientierten Unterrichtskonzepten verbunden sind, wobei es nicht allein um eine Steigerung äußerer Aktivitäten geht, sondern um die Verknüpfung dieser mit kognitiven Aktivitäten der Lernenden.

Insgesamt sollte dem Schulstufenübergang aus fachdidaktischer Sicht mehr Aufmerksamkeit als bisher gewidmet werden. Im Gegensatz zu vielen Ländern gibt es in Deutschland kaum schulstufenübergreifende Curricula mit aufeinander abgestimmten inhalts- sowie prozessbezogenen Kompetenzerwartungen. Zwar finden die sog. learning progressions

(Alonzo 2012) in fachdidaktischen Diskussionen Aufmerksamkeit, doch fehlt es an Forschungen zu stufenspezifischen Verortungen in der Entwicklung und Förderung von Konzepten. Viele Curricula für die Sekundarstufe wiederholen zudem bereits in der Grundschule Erarbeitetes auf nahezu gleichem Level; in anderen Bereichen findet kaum Vorbereitung auf die in der Sekundarstufe vorausgesetzten Kompetenzen statt. Um diesem Mangel zu begegnen, wurde von einer Gruppe von Elementar-, Sachunterrichts- und Physikdidaktikern/innen ein vom Elementarbereich bis zum 7. Schuljahr reichendes Curriculum mit aufeinander aufbauenden prozess- sowie inhaltsbezogenen, naturwissenschaftlichen Kompetenzen am Beispiel des Themas Magnetismus entwickelt (Möller et al. 2013b; Steffensky & Hardy 2013; von Aufschnaiter & Wodzinski 2013). Das Curriculum wird zudem auf jeder Bildungsstufe nach dem Prinzip der sog. „Klassenkisten“ durch Kisten mit Experimentiermaterialien begleitet, um eine hohe Eigentätigkeit der Lernenden durch Schülerexperimente zu ermöglichen.

Auch die Lehreraus- und -weiterbildung sollte unter dem Aspekt des Schulstufenübergangs reflektiert werden. Stufenübergreifende Aus- bzw. Fortbildungsmodule sollten einen Einblick in die jeweils benachbarte Stufe ermöglichen und die jeweiligen Anschlussstellen im Übergang zur nachfolgenden Stufe herausarbeiten: So könnte z. B. bereits in der ersten Phase der Lehrerbildung ein Einblick in Curricula und Unterricht der jeweilig benachbarten Bildungsstufe gegeben werden. Die in Grundschule und Sekundarstufe arbeitenden Lehrpersonen könnten zudem stärker als bisher zusammenarbeiten: Sinnvoll wäre ein Austausch über die in der jeweiligen Stufe vermittelten Kompetenzen, Einblicke in den Unterricht der benachbarten Schulstufe sowie das Abstimmen inhaltlicher Curricula über die Schulstufe hinweg. In dem Projekt MINTeinander, das in Zusammenarbeit zwischen der Deutsche Telekom Stiftung und der Universität Münster durchgeführt wird, wird die Implementation einer solchen stufenübergreifenden Kooperation anhand konkreter Spiralcurricula derzeit bundesweit unter Beteiligung von 100 Kindergärten, Grundschulen und weiterführenden Schulen erprobt.<sup>14</sup> Hilfreich wären auch Videoportale mit Unterrichtsbeispielen aus den benachbarten Schulstufen. Für die Grundschule liegt ein solches Portal mit Aufzeichnungen aus dem naturwissenschaftlichen Sachunterricht vor (<http://www.uni-muenster.de/Koviu/>).

Insgesamt ist zu wünschen, dass unter Fachdidaktikern, Lehrpersonen und Studierenden das Interesse an dem naturwissenschaftlichen Unterricht in der benachbarten Stufe zunimmt und der Übergang von der Primarstufe in die weiterführende Schule als kritisches Ereignis für die Entwicklung von physikbezogenen Interessen stärkere Beachtung als bisher findet.

#### Literatur

- Alonzo, A. (2012). Learning progressions: significant promise, significant challenge. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15, 95–109.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The „what“ and „why“ of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268.
- Efler-Mikat, D. (2009). *Synopse der Lehrpläne der deutschen Bundesländer für das Fach Sachunterricht in der Grundschule*. Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften. urn:nbn:de:0111-opus-18135.
- Fölling-Albers, M., Haider, M., & Haider, T. (2008). Wie rekonstruieren Grundschüler/innen ihren Unterricht? *Unterrichtswissenschaft*, 36(4), 327–345.
- Forbes, C. T., Biggers, M., & Zangori, L. (2013). Investigating essential characteristics of scientific practices in elementary science learning environments: The practices of science observation protocol (PSOP). *School Science and Mathematics*, 113, 180–190.
- Fricke, K. (in Vorb.). *Classroom management and its impact on lesson outcomes in physics – a multiperspective comparison of teaching practices in primary and secondary school*. Dissertationsschrift.

<sup>14</sup> An der Implementation des *Spiralcurriculums Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen* sind Kornelia Möller, Ilonca Hardy, Peter Labudde, Miriam Leuchter und Mirjam Steffensky beteiligt.

- Gais, B., & Möller, K. (2006). Verstehen förderndes Lehrerhandeln im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – eine Videostudie. In D. Cech, H.-J. Fischer, W. Giese-Holl, M. Knörzer, & M. Schrenk (Hrsg.), *Bildungswert des Sachunterrichts* (S. 211–226). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- GDSU. (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht. Vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gess-Newsome, J. (1999). Expanding questions and extending implications: A response to the paper set. *Science Education*, 83, 385–391.
- Gruehn, S. (2000). *Unterricht und schulisches Lernen*. Münster: Waxmann.
- Häussler, P., & Hoffmann, L. (2002). An intervention study to enhance girls' interest, self-concept, and achievement in physics classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 870–888.
- Harlen, W. (1992). Research and the development of science in the primary school. *International Journal of Science Education*, 14(5), 491–503.
- Hartinger, A. (2005). Verschiedene Formen der Öffnung von Unterricht und ihre Auswirkungen auf das Selbstbestimmungsempfinden von Grundschulkindern. *Zeitschrift für Pädagogik*, 51, 397–414.
- Helmke, A. (2003). *Unterrichtsqualität: erfassen, bewerten, verbessern*. Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Helmke, A. (2010). *Unterrichtsqualität und Lehrer Professionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Klett-Kallmeyer.
- Hoffmann, L., Häußler, P., & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28–54.
- Hugener, I. (2006). Sozialformen und Lektionsdauer. In E. Klieme, C. Pauli, & H. Reusser (Hrsg.), *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsverfahren zur schweizerisch-deutschen Videostudie. Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis* (Bd. 15 Materialien zur Bildungsforschung. Teil 3, S. 55–61). Zürich: Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung.
- Jovanovic, J., & King, S. S. (1998). Boys and girls in the performance-based science classroom: Who's doing the performing? *American Educational Research Journal*, 35, 477–496.
- Kauertz, A., Kleickmann, T., Ewerhardy, A., Fricke, K., Lange, K., Ohle, A., et al. (2011). *Dokumentation der Erhebungsinstrumente im Projekt PLUS*. Eigenverlag, Forschergruppe und Graduiertenkolleg nwu-essen, Essen.
- Kleickmann, T. (2011). Was passiert mit dem Interesse an Physik im Übergang von der Grundschule in die Sekundarstufe? In D. Kucharz, T. Irion, & B. Reinthoffer (Hrsg.), *Grundlegende Bildung ohne Brüche* (S. 223–226). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kleickmann, T., Brehl, T., Saß, S., Prenzel, M., & Köller, O. (2012). Naturwissenschaftliche Kompetenzen im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In W. Bos, H. Wendt, O. Köller, & C. Selzer (Hrsg.), *TIMSS 2011. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 123–169). Münster: Waxmann.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie, Erziehung, Unterricht*, 44, 185–201.
- Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27–50.
- Laux, M. (in Vorb.). *Inquiry-Orientierung im naturwissenschaftlichen Unterricht der Primar- und Sekundarstufe – eine vergleichende Videoanalyse im Rahmen des PLUS-Projekts*. Dissertationsschrift.
- Laux, M., Möller, K., & Lange, K. (2013). Schulstufenspezifische Unterschiede bzgl. der Implementierung von praktischen Aktivitäten im naturwissenschaftlichen Unterricht. In S. Bernholt (Hrsg.) *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik* (Jahrestagung in Hannover 2012, S. 692–694). Kiel: IPN.
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. In C. Allemann-Ghionda & E. Terhart (Hrsg.), *Kompetenz und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik* (Bd. 51, S. 47–70). Landsberg: Beltz.
- Logan, M., & Skamp, K. (2008). Engaging students in science across the primary secondary interface: Listening to the students' voice. *Research in Science Education*, 38, 501–527.
- Martin, M. O., Mullis, I. V., & Foy, P. (2008). *TIMSS 2007 International Science Report. Findings from IEA's trends in international mathematics and science study at the fourth and eighth grades*. Chestnut Hill: TIMSS PIRLS International Study Center, Boston College.
- Möller, K., Kleickmann, T., & Lange, K. (2013a). Naturwissenschaftliches Lernen im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe. In H. E. Fischer & E. Sumfleth (Hrsg.), *nwu-essen – 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 57–120). Berlin: Logos.

- Möller, K., Bohrmann, M., Hirschmann, A., Wilke, T., & Wyssen, H.-P. (2013b). *Spiralcurriculum Magnetismus. Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen – Primarbereich* (Bd. 2). Hrsg. von K. Möller. Seelze: Friedrich.
- Pollmeier, K. (in Vorb.). *Die Wahrnehmung verstehensfördernder Merkmale durch die Lernenden im physikbezogenen Unterricht der Primar- und Sekundarstufe. Eine Längsschnittanalyse von der vierten bis zur siebten Klasse*. Dissertationsschrift.
- Pollmeier, K., Lange, K., Kleickmann, T., & Möller, K. (2014). Students' perception of their physics-related instruction from primary to secondary school. A longitudinal analysis from 4th to 7th grade in Germany. In C. P. Constantinou, N. Papadouris, & A. Hadjigeorgiou (Hrsg.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Part 16* (co-ed. P. Kariotoglou, T. Russell, S. 51–60). Nicosia: European Science Education Research Association.
- Pollmeier, K., Lange, K., & Möller, K. (im Druck a). Wie nehmen Schüler/innen ihren Physikunterricht von der 4. bis zur 7. Klasse wahr? 40. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCCP), München.
- Pollmeier, K., Walper, L.M., Lange, K., Kleickmann, T., & Möller, K. (im Druck b). Vom Sachunterricht zum Fachunterricht – Physikbezogener Unterricht und Interessen im Übergang von der Primar zur Sekundarstufe. Zeitschrift für Grundschulforschung.
- Prenzel, M., Geiser, H., Langeheine, R., & Lobemeier, K. (2003). Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. In W. Bos, E.-M. Lankes, M. Prenzel, K. Schwippert, G. Walther, & R. Valtin (Hrsg.), *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 143–187). Münster: Waxmann.
- Reyer, T., Trendel, G., & Fischer, H. E. (2004). Was kommt beim Schüler an? – Lehrerintentionen und Schülerlernen im Physikunterricht [What reaches to the students? Teachers intentions and student learning in physics instruction]. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 195–211). Münster: Waxmann.
- Rimmele, R. (2002). *Videograph – Multimedia-Player zur Kodierung von Videos*. Kiel: IPN.
- Seidel, T. (2003). Videobasierte Kodierverfahren in der IPN Videostudie Physik – ein methodischer Überblick. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit, & M. Lehrke (Hrsg.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“* (S. 99–111). Kiel: IPN.
- Seidel, T., Prenzel, M., Wittwer, J., & Schwindt, K. (2007). Unterricht in den Naturwissenschaften [Instruction in science education]. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie* (S. 147–179). Münster: Waxmann.
- Seidel, T., Rimmele, R., & Prenzel, M. (2003). Gelegenheitsstrukturen beim Klassengespräch und ihre Bedeutung für die Lernmotivation. *Unterrichtswissenschaft*, 31, 142–165.
- Seidel, T., Rimmele, R., & Prenzel, M. (2005). Clarity and coherence of lesson goals as a scaffold for student learning. *Learning and Instruction*, 15, 539–556.
- Speering, W., & Rennie, L. (1996). Students' perceptions about science: The impact of transition from primary to secondary school. *Research in Science Education*, 26(3), 283–298.
- Steffensky, M., & Hardy, I. (2013). *Spiralcurriculum Magnetismus. Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen – Elementarbereich* (Bd. 1). Hrsg. von K. Möller. Seelze: Friedrich.
- Tesch, M. (2005). *Das Experiment im Physikunterricht – Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*. Berlin: Logos.
- Tröbst, S., Kleickmann, T., Lange, K., Ewerhardy, A., & Möller, K. (eingereicht). Instructional practices and the decline of students' interest in science: An analysis of German fourth- and sixth-grade classrooms.
- von Aufschnaiter, C., & Wodzinski, R. (2013). *Spiralcurriculum Magnetismus. Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Sekundarbereich* (Bd. 3). Hrsg. von K. Möller. Seelze: Friedrich.
- Walper, L. (in Vorb.). *Entwicklung der physikbezogenen Interessen und selbstbezogenen Kognitionen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangphase von der Primar- in die Sekundarstufe. Eine Längsschnittanalyse vom vierten bis zum siebten Schuljahr*. Dissertationsschrift.
- Walper, L. M., Lange, K., Kleickmann, T., & Möller, K. (2014a). Physikbezogene Interessen und selbstbezogene Kognitionen von Schülerinnen und Schülern – wie entwickeln sie sich vom vierten bis zum siebten Schuljahr? In H.-J. Fischer, H. Giest, & M. Peschel (Hrsg.), *Lernsituationen und Aufgabenkultur im Sachunterricht* (S. 155–164). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Walper, L. M., Lange, K., Kleickmann, T., & Möller, K. (2014b). Students' physics-related interests in the transition from primary to secondary school – How do they change and what instructional practices influence them? In C. P. Constantinou, N. Papadouris, & A. Hadjigeorgiou (Hrsg.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research for Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Part 16* (co-ed. P. Kariotoglou, T. Russell, S. 61–70). Nicosia: European Science Education Research Association.

- Walper, L. M., Lange, K., & Möller, K. (im Druck). Beeinflusst der Unterricht die Entwicklung physikbezogener Interessen? 40. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP), München.
- Wittwer, J., Saß, S., & Prenzel, M. (2008). Naturwissenschaftliche Kompetenz im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse [Science competencies in international comparison: Test conception and results]. In W. Bos, M. Bonsen, J. Baumert, M. Prenzel, C. Selzer, & W. Walther (Hrsg.), *Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 87–123). Münster: Waxmann.

Dorothee Brovelli<sup>1</sup>  
 Markus Rehm<sup>2</sup>  
 Markus Wilhelm<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Luzern  
<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg

## **Integrierte naturwissenschaftliche Lehrerbildung Entwicklung professioneller Kompetenz bei Lehramtsstudierenden**

### **Disziplinäre und integrierte Naturwissenschaften in Schule und Lehrerbildung**

Der Naturwissenschaftsunterricht findet heute an allgemeinbildenden Schulen in mehreren Bundesländern sowie in der Schweiz in naturwissenschaftlichen Fächerverbänden statt. Obwohl der fächerübergreifende Unterricht zumindest in einigen Schulformen gängige Praxis geworden ist, bauten bisher nur wenige Hochschulen eine integrierte Lehrerbildung auf, die die naturwissenschaftlichen Disziplinen vereint, kombiniert bzw. integriert.

Die Bedenken gegen einen fächerübergreifenden Unterricht richten sich dementsprechend auch auf die Ausbildung der Lehrkräfte, die den Anforderungen des fächerübergreifenden Unterrichts nur teilweise entspricht. So folgern Bröll und Friedrich (2012) nach einer Bestandsaufnahme zur Qualifikation der Lehrkräfte für den Unterricht im Fach „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ (NWA) in Baden-Württemberg: „... offensichtlich führt die Lehrerausbildung in ihrer jetzigen Form nicht zu den erforderlichen Qualifikationen, die Lehrkräfte benötigen, um das Fach NWA unterrichten zu können.“ Um die Chancen des fächerübergreifenden Unterrichts nutzen zu können, müssten gemäß Labudde (2003) vermehrt Aus- und Weiterbildungsangebote geschaffen werden, die die Lehrkräfte in ihrem Engagement unterstützen können. Rehm, Bündler, Haas, Buck, Labudde, Brovelli, Östergaard, Rittersbacher, Wilhelm, Genseberger und Svoboda (2008) weisen darauf hin, dass sich Lehrkräfte, die in einem disziplinären Studiengang nur ein oder zwei naturwissenschaftliche Fächer studiert haben, ein integriertes Fach „nicht anders als aus biologischen, chemischen und physikalischen Versatzstücken in additiver Weise vorstellen“ (Rehm et al., 2008, S. 100) können. Auch von Seiten der Lehrkräfte wird die mangelnde Fachausbildung als Einwand gegen einen integriertem Naturwissenschaftsunterricht genannt (Jürgensen, 2005, S. 200). Da aufgrund von Lehrermangel in der Chemie und Physik vielerorts Biologielehrkräfte den fächerübergreifenden Unterricht übernehmen, werden zudem von Lehrkräften und Lehrerverbänden eine Kaschierung dieser Problematik und eine Schwächung des Chemie- und Physikunterrichts befürchtet (Stüben, 2013; VBE, 2004).

Tatsächlich lässt sich belegen, dass ohne ein adäquates integriertes Lehramtsstudium der Unterricht in naturwissenschaftlichen Fächerverbänden vorwiegend (teil-)fachfremd und besonders oft von Biologielehrkräften erteilt wird und dass sich daraus Probleme ergeben. In Großbritannien beispielsweise stellen Smithers und Robinson (2006, S. 49) für den naturwissenschaftlichen Fächerverbund „combined science“ fest: „... nearly five times as many biology as physics graduates are recruited to teach combined science“. Im deutschsprachigen Raum liegen für Baden-Württemberg entsprechende Daten vor, und zwar von 954 Lehrkräften, die 2009/10 NWA unterrichteten (Bröll & Friedrich, 2012). Sie zeigen auf, dass zwar nur wenige Lehrkräfte (12.7%) NWA ganz fachfremd unterrichten, aber nur 1.5% alle drei naturwissenschaftlichen Fächer (Biologie, Chemie und Physik) studiert haben. Der überwiegende Teil der Lehrkräfte (70.9%) hat nur eines der Fächer studiert hat – am häufigsten Biologie. Diese Lehrkräfte geben zudem an, sich in den Fächern Chemie und Physik nicht hinreichend kompetent zu fühlen. Insgesamt geben 65% der befragten Lehrkräfte an, sich nicht oder eher nicht ausreichend für den NWA-Unterricht vorbereitet zu fühlen (Bröll & Friedrich, 2012).

Auch in der Schweiz, wo der integrierte Naturwissenschaftsunterricht eine längere Tradition hat, stellt sich die Situation ähnlich dar. Hier liegen zwar keine umfassenden Daten zur

Qualifikation der Lehrkräfte vor, aber aus der Analyse der Stichprobe einer Pilotstudie von Lagler und Wilhelm (2013) aus der Zentralschweiz kann auf den Ausbildungsstand der Lehrkräfte geschlossen werden. Von den 110 befragten Lehrkräften, die ihre Lehramtsausbildung vor 2008 abgeschlossen hatten (d. h. bevor die ersten Lehrpersonen mit einem integrierten Naturwissenschaftsstudium die Arbeit aufnahmen), unterrichten 75% der Lehrkräfte das integrierte Fach „Naturlehre“, ohne auf der Tertiärstufe Physik (als Haupt- oder Nebenfach) studiert zu haben. 57% haben keine Chemie an einer Hochschule belegt und 19% gar keine Naturwissenschaften. Auch in dieser Pilotstudie mit insgesamt 122 Lehrkräften und ihren Schülerinnen und Schülern werden die Probleme des (teil-) fachfremden Unterrichts offensichtlich: Fachfremdes Unterrichten im 7. bis 9. Schuljahr (z. B. durch Biologielehrkräfte) führt in Chemie und Physik zu einem signifikant geringeren Fähigkeitsselbstkonzept der Schülerinnen und Schüler ( $p < .001$ , Effektstärke  $d = 1.89$ ). Außerdem liefert die Studie Hinweise darauf, dass das fachbezogene Studium der Lehrkraft als Prädiktor für die Testleistung ihrer Schülerinnen und Schüler in Physik und Chemie dienen kann. Entsprechende Zusammenhänge konnten für ein fachfremdes Unterrichten in Biologie nicht nachgewiesen werden. Die Autoren werten die Ergebnisse als Bestätigung der These, dass fachfremde Lehrpersonen die ihnen weniger vertrauten Lehrplaninhalte in ihrem Unterricht auf ein Minimum reduzieren und folgern, dass die „Ausbildung einer Lehrkraft nicht nur einen qualitativen, sondern durchaus auch einen inhaltlich-quantitativen Einfluss auf den Unterricht haben kann“ (Lagler & Wilhelm, 2013, S. 19).

Um die genannten Probleme einer ungenügenden Passung zwischen der Lehrerbildung und den Anforderungen eines integrierten Naturwissenschaftsunterrichts zu vermeiden, bietet die PH Luzern seit 2003 als erste Hochschule im deutschsprachigen Raum einen solchen integrierten und am Berufsfeld orientierten Lehramtsstudiengang für die Sekundarstufe I (7. bis 9. Schuljahr) an. Dabei werden die Naturwissenschaften und ihre Fachdidaktiken sowohl in den einzelnen Disziplinen (Biologie, Chemie und Physik) studiert als auch in interdisziplinären Themenfeldern. Während die anderen pädagogischen Hochschulen der Schweiz zunächst disziplinäre Lehramtsstudiengänge für die Sekundarstufe I anboten, wechseln einige (z. B. PH Bern) jetzt zu integrierten Studiengängen und andere (z. B. PH St. Gallen und PH Zürich) bilden zwar weiter vorwiegend disziplinär aus, verlangen von den Lehramtsstudierenden aber neben der Schwerpunktsetzung in einem naturwissenschaftlichen Fach (z. B. Biologie) auch den Besuch von Modulen in den beiden anderen Disziplinen (z. B. Physik und Chemie). Auch in Deutschland entstehen erste integrierte Lehramtsstudiengänge. Die FU Berlin bietet seit 2009 ein Studienfach „Integrierte Naturwissenschaften“ für Lehramtsstudierende im Bereich der sechsjährigen Berliner Grundschule an, das gezielt auf den Unterricht im Fach „Naturwissenschaften 5/6“ vorbereiten soll (Bolte & Ramseger, 2012). An der Universität Regensburg wurde 2009 im Rahmen des Studiums für das Lehramt an Grund- und Hauptschulen ein „Integriertes Didaktikfach Naturwissenschaft und Technik (NWT)“ eingeführt (Göhring, 2012).

### **Studiengang Integrierte Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I der PH Luzern**

Im Gegensatz zu den genannten Ansätzen für integrierte Lehramtsstudiengänge in Deutschland qualifiziert der an der PH Luzern angebotene Studiengang für den Unterricht auf der gesamten Sekundarstufe I (d. h. 7. bis 9. Schuljahr), unabhängig von der Schulform (d. h. Hauptschule, Realschule und Progymnasium). Für den Vergleich von Lehramtsstudiengängen sind weitere Unterschiede zwischen dem Studium an der PH Luzern (sowie den meisten Schweizer PHs) und Lehramtsstudiengängen an deutschen Hochschulen bedeutsam: So ist das Schweizer Lehramtsstudium einphasig aufgebaut, was bedeutet, dass die praktischen Ausbildungsteile während des Studiums an der Hochschule absolviert werden. Anstelle eines Referendariats werden in den ersten Studiensemestern Halbtagespraktika an Schulen durchgeführt und später mehrwöchige Blockpraktika in den

Semesterferien. Nach einer Regelstudienzeit von 9 Semestern kann der Masterabschluss (Master of Arts in Secondary Education) erworben werden, der die Unterrichtsbefähigung für in der Regel vier Schulfächer einschließt. An der PH Luzern stehen dabei für fachwissenschaftliche und fachdidaktische Module etwa 50% der zu erwerbenden ECTS-Punkte (European Credit Transfer System) zur Verfügung, weitere 25% für Praktika und Berufsstudien und der Rest für Erziehungswissenschaften, Bildungsthemen, wissenschaftliches Arbeiten inkl. Masterarbeit und eine Spezialisierung in einem Fachbereich. Pro Unterrichtsfach werden 33 ECTS erworben mit Ausnahme der Naturwissenschaften (und ab Herbst 2013 der Geographie- und Geschichtswissenschaften), für die 43 ECTS erforderlich sind.

Im integrierten Studienfach Naturwissenschaften an der PH Luzern werden die Naturwissenschaften und ihre Fachdidaktiken sowohl in den einzelnen Disziplinen studiert als auch in interdisziplinären Themenfeldern. Dabei belegen die Studierenden je rund 20 % Biologie, Chemie und Physik, 10 % Technik sowie 30 % integrierte Naturwissenschaften. Fachdidaktik und Fachwissenschaften werden dabei nicht als zwei unabhängige Disziplinen angesehen, sondern als sich bedingende und miteinander verbundene Partnerdisziplinen. Der Studienaufbau (siehe Tab. 1) wird gegliedert in „Überblicken“, „Erarbeiten von Basiskompetenzen“ und „Denken in Konzepten“. Im Grundjahr (Überblicken) steht das Phänomen Mensch im Mittelpunkt, an dem in integrierter Form naturwissenschaftliche Grundkenntnisse aufgearbeitet werden. Im 3. bis 6. Semester (Erarbeiten von Basiskompetenzen) werden die fachlichen Kenntnisse in den drei klassischen Fächern Biologie, Chemie und Physik exemplarisch vertieft und mit technischen Fragestellungen ergänzt, wobei auch immer wieder interdisziplinäre Herangehensweisen verwendet werden. Im Masterstudium (Denken in Konzepten) werden zum einen methodische Vertiefungen in den Disziplinen ermöglicht und zum anderen die disziplinär diskutierten Ansätze der Naturwissenschaftsdidaktik zusammengeführt und zu einer Bereichsdidaktik verknüpft.

Tab. 1: Studienaufbau des Faches Naturwissenschaften (NW) für die Sekundarstufe I an der PH Luzern. Angegeben sind jeweils die Hauptmodule (z. B. „Physik und ihre Didaktik“) und darunter die darin enthaltenen Seminare, Vorlesungen oder Laborkurse (z. B. „Mechanik“).

Bachelor						Master		
1. Sem	2. Sem	3. Sem	4. Sem	5. Sem	6. Sem	7. Sem	8. Sem	9. Sem
Überblicken		Erarbeiten von Basiskompetenzen				Denken in Konzepten		
<b>Einführung in die NW und ihre Didaktik am Beispiel Human-physiologie</b> Biochemie des Menschen, Biophysik des Menschen		<b>Integrative NW und ihre Didaktik</b> Fachdidaktisches Atelier, Problem Based Learning Optik und Sehen, Repetitorium NW				<b>Naturwissenschaftliche und fachdidaktische Metakognition</b> Integrative NW - Didaktik, BNE Fallstudie, Nature of Science		
		<b>Biologie und ihre Didaktik</b> Evolution und Biodiversität 1 und 2, Zellbiologie und Genetik				<b>Außerschulische Lernorte</b> Didaktik außerschulischer Lernorte NW, Inquiry Based Learning Feld-ökologie, STS Museum, Lernlabor		
		<b>Chemie und ihre Didaktik</b> Sicherheit im Labor, Chemie Laborkurs, Anorganik, Atombau				<b>Experimentelle Vertiefungen in NW und Technik</b> Organik und Biochemie, Biotechnologie und Biologie, Physik und Technik		
		<b>Physik und ihre Didaktik</b> Mechanik, Thermodynamik und Energietechnik, Elektrizität						

Um die Studierenden in der zur Verfügung stehenden vergleichsweise knappen Zeit fachlich und fachdidaktisch optimal auf ihre Lehrtätigkeit vorzubereiten, sind die Inhalte des Studiengangs stark am Curriculum der Sekundarstufe I ausgerichtet. Zudem arbeiten alle Dozenten des Studiengangs eng zusammen. Eine Verbindung der Praxis Einsätze wird dadurch gewährleistet, dass Fachdidaktiker der Hochschule die Studierenden zwei bis drei Mal in ihrem Unterricht besuchen und ihnen Rückmeldung geben. Weiter ermöglicht ein zusätzliches Spezialisierungsstudium MINT eine klare Profilierung im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bereich mit weiteren 10 ECTS (ab Herbst 2014). Schließlich bietet ein naturwissenschaftliches Lernlabor den Studierenden Erfahrungs- und Experimentiermöglichkeiten an und dient als Beobachtungsfeld für individuelle Lern- und Verstehensprozesse.

### **Studierendenstatistik**

Die Studierendenstatistik belegt die gute Akzeptanz des integrierten Studiengangs durch die Studierenden: Von den 618 Studierenden, die im Herbst 2013 im Lehramtsstudium für die Sekundarstufe I an der PH Luzern immatrikuliert sind, studieren 238 (d. h. 38%) das Fach Naturwissenschaften als eines ihrer vier angestrebten Unterrichtsfächer. Von den Studienanfängern des Herbstsemesters 2013 sind es sogar 43%, also 84 von insgesamt 194 Studierenden für die Sekundarstufe I. Ähnliche Erfahrungen werden von der Universität Regensburg berichtet. Dort liegt die Gesamtzahl der Studierenden im neu eingerichteten Integrierten Didaktikfach Naturwissenschaft und Technik (NWT) deutlich über der Summe der Einzeldidaktiken früherer Jahrgänge, nämlich NWT ca. 90 pro Jahr statt Biologie ca. 54, Chemie ca. 3 und Physik ca. 7 pro Jahr (Göhring, 2012).

Der Frauenanteil liegt dabei im Fach Naturwissenschaften bei 48% bei einem Frauenanteil von 61% im gesamten Lehramtsstudium für die Sekundarstufe I. Offensichtlich scheinen für ein integriertes Lehramtsstudium kaum die Probleme vorzuliegen, wie sie für das Lehramt Physik z. B. von Smithers und Robinson (2006), beschrieben werden: "Females are more likely to enter teaching than males and the small number taking physics degrees contributes to the difficulties in recruiting teachers for that subject." (Smithers & Robinson, 2006, S. 49).

### **Vergleichsstudie Kompetenzen für den Naturwissenschaftsunterricht**

Das Forschungsprojekt *Naturwissenschaften unterrichten können*<sup>1</sup> (NUK) liefert Einsichten über die professionelle Kompetenz im Naturwissenschaftsunterricht von Lehramtsstudierenden des neuen integrierten Studiengangs im Vergleich mit anderen Ausbildungskonzepten. Dabei wurde die selbst eingeschätzte Kompetenz und die Berufsidentität der Studierenden mittels Fragebogen ermittelt sowie *pedagogical content knowledge* (PCK) im Vergleich mit *pedagogical knowledge* (PK) mit einem schriftlichen Vignettest erhoben.

### **Fragebogenstudie**

In einer Fragebogenstudie (Brovelli, Kauertz, Rehm & Wilhelm, 2011) wurde untersucht, ob Studierende in Abhängigkeit vom Ausbildungskonzept (disziplinär oder integriert) ihre Berufsidentität und ihre professionelle Kompetenz unterschiedlich einschätzen. Dafür wurden Online-Fragebögen entwickelt und validiert, die jeweils drei Skalen zur Berufsidentität und drei Skalen zur professionellen Kompetenz umfassen. Für jede der drei Skalen wurden 8 Items zusammengestellt mit Antwortmöglichkeiten auf einer fünfstufigen Likert-Skala. Zur Erhebung der Berufsidentität sollten die Studierenden angeben, in

<sup>1</sup> Das Forschungsprojekt *Naturwissenschaften unterrichten können* (NUK) der PH Luzern und der PH Heidelberg wird geleitet von Dorothee Brovelli, Markus Rehm und Markus Wilhelm unter Mitarbeit von Katrin Bölsterli, Benjamin Tempel, Christian Vollmer und anderen.

welchem Maß Aussagen für sie zutreffen. Für das Konstrukt professionelle Kompetenz wurde bei jedem Item zum einen eine Selbsteinschätzung der Lehramtsstudierenden und zum anderen eine Einschätzung der Wichtigkeit der jeweiligen Kompetenz erfragt. An der Studie nahmen N = 404 Lehramtsstudierende von 7 Hochschulen (3 Pädagogische Hochschulen, 4 Universitäten) in Deutschland und der Schweiz teil, davon N = 312 Studierende aus einem disziplinären Studiengang (N = 201 von Pädagogischen Hochschulen, N = 111 von Universitäten) und N = 92 aus einem integrierten. Die Auswertung der Fragebogendaten erfolgte durch varianzanalytische Verfahren (MANOVA). Alle entwickelten Skalen zeigten eine akzeptable Reliabilität mit Cronbachs Alpha > .65.

Hintergrund der Erhebung der Berufsidentität ist die Befürchtung, dass es sich negativ auf die Berufsidentität von Lehrkräften auswirken könnte, wenn das von ihnen unterrichtete Fach nicht dem Studienfach entspricht. So weist Helms (1998) auf die Gefahr hin, dass die Einführung von integriertem Naturwissenschaftsunterricht von Lehrkräften als Bedrohung ihrer Identität empfunden werden kann, wenn diesem Aspekt nicht Rechnung getragen wird. Aikenhead (2003) sieht die Herausbildung einer angemessenen Berufsidentität als eine der größten Herausforderungen für Lehrerinnen und Lehrer, die Naturwissenschaften (hier Physik und Chemie) integriert unterrichten sollen: „One major challenge for chemistry and physics teachers is to rethink and reformulate their professional identities away from being loyal and accountable to their discipline towards another identity [...]“ (Aikenhead, 2003, S. 125). Auch für Heitzmann (2002) führt „erst der Erwerb von disziplinärem Wissen im Kontext einer Wissenschaftsgemeinde zu einer intellektuellen Identität und zur Professionalität – nicht nur für Forscher, sondern auch für Lehrpersonen“. Diese Professionalität kann gemäß Heitzmann (2002, S. 374) nur über „den Erwerb von Fachwissen in einer Disziplin (vertieft kann dies ja aus Zeitgründen nur in einer Disziplin geschehen)“ erreicht werden. Für Studierende eines integrierten Studiengangs stellt sich also die Frage, ob sie sich überhaupt noch mit ihrem Fach identifizieren können.

Theoretischer Bezugspunkt des Konstrukts Berufsidentität sind die Kategorien *paidotrop* vs. *logotrop* bei Caselmann (1970), weiterentwickelt von Beijaard et al.: „teachers derive their professional identity from (mostly combinations of) the ways they see themselves as subject matter experts, pedagogical experts, and didactical experts“ (Beijaard et al. 2000, S. 751). Danach werden die folgenden Teilidentitäten unterschieden:

- Fachwissenschaftler/in: Lehrkraft, die die Ausübung ihres Berufs hauptsächlich unter fachwissenschaftlichen Aspekten wahrnimmt,
- Didaktiker/in: Lehrkraft, die die Ausübung ihres Berufs hauptsächlich unter den Aspekten der Vorbereitung, Ausführung und Evaluation von Lehr- und Lernprozessen wahrnimmt,
- Pädagoge/Pädagogin: Lehrkraft, die die Ausübung ihres Berufs hauptsächlich unter den Aspekten der Unterstützung der individuellen, sozialen, emotionalen und moralischen Entwicklung der Lernenden wahrnimmt.

Vergleicht man die verschiedenen befragten Hochschulen in einer multivariaten Analyse miteinander, so lassen sich Unterschiede ausmachen (siehe Abb. 2). Für Studierende des integrierten Studiengangs ergibt sich unter Kontrolle des Geschlechts ein signifikant höherer Wert in der Einschätzung als Fachwissenschaftler/in im Vergleich zu disziplinär ausbildenden PHn (mittlere Differenz 0.20,  $p < .001$ , Effektstärke  $d = 0.48$ ). Es gibt keinen signifikanten Unterschied zur Einschätzung der Universitätsstudierenden. Die integrierte ausbildende PH teilt die hohe Identifikation mit dem Fach nicht mit den anderen PHn. Andere Unterschiede sind unter Kontrolle des Geschlechts nicht signifikant. Weiter konnte festgestellt werden, dass sich integriert ausgebildete Studierende in ihren Antworten stärker von disziplinär ausgebildeten mit Studienfach Biologie unterscheiden als von jenen mit Studienfach Chemie oder Physik (Brovelli, Kauertz, Rehm & Wilhelm, 2011).

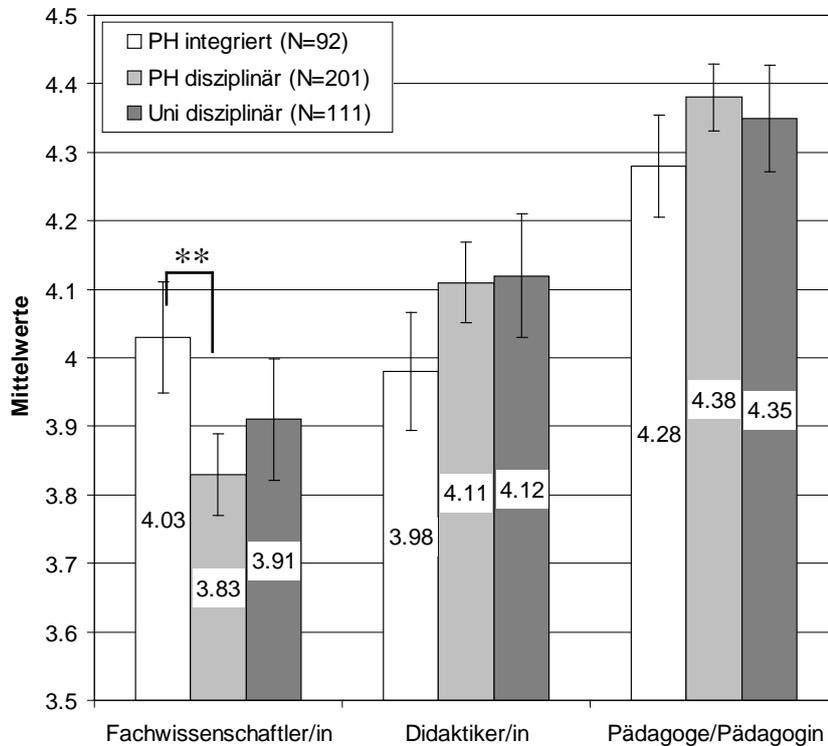


Abb. 1: Berufsidentität der Studierenden mit Konfidenzintervall 95% (1 = niedrig, 5 = hoch)

Nach den vorliegenden Ergebnissen scheint die Befürchtung unbegründet zu sein, dass ein integriertes Studium eine starke Identifikation mit dem Fach erschweren könnte. Auf der anderen Seite können sich (nach Helms, 1998 und Aikenhead, 2003) disziplinar in einem Fach ausgebildete Lehrpersonen überfordert und in ihrer Identität bedroht fühlen, wenn sie integrierte Naturwissenschaften unterrichten müssen. So identifiziert auch Labudde (2003) die meist auf ein Fach beschränkte Fachsozialisation als „eine große Hürde ... wenn es um Fächer übergreifendes Arbeiten und Lehren geht.“ (Labudde, 2003, S. 64) Das vorliegende Ergebnis kann daher als ein Argument für eine integrierte Lehramtsausbildung verstanden werden, sofern die Lehrkräfte im Unterricht integrierte Naturwissenschaften unterrichten sollen: Bereits die Studierenden identifizieren sich so nämlich mit den integrierten Fach Naturwissenschaften. Der Befund, dass die Antworten der integriert ausgebildeten Studierenden eher denen der disziplinar ausgebildeten mit Studienfach Chemie oder Physik gleichen als denen mit Studienfach Biologie kann als ein Hinweis gewertet werden, dass ein integriertes Studium nicht automatisch den Schwerpunkt auf Biologie setzt, wie dies für den integrierten Unterricht durch nicht adäquat ausgebildete Lehrpersonen befürchtet wird (VBE, 2004).

Die Ergebnisse der Fragebogenstudie zur professionellen Kompetenz zeigen, dass die Studierenden ihre Kompetenzen unabhängig von der Studienstruktur gleich stark einschätzen und ihnen auch eine ähnliche Wichtigkeit beimessen (Brovelli, Kauertz, Rehm & Wilhelm, 2011). Dies gilt auch, wenn die Ergebnisse für die sieben untersuchten Hochschulen einzeln betrachtet werden. Basierend auf der Einschätzung der Studierenden kann man also folgern, dass die integrierte Ausbildung der disziplinären ebenbürtig sein könnte und damit

Bedenken gegen eine integrierte Ausbildungsform empirisch einschränken. Die Anlage der Fragebogenstudie erlaubt zwar, einen Einblick in das Selbstbild der Studierenden zu gewinnen, allerdings lässt die Selbsteinschätzung der Kompetenz nur bedingt Aussagen über die tatsächliche Kompetenz zu. Zur eigentlichen Messung der Kompetenzen wurde daher ein Vignettest entwickelt (Brovelli, Bölsterli, Rehm & Wilhelm, 2013).

### **Vignettestests**

Seit die Erhebung von der professionellen Kompetenz von Lehrkräften ins Zentrum des Interesses gerückt ist, macht sich die Unterrichtswissenschaft auch sogenannte Vignetten zunutze. Während die Kompetenzerhebung mittels klassischer Wissenstests eine gute statistische Handhabbarkeit ermöglicht, wird ihr teilweise ein geringer Zusammenhang mit dem tatsächlichen beruflichen Handeln bescheinigt. So kritisieren z. B. Oser, Heinzer & Salzmann (2010) Diagnoseinstrumente, die Kompetenz unabhängig vom situativen Kontext zu erfassen versuchen. „Das eigentlich Zentrale des Lehrberufs als Profession – nämlich die Situativität, Authentizität, Komplexität und die Kontextgebundenheit des unterrichtlichen Handelns – wird demnach vernachlässigt“ (Oser et al., 2010, S. 6). Als Alternative werden Vignettestests gesehen, also Problemsituationen zur Unterrichtsgestaltung und zum Inhalt des Unterrichts, zu denen Probanden schriftlich oder mündlich Stellung nehmen.

Will man die von Oser et al. (2010) beschriebenen Vorteile von Vignetten ausschöpfen, so kann man – wie in der hier beschriebenen Studie – mit komplexeren Vignetten mit mehreren diskutablen Unterrichtsaspekten arbeiten. Für die erfolgreiche Bearbeitung einer solchen komplexen Aufgabenstellung sind gleichzeitig mehrere Kompetenzen erforderlich. Videovignetten ermöglichen dabei eine besonders authentische Darstellung vor allem kurzer Unterrichtsausschnitte. Videovignettestests erweisen sich besonders im Bereich *pedagogical knowledge PK* als aussagekräftiges Instrument. Beispielsweise setzen Voss, Kunter und Baumert (2011) im Projekt COACTIV-R (COACTIV-Referendariat) Videovignetten zur Erfassung von *PPK (pedagogical/psychological knowledge)* ein und können den erwarteten Anstieg während des Referendariats in der Dimension „*classroom management*“ nachweisen. Ein Vorteil der im vorliegenden Beitrag verwendeten schriftlichen Vignetten – insbesondere für die Erfassung von *PCK* – besteht dagegen darin, dass auch längere Unterrichtssequenzen in ihrem Prozess zusammenhängend dargestellt und so auch grundsätzliche fachdidaktische Überlegungen zur Vorgehensweise eingebracht werden können: Beispielsweise lassen sich so Probleme formulieren, bei denen die eingesetzte Unterrichtsmethode nicht adäquat zum unterrichteten Inhalt passt oder eine Experimentierphase wenig sinnvoll in den Unterricht eingebettet wird. So arbeiten auch Riese und Reinhold (2012) zur Erfassung von *PCK* im Physikunterricht mit Textvignetten. Neben solchen längeren Textvignetten werden auch kürzere, komplexitätsreduzierten Vignetten verwendet, die den klassischen Wissenstests ähnlich sind, wie z. B. bei Blömeke, Kaiser und Lehmann (2010), mit dem Vorteil statistisch gut handhabbarer und voneinander abgrenzbarer Konstrukte bei gleichzeitigem Verlust an Authentizität der Unterrichtssituationen.

Je nach Antwortformat in den Vignettestests ergeben sich unterschiedliche Vor- und Nachteile. Geschlossene Antwortformate ermöglichen einen begrenzten Auswertungsaufwand und eine einfache statistische Analyse, bringen aber auch eine Reihe von Nachteilen: Zum einen besteht die Gefahr des Ankreuzens nach sozialer Erwünschtheit, wie sie z. B. Stecher, Le, Ryan, Robyn und Lookwood (2006) bei Vignettestests zu reformorientierter Unterrichtspraxis in der Mathematik beschreiben. Zum anderen könnten Probanden durch einen ihnen vorgelegten Kriterienkatalog auf kritische Punkte aufmerksam gemacht werden, die sie möglicherweise ohne das geschlossene Antwortformat nicht erkennen würden. Diese unerwünschte Hilfestellung könnte mitverantwortlich dafür sein,

wenn Nicht-Lehrpersonen in Vignetentests gleich gut oder sogar besser abschneiden als Lehrpersonen wie in der Studie von Oser et al. (2010). Durch die Verwendung von Vignetten mit offenem Antwortformat dagegen lassen sich nach Jeffries und Maeder (2011) Problemlösefähigkeit und kritisches Denken besser abbilden als durch Selektivfragen. Auch von Aufschnaiter und Blömeke (2010, 364) stellen fest: „In der Abwägung zwischen geschlossenen und offenen Aufgabenformaten ist zudem zu bedenken, dass gerade geschlossene Aufgaben häufig nicht auf das Generieren von Handlungsoptionen abzielen (können), sondern sich eher auf das Abrufen von Wissen beziehen. Beim derzeitigen Stand der Lehrerbildungsforschung ist Handlungsnahe insofern fast nur über offene Aufgaben zu realisieren.“ Als methodisch kontrolliertes Vorgehen zur Auswertung von Textantworten der Probanden bietet sich die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) an. Diese Methode lässt sich zu den Mixed Methods zählen, genauer zu den hybriden Methodenansätzen, die innerhalb eines Methodenansatzes quantitative und qualitative Analyseschritte verbinden (Mayring, 2012). Die Chancen solcher Mixed Methods-Ansätze werden z. B. von Gläser-Zikuda, Seidel, Rohlf, Gröschner und Ziegelbauer (2012) beschrieben und auch Prenzel (2012) plädiert dafür, verschiedene Forschungsmethoden, die auch gemischte Methoden einschließen, breiter zu nutzen.

### **Beschreibung des Testinstruments**

Für den im vorliegenden Beitrag beschriebenen Vergleich von Kompetenzen für den Naturwissenschaftsunterricht in Abhängigkeit von der Ausbildungsform wurde ein schriftlicher Vignetentest entwickelt, der solche Kompetenzen anhand authentischer Unterrichtszusammenhänge untersucht (Brovelli, Bölsterli, Rehm & Wilhelm, 2013; Rehm & Bölsterli, im Druck). Die dafür verwendeten Unterrichtsbeispiele basieren auf videographierten und transkribierten Unterrichtsstunden von Referendaren oder Lehramtsstudierenden während ihres Praktikums. Sie wurden so ausgewählt, dass sie zentrale naturwissenschaftsdidaktische Kompetenzaspekte erheben und dabei typische Themen eines integrierten Naturwissenschaftsunterrichts abdecken (Biologie, Chemie, Physik und integrierte Naturwissenschaften). Anhand ausgedehnter Unterrichtszusammenhänge wird hauptsächlich *pedagogical content knowledge (PCK)* im Vergleich mit *pedagogical knowledge (PK)* erfasst. Die Probanden werden gebeten, Rückmeldung zu den Unterrichtssequenzen zu geben, wofür je nach Komplexität der jeweiligen Vignetten maximal fünf oder zehn Minuten zur Verfügung stehen. Die zeitliche Einschränkung soll wenigstens teilweise die reale Unterrichtssituation widerspiegeln, in der die Lehrperson ohne große Bedenkzeit eine Diagnose fällen und entsprechend agieren und reagieren muss und in der auch zur Vorbereitung und Reflexion des eigenen Unterrichts oftmals nur begrenzt Zeit zur Verfügung steht. Der Test enthält acht Vignetten und hat eine vorgegebene Bearbeitungszeit von 70 Minuten. Jede Vignette misst mehrere Fähigkeitsaspekte gleichzeitig. Die Probanden können pro Vignette zwischen drei und neun diskutabile (d. h. in den Vignetten kritisierbare) Unterrichtsaspekte erkennen und diese beurteilen (für Beispiele siehe Brovelli, Bölsterli, Rehm & Wilhelm, 2013; Rehm & Bölsterli, im Druck).

Bei der Auswahl der Kompetenzen, die mit dem Vignetentest erfasst werden sollen, und der dazugehörigen Beurteilungskriterien wurde zunächst theoriegeleitet vorgegangen. In einem zweiten Schritt wurden die Vignetten Lehrkräften und Fachdidaktikern vorgelegt und argumentativ im Blick auf die authentische Abbildung von Unterrichtssituationen validiert. Das zugrundeliegende Kompetenzmodell basiert auf den von Shulman (1987) eingeführten Dimensionen des Professionswissens *PK (pedagogical knowledge)*, *PCK (pedagogical content knowledge)* und *CK (content knowledge)* und orientiert sich am COACTIV-Modell (Baumert, Kunter, Blum, Brunner, Voss, Jordan et al., 2010; Kunter, Baumert, Blum, Klusmann, Krauss & Neubrand, 2011). Eine Beschreibung des Hintergrunds, der

Konzeptualisierung des Professionswissens sowie ein Modell zur Konzeption von Items zu dessen Erfassung für den Bereich der Naturwissenschaften finden sich bei Tepner, Borowski, Dollny, Fischer, Jüttner, Kirschner et al. (2012). Das Professionswissen wird auch im Paderborner Kompetenzmodell für den Physikunterricht modelliert (Riese & Reinhold, 2012).

Da der Fokus der hier beschriebenen Vignettentests auf *pedagogical content knowledge* (*PCK*) liegt, werden die in der Literatur beschriebenen Facetten von *PCK* möglichst weitgehend berücksichtigt. Obwohl es keine generelle Konzeptualisierung des Konstrukts *PCK* und damit auch keine Übereinkunft gibt, welche Aspekte zu *PCK* gezählt werden (vgl. Riese & Reinhold, 2012), beinhalten die meisten *PCK*-Ansätze die Fähigkeit zu fachspezifischen Instruktions- und Vermittlungsstrategien sowie zum Umgang mit Schülervorstellungen und -lernprozessen (vgl. Tepner et al., 2012). In der vorliegenden Studie wird als *fachdiagnostische Kompetenz* im Sinne von Baumert und Kunter (2006, 495) das „Wissen über die Schülervorstellungen (Fehlkonzeptionen, typische Fehler, Strategien) und Diagnostik von Schülerwissen und Verstehensprozessen“ berücksichtigt. Dazu kommt die *Kompetenz zur kognitiven Aktivierung* bzw. das „Wissen über das didaktische und diagnostische Potential von Aufgaben, Wissen über die kognitiven Anforderungen und impliziten Wissensvoraussetzungen von Aufgaben, ihre didaktische Sequenzierung und die langfristige curriculare Anordnung von Stoffen“ (Baumert & Kunter, 2006, 495). Als dritte Facette von *PCK* wird *fachmethodische Kompetenz* erfasst in Anlehnung an das „Wissen über multiple Repräsentations- und Erklärungsmöglichkeiten“ (Baumert & Kunter 2006, 495).

Mit dem Vignettentest werden auch Facetten von *pedagogical knowledge* (*PK*), d. h. fachübergreifende unterrichtsbezogene Fähigkeiten, erfasst, allerdings ohne den Anspruch, diese umfassend abzubilden. Berücksichtigt werden dabei *allgemeine diagnostische Kompetenz*, *Kompetenz zur konstruktiven Unterstützung* und *unterrichtsmethodische Kompetenz*. Im Gegensatz zu *PCK* und *PK* wird *content knowledge* (*CK*) im Test nur am Rande und mit einer kleineren Anzahl diskutabler Unterrichtsaspekte erhoben, da zu seiner Erfassung andere Instrumente wie Wissenstests geeigneter erscheinen.

### Datenanalyse

Die schriftlich vorliegenden qualitativen Daten wurden durch vier Rater der zwei beteiligten Pädagogischen Hochschulen anhand eines Kodiermanuals inhaltsanalytisch ausgewertet (vgl. Mayring, 2010). Dabei wurde sowohl die Tiefe der Antworten (Qualität der Beurteilung) als auch die Breite (Anzahl der erkannten Unterrichtsaspekte) honoriert, indem pro Unterrichtsaspekt null, ein oder zwei Punkten vergeben werden können. Von den 386 vorliegenden Datensätzen wurden 152 von zwei Ratern bepunktet, wobei eine substantielle Interraterreliabilität von Cohens Kappa = 0.75 (N = 152) erreicht wurde. Neben der Interraterreliabilität als spezifisch inhaltsanalytisches Gütekriterium wurden im Rahmen der Entwicklung, Pilotierung und Auswertung des Tests weitere Gütekriterien für qualitative Forschung berücksichtigt, um eine hohe interne und externe Validität zu erreichen (siehe Brovelli, Bölsterli, Rehm & Wilhelm, 2013). Diese sind gemäß Mayring (2010) Verfahrensdokumentation, argumentative Interpretationsabsicherung, Nähe zum Gegenstand, Regelgeleitetheit, kommunikative Validierung und Triangulation. Mayring (2010) verweist zudem auf die inhaltsanalytischen Kriterien für Validität nach Krippendorff (1980), nämlich semantische Gültigkeit, Stichprobengültigkeit, korrelative Gültigkeit, Vorhersagegültigkeit und Konstruktgültigkeit.

Während zur Skalenbildung theoriegeleitet vorgegangen werden kann (vgl. Brovelli, Bölsterli, Rehm & Wilhelm, 2013), wurden kürzlich dazu auch teststatistische Verfahren herangezogen, mit vergleichbaren Ergebnissen (Wilhelm, Rehm, Brovelli, Bölsterli, Tempel, & Vollmer, in Vorbereitung). Dabei wurden zunächst zur Reduktion der Items eine IRT-

Analyse (Graded-Response-Model mit Package „ltm“ des Programms R) durchgeführt und nur Items mit einem Informationswert größer als 0.65 weiterverwendet (Vollmer, Bölsterli, Tempel, Brovelli, Wilhelm & Rehm, in Vorbereitung). Mit diesen wurde eine Multidimensionale Skalierung (MDS) durchgeführt. Im Ergebnis der MDS lassen sich die theoretischen Zuordnungen in *PK*, *PCK* und *CK* gut abbilden (Prozedur PROXSCAL in SPSS, Roh-Stress = 0.10). Eine konfirmatorische Faktorenanalyse mit AMOS bestätigte die gebildeten Faktoren mit gutem Modellfit (RMSEA <0.05).

### Stichprobe

Insgesamt wurden die Daten von  $N = 386$  Studierenden ausgewertet. Die Stichprobe setzt sich zusammen aus:

- Lehramtsstudierenden der PH Luzern mit Naturwissenschaften als Unterrichtsfach zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Studium (einphasige Lehrerbildung),
- Lehramtsstudierenden einer PH in Baden-Württemberg in einem disziplinären Studiengang (Biologie, Chemie, Physik) zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Studium und am Ende des Referendariats (zweiphasige Lehrerbildung),
- Lehramtsstudierenden der PH Luzern ohne Naturwissenschaften als Unterrichtsfach, aber mit denselben erziehungswissenschaftlichen und allgemeindidaktischen Ausbildungsanteilen (Kontrollgruppe) und
- Naturwissenschaftsstudierenden, die keine Lehrbefähigung anstreben, aber etwa in gleichem Umfang Lehrveranstaltungen in Biologie, Chemie und Physik besucht hatten wie die Lehramtsstudierenden, nämlich Studierenden der Umweltnaturwissenschaften der ETH Zürich (Kontrollgruppe).

Alle befragten Lehramtsstudierenden streben eine Lehrbefähigung für die Sekundarstufe I an. Die Lehramtsstudierenden verteilten sich wie in Tabelle 2 dargestellt auf die Fächer und Studiensemester. Aus der Angabe der Leistungspunkte nach ECTS wird deutlich, dass den Studierenden im disziplinären Studiengang fast doppelt so viel Zeit für naturwissenschaftliche Inhalte zur Verfügung steht wie den Studierenden im integrierten Studiengang, da erstere zwei und letztere vier Fächer studieren. Weiter ist zu bemerken, dass die Kontrollgruppe der Umweltnaturwissenschaftsstudierenden zwar bedingt durch die Größe des entsprechenden Studienjahrgangs klein, aber gemäß Power-Analyse für die zu erwartenden sehr großen Effekte mit  $d > 1.5$  ausreichend ist.

Tab. 2: Anzahl Probanden pro Messzeitpunkt ( $N$ ) mit Angabe der zu diesem Zeitpunkt erworbenen Leistungspunkte nach ECTS in Naturwissenschaften (NW) bzw.

Messzeitpunkt	Naturwissenschaftsdidaktik							
	Lehramt NW einphasig integriert		Lehramt NW zweiphasig disziplinär		Lehramt einphasig ohne NW		NW integriert ohne Lehramt	
	$N$	ECTS	$N$	ECTS	$N$	ECTS	$N$	ECTS
Anfang	30	0-2	13	0-10				
1. Semester								
Abgeschlossenes	25	ca. 20	56	ca. 30			13	ca. 60
4. Semester								
Abgeschlossenes	46	ca. 30	14	ca. 50	16	0-4		
6. Semester								
Abgeschlossenes	49	ca. 40	67	ca. 70	13	0-4		
8. Semester								
Ende			44	ca. 70				
Referendariat								
Total	150		194		29		13	

### Ergebnisse

Für den Vergleich der Lehramtsstudierenden der PH Luzern mit Naturwissenschaften mit jenen ohne Naturwissenschaften (mit denselben erziehungswissenschaftlichen und allgemeindidaktischen Ausbildungsanteilen) wurden in beiden Gruppen Studierende des 6. und 8. Semesters zusammengefasst. Die Ergebnisse der beiden Gruppen unterschieden sich nicht signifikant für die *PK*-Skala, jedoch schneiden die Lehramtsstudierenden mit Naturwissenschaften sowohl in der *PCK*-Skala ( $p=0.005$ , Effektstärke  $d=0.66$ ) als auch in der *CK*-Skala ( $p<0.001$ , Effektstärke  $d=0.67$ ) signifikant besser ab. Dies kann als Hinweis gewertet werden, dass der Test nicht einen allgemeinen Effekt des Lehramtsstudiums misst, sondern es ermöglicht, *PK* von *PCK* und *CK* zu unterscheiden. Die Kontrollgruppe der Naturwissenschaftsstudierenden der technischen Hochschule wurde verglichen mit Lehramtsstudierenden der PH Luzern mit Naturwissenschaften am Ende des Studiums (nach mindestens 8 Semestern). Dabei erreichen die Studierenden der technischen Hochschule in allen Skalen signifikant weniger Punkte mit großer Effektstärke (*PK*:  $p<0.001$ ,  $d=2.99$ , *PCK*:  $p<0.001$ ,  $d=1.97$ , *CK*:  $p<0.001$ ,  $d=0.96$ ). Dies kann so interpretiert werden, dass Fachwissen nicht zur erfolgreichen Bearbeitung des Vignettentests ausreicht. Der Vergleich mit den beiden Kontrollgruppen kann somit als ein weiterer Hinweis auf die Validität des Tests gewertet werden.

Abb. 2 zeigt den Kompetenzzuwachs der Lehramtsstudierenden des integrierten Studiengangs Naturwissenschaften während des Studiums (Werte z-standardisiert). Für alle drei Skalen lässt sich ein signifikanter Anstieg vom Studienbeginn (Anfang 1. Semester) bis zum Studienende (abgeschlossenes 8. Semester) feststellen, besonders für *PCK* und *PK* mit sehr großer Effektstärke (*PK*:  $p<0.001$ ,  $d=1.99$ , *PCK*:  $p<0.001$ ,  $d=1.88$ , *CK*:  $p=0.001$ ,  $d=0.67$ ). Die Tatsache, dass *PK* besonders in den ersten Studiensemestern ansteigt, lässt sich möglicherweise aus den ersten Praxiseinsätzen an Schulen in dieser Zeit erklären, während eine intensive Beschäftigung mit fachdidaktischen Ausbildungsanteilen besonders in den höheren Semestern stattfindet. Gemäß Vignettentest kann geschlossen werden, dass das integrierte Naturwissenschaftsstudium an der PH Luzern lernwirksam hinsichtlich *PCK* ist (Wilhelm, Rehm, Brovelli, Bölsterli, Tempel & Vollmer, in Vorbereitung).

In Abb. 3 sind die Vignettentestergebnisse (z-standardisiert) für die Lehramtsstudierenden in den beiden Ausbildungsstrukturen (integriert und disziplinar) am Ende ihres Studiums dargestellt und zwar für beide Gruppen nach abgeschlossenem 8. Semester sowie zusätzlich für die Studierenden der disziplinar zweiphasig ausbildenden PH nach dem Ende des Referendariats. Am Ende des Studiums an der Hochschule erreichen die Studierenden des integrierten Studiengangs höhere Werte in allen drei Skalen (*PK*:  $p<0.001$ , Effektstärke  $d=.78$ , *PCK*:  $p<0.001$ ,  $d=.78$ , *CK*:  $p=0.015$ ,  $d=0.52$ ). Werden als Vergleichsgruppe aber Probanden am Ende des Referendariats herangezogen, so ergeben sich keine signifikanten Unterschiede mehr. Die untersuchte Gruppe am Ende des Referendariats schneidet bei der *PK*-Skala ( $p<0.001$ ,  $d=.95$ ) und der *PCK*-Skala ( $p<0.001$ ,  $d=.51$ ) signifikant besser ab als die Studierenden der disziplinar zweiphasig ausbildenden PH am Ende des Studiums. Trotz kürzerer Ausbildungszeit (weniger ECTS) erzielen also die Studierenden des integrierten Studiengangs am Ende des Studiums höhere Kompetenzen als die Studierenden des disziplinären Studiengangs (Wilhelm, Rehm, Brovelli, Bölsterli, Tempel, & Vollmer, in Vorbereitung). Die Ergebnisse legen die Vermutung nahe, dass den disziplinar ausgebildeten Studierenden Praxiserfahrungen fehlen, die sie dann im Referendariat sammeln, und dass sie sich während des Referendariats betreut und begleitet mit dem integrierten Unterricht in NWA bzw. den nicht studierten naturwissenschaftlichen Fächern auseinandersetzen.

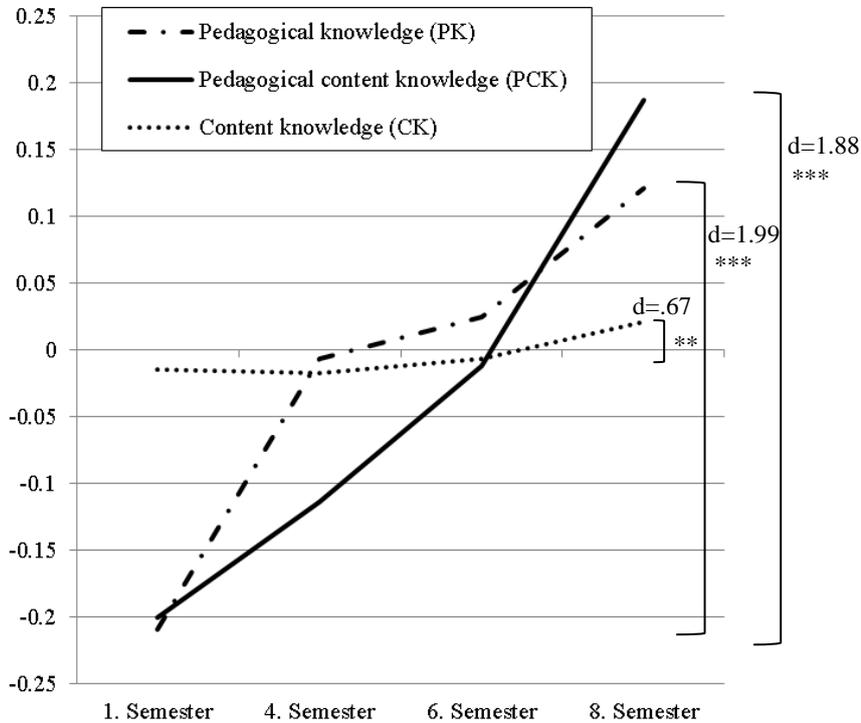


Abb. 2: Kompetenzverlauf der Lehramtsstudierenden des integrierten Studiengangs Naturwissenschaften während des Studiums.

Zur weiteren Auswertung der erhobenen Daten wurden die Skalen nach Facetten getrennt betrachtet (Wilhelm, Rehm, Brovelli, Bölsterli, Tempel, & Vollmer, in Vorbereitung). Integriert man Ansätze von Oser und Baeriswyl (2001) bzw. Kunter und Trautwein (2013), die zwischen Sichtstrukturen und Tiefenstrukturen von Unterricht unterschieden, dann können Faktoren gebildet werden, die sowohl Facetten von *PK* als auch von *PCK* einschließen. Die Sichtstrukturen, also die unterrichtlichen Rahmenbedingungen, die Muster der Unterrichtsinszenierung bzw. methodische Elemente, werden dabei im Faktor *Methodik* berücksichtigt, der die *fachmethodische Kompetenz (PCK)* und die *unterrichtsmethodische Kompetenz (PK)* umfasst. Den Tiefenstrukturen, die den eigentlichen Lehr-Lernprozess, also Klassenführung, Diagnose, konstruktive Unterstützung, kognitive Aktivierung beschreiben, können die Faktoren *Diagnose* und *Adaption* zugeordnet werden. *Diagnose* umfasst dabei die *fachdiagnostische Kompetenz (PCK)* und die *allgemeine diagnostische Kompetenz (PK)*, während *Adaption* die *kognitiven Aktivierung (PCK)* und die *Kompetenz zur konstruktiven Unterstützung (PK)* beinhaltet. Grundsätzlich zeigen sich für die drei Skalen *Diagnose*, *Adaption* und *Methodik* die gleichen Verläufe und Unterschiede wie für die *PK*- und *PCK*-Skalen. Es wird aber deutlich, dass der größte Unterschied zwischen den Studierenden in der integrierten bzw. disziplinären Studienstruktur im Bereich *Diagnose* liegt. Offensichtlich fällt es Studierenden besonders schwer, Schülervorstellungen in einem anderen als dem selbst studierten naturwissenschaftlichen Fach zu erkennen.

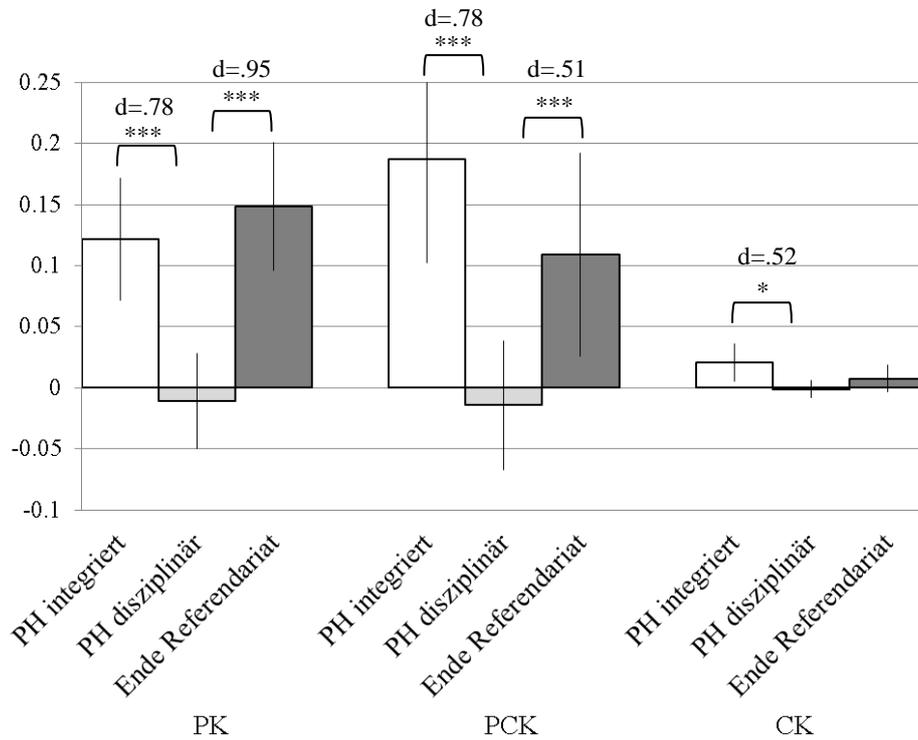


Abb. 3: Kompetenzvergleich nach abgeschlossenem 8. Semester (integrierte versus disziplinäre Lehrerbildung) und am Ende des Referendariats (disziplinäre Lehrerbildung) mit Konfidenzintervall 95%.

### Fazit

Wie eingangs dargestellt besteht vielerorts eine Diskrepanz zwischen der disziplinär angelegten Lehrerbildung in Biologie, Chemie oder Physik einerseits und den Anforderung der Schule in integrierten naturwissenschaftlichen Fächerverbänden andererseits. Mit dem Ziel einer besseren Passung zwischen Lehrerbildung und Berufsfeld bietet die PH Luzern für die Sekundarstufe I seit zehn Jahren einen Lehramtsstudiengang für integrierte Naturwissenschaften an. Die Akzeptanz dieses Studiengangs bei den Studierenden, besonders auch den weiblichen, ist hoch. Mithilfe einer Fragebogenuntersuchung zur Berufsidentität konnte nachgewiesen werden, dass die Befürchtung einer mangelnden Identifikation mit dem integrierten Fach unbegründet ist. Die Ergebnisse des vorgestellten Vignetentests zeigen, dass das integrierte Naturwissenschaftsstudium an der PH Luzern lernwirksam hinsichtlich *pedagogical content knowledge* ist. Am Ende des Studiums erreichen Studierende des integrierten Studiengangs gleiche oder höhere Kompetenzen wie Studierende eines disziplinären Studiengangs trotz kürzerer Ausbildungszeit. Die Ergebnisse ermutigen dazu, das Lehramtsstudium für den integrierten Naturwissenschaftsunterricht zu überdenken. Besonders integrierte Studiengänge, die – wie in Deutschland üblich – mehr ECTS-Leistungspunkte pro Fach umfassen als in der Schweiz, könnten dazu beitragen, das Potenzial des fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterrichts noch besser auszuschöpfen.

### Literatur

- Aikenhead (2003). Chemistry and Physics Instruction: Integration, Ideologies, and Choices. *Chemical Education: Research & Practice*, 4(2), 115-130.
- von Aufschnaiter, C., & Blömeke, S. (2010). Professionelle Kompetenz von (angehenden) Lehrkräften erfassen – Desiderata. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 361-367.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 4, 469-520.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., & Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47, 133-180.
- Beijaard, D., Verloop, N., & Vermunt, J. D. (2000). Teachers' perceptions of professional identity: An exploratory study from a personal knowledge perspective. *Teaching and Teacher Education*, 16, 749-764.
- Blömeke, S., Kaiser, G., & Lehmann, R. (2010). TEDS-M 2008 - Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Mathematiklehrkräfte für die Sekundarstufe I im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.
- Bolte, C., & Ramseger, J. (2012). "Integrierte Naturwissenschaftliche Bildung" als Studienfach. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 23(130/131), 92-94.
- Bröll, L., & Friedrich, J. (2012). Zur Qualifikation der Lehrkräfte für den NWA-Unterricht – eine Bestandsaufnahme in Baden-Württemberg. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, (3/65), 180-186.
- 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, 306-329.
- Brovelli, D., Kautz, A., Rehm, M., & Wilhelm, M. (2011). Professionelle Kompetenz und Berufsidentität in integrierten und disziplinären Lehramtsstudiengängen der Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 57-87.
- Caselmann, C. (1970). *Wesensformen des Lehrers*. (4. Aufl. (zuerst 1949)). Stuttgart: Klett.
- Gläser-Zikuda, M., Seidel, T., Rohlf, C., Gröschner, A., & Ziegelbauer, S. (Hrsg.). (2012). *Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung*. Münster: Waxmann.
- Göhring, A. (2012). Modellversuch Naturwissenschaft und Technik (NWT) – naturwissenschaftlich integrierte Ausbildung von Grund- und HauptschullehrerInnen. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Heitzmann A. (2002). Fachliche Ausbildung durch „Disziplinäre Vertiefung“. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 20(3), 364-377.
- Helms, J. V. (1998). Science – and me: Subject matter and identity in secondary school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(7), 811-834.
- Jeffries C., & Maeder D. (2011). Comparing vignette instruction and assessment tasks to classroom observations and reflections. *The Teacher Educator*, 46, 161-175.
- Jürgensen, F. (2005). Das integrierte Fach ‚Naturwissenschaften‘ und seine Beliebtheit bei Lehrern und Schülern. In E. Rossa (Ed.), *Chemiedidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 197-230). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Krippendorff, K. (1980). *Content analysis. An Introduction to its Methodology*. Beverly Hills, London: Sage.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (Eds.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.
- Kunter, M., & Trautwein, U. (2013). *Psychologie des Unterrichts*. Paderborn: Schöningh UTB.
- Labudde, P. (2003). Fächerübergreifender Unterricht in und mit Physik: Eine zu wenig genutzte Chance. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(2), 48-66.
- Lagler E. & Wilhelm M. (2013). Zusammenhang von Schülerleistung und Fachausbildung der Lehrkräfte in den Naturwissenschaften – eine Pilotstudie zur Situation in der Schweiz. *Chimica etc. Didacticae*, 108/38, 47-70.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (11. vollst. überarbeitete Aufl.). Weinheim: Beltz Verlag.
- Mayring, P. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse – ein Beispiel für Mixed Methods. In Gläser-Zikuda, M., Seidel, T., Rohlf, C., Gröschner, A. & Ziegelbauer, S. (Hrsg.), *Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung*. Münster: Waxmann.
- Oser, F., & Baeriswyl, F. (2001). *Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning*. In: V. Richardson (Ed.), *Handbook of Research on Teaching*. Fourth Edition. Washington: American Educational Research Association.
- Oser, F., Heinzer, S., & Salzmann, P. (2010). Die Messung der Qualität von professionellen Kompetenzprofilen von Lehrpersonen mit Hilfe der Einschätzung von Filmvignetten. *Unterrichtswissenschaft*, 38, 5-28.

- Prenzel, M. (2012) Empirische Bildungsforschung morgen: Reichen unsere bisherigen Forschungsansätze aus? In M. Gläser-Zikuda, T. Seidel, C. Rohlf, A. Gröschner, & S. Ziegelbauer (Hrsg.), *Mixed Methods in der empirischen Bildungsforschung*. Münster: Waxmann.
- Rehm, M., & Bölsterli, K. [Brovelli, D., Wilhelm, M.] (im Druck). Entwicklung von Unterrichtsvignetten zur Erhebung professioneller Kompetenzen von Lehrpersonen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Berlin: Springer Spektrum.
- Rehm, M., Bündler, W., Haas, T., Buck, P., Labudde, P., Brovelli, D., Östergaard, E., Rittersbacher, C., Wilhelm, M., Genseberger, R., & Svoboda, G. (2008). Legitimierungen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs "Science". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Kiel, 99-124.
- Riese, J., & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. Empirische Hinweise für eine Verbesserung des Lehramtsstudiums. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15, 111-143.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-21.
- Smithers, A., & Robinson, P. (2006). *Physics in Schools and Universities, II Patterns and Policies*. Buckingham: The Carmichael Press.
- Stecher, B., Le, V., Hamilton, L., Ryan, G., Robyn, A., & Lockwood, J. (2006). Using structured classroom vignettes to measure instructional practices in mathematics. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 28, 101-130.
- Stüben, H. (2013). Lehrer befürchten Aus für Physik. In: *Kieler Nachrichten vom 15. Juni 2013*. <http://www.kn-online.de/Schleswig-Holstein/Landespolitik/Lehrer-befuerchten-Aus-fuer-Physik> (Zugriff am 01.10.2013)
- Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., Leutner, D., Neuhaus, B. J., Sandmann, A., Sumfleth, E., Thillmann, H., & Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 7-28.
- VBE (2004). Verband Bildung und Erziehung, Landesverband NRW. Neues Fach Naturwissenschaften kaschiert nur Lehrermangel. [http://www.vbe-nrw.de/content\\_id/190.html](http://www.vbe-nrw.de/content_id/190.html) (Zugriff am 01.10.2013)
- Vollmer, C., Bölsterli, K., Tempel, B., Brovelli, D., Wilhelm, M., & Rehm, M. (in Vorbereitung). Measurement and configuration of inservice teachers' competencies training for science education.
- Voss, T., Kunter, M., & Baumert, J. (2011). Assessing teacher candidates' general pedagogical/psychological knowledge: Test construction and validation. *Journal of Educational Psychology*, 103, 952-969.
- Wilhelm, M., Rehm, M., Brovelli, D., Bölsterli, K., Tempel, B., & Vollmer, C. (in Vorbereitung). Erfassen von professionellen Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht mittels Vignetten – eine Vergleichsstudie.

Markus Rehm<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>2</sup>  
 Knut Neumann<sup>3</sup>  
 Oliver Tepner<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg  
<sup>2</sup>Universität Potsdam  
<sup>3</sup>IPN Kiel  
<sup>4</sup>Universität Regensburg

### **Erhebungsformate fachlicher professioneller Kompetenz von Lehrkräften**

Die Entwicklung der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften ist ein zentrales Ziel der Lehramtsaus- und Weiterbildung. Insbesondere in den Didaktiken der Naturwissenschaften werden in jüngster Zeit zunehmend Instrumente zur Erfassung der fachspezifischen professionellen Kompetenz von (angehenden) Lehrkräften entwickelt. Dabei werden in verschiedenen Projekten (ProwiN, KiL, EKoL, Profile-P) teilweise variierende Modellierungen identischer Konstrukte, aber auch identische Modellierungen für unterschiedliche Konstrukte wie das Professionswissen von Lehrkräften und Lehramtsstudierenden vorgenommen. In einem Workshop wurden auf der Tagung der GDCP in München unterschiedliche Erhebungsformate sowie die entsprechenden zugrundeliegenden Konstrukte und Modellierungen dieser Konstrukte verglichen und die Projekte, in denen die Instrumente entwickelt wurden bzw. werden, vorgestellt. Ziel des Workshops war es, eine breitangelegte und offene Diskussion über die verschiedenen Erhebungsformate und Inhalte fachlicher professioneller Kompetenz von Lehrkräften zu initiieren. Dieser Beitrag stellt die in dem Workshop gehaltenen Impulsvorträge dar.

#### **Konstruktion einer fachdidaktischen Aufgabe – eher literatur- oder schulpraxisbasiert – A. Borowski**

Welches Wissen bzw. welche Kompetenz eine fachdidaktische Aufgabe in einem Test abfragen soll, hängt von dem Ziel der Untersuchung ab. So erfassen Projekte, die das fachdidaktische Wissen von Lehramtsstudierenden erheben (z. B. KiL oder Profile-P) aufgrund der curricularen Validität das fachdidaktische Wissen, welches in der Hochschule gelehrt wird. Hierbei ist es möglich, mit Hilfe verschiedener fachdidaktischer Lehrwerke Aufgaben wie z. B. „Welche Funktionen haben Experimente im Physikunterricht“ (Kirschner et al., 2011) zu entwickeln. Das ProwiN-Projekt (Borowski et al. 2010) untersucht den Zusammenhang zwischen dem fachdidaktischen Wissen von Lehrkräften, ihrem Unterricht und der Schülerleistung. Bei der Entwicklung einiger fachdidaktischer Aufgaben (z. B. „Was spricht für die Verwendung von Einheiten bei der Rechnung im Physikunterricht“ (Kirschner et al., 2011) – entwickelt für eine Vorstudie) wurde in dem Projekt auf das Wissen von „Lehrexperthen“ zurückgegriffen. „Lehrexperthen“ waren hierbei Lehrkräfte und Fachleiter die augenscheinlich guten Unterricht machen und schon häufiger mit der Universität in Projekten oder Lehrveranstaltungen zusammengearbeitet haben. Bei der literaturbasierten Aufgabe ist die Frage, ob bereits das reine Wissen – z. B. um die verschiedenen Funktionen von Experimenten oder über den Prozess des Experimentierens – besseren, d. h. lernförderlichen und motivierenden, Unterricht initiiert. Bei den schulpraxisbasierten Aufgaben ist die Frage, wie valide der Erwartungshorizont ist, da keine empirischen Grundlagen vorliegen. Zum Beispiel ist allgemeine Lehrmeinung an der Schule und Hochschule, dass bei Rechnungen in der Physik immer Einheiten verwendet werden sollen, wie und warum, ist bisher empirisch nicht geklärt. Die Frage, die mit diesem Impuls aufgeworfen werden sollte, ist, welche fachdidaktischen Inhalte sollen mit den Aufgaben eigentlich erfasst werden und können wir schon auf diese Aufgaben gesicherte Antworten geben oder benötigen wir vorher noch weitere Untersuchungen?

### **Fach- und fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden – Welche Formate eignen sich zur Erfassung – K. Neumann**

Verknüpft mit der Frage welches Wissen erfasst werden soll, wenn von der Erfassung des Professionswissens die Rede ist, ist die Frage, welche Formate sich zur Erfassung eignen. Lässt sich das Professionswissen von (angehenden) Lehrkräften mit Papier- und-Bleistift-Tests erfassen? Hier ist zunächst festzustellen, dass das Professionswissen angehender Lehrkräfte (d. h. Lehramtsstudierender) und erfahrener Lehrkräfte nicht unbedingt das gleiche Konstrukt darstellen müssen. Während Lehramtsstudierende an der Universität idealerweise ein theoretisches (aber durchaus auch unterrichtspraktisch relevantes) Grundlagenwissen erwerben, verfügen erfahrene Lehrkräfte idealerweise über Schemata, die ihnen die Gestaltung eines qualitativ hochwertigen Unterrichts unter Einbeziehung der Rahmenbedingungen, wie z. B. der kognitiven Fähigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler ermöglichen (Stender et al., 2013). Während Papier-und-Bleistift-Tests zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften also eher ungeeignet erscheinen, stellen sie zumindest eine Möglichkeit zur Erfassung des Professionswissens angehender Lehrkräfte dar. Dabei stellt sich die Frage, ob offene oder geschlossene Aufgaben geeigneter sind, das Professionswissen kognitiv valide zu erfassen. In einer Thinkaloud-Studie mit Studierenden des Lehramts Physik, in der ausgewählte Aufgaben der so genannten KiL-Studie (Kröger et al., 2013) untersucht wurden, zeigte sich entgegen den Erwartungen, dass vor allem offene Aufgaben die größten Anteile nicht-konstruktbezogener Denkprozesse haben – darunter insbesondere solche zur Erfassung des PCK (Kurdinat, 2013). Da die Befunde jedoch auf einer relativ geringen Aufgaben- und Personenstichprobe beruhen, sind weitere Untersuchungen notwendig, um die genauen Ursachen aufzuklären. Festzuhalten ist allerdings, dass nicht ohne Weiteres angenommen werden kann, dass offene Aufgaben eine höhere Validität bei der Erfassung komplexer Konstrukte wie dem Professionswissen angehender Lehrkräfte besitzen.

### **Das Format des Vignetentests im Projekt „Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung“ (EKoL) – M. Rehm**

Im Workshop wurde über das Format des Vignetentests diskutiert und über ein neu ins Leben gerufenes Graduiertenkolleg, das dieses Testformat einsetzt informiert: Durch das Kolleg (EKoL – Start 8/2013) werden von zweimal elf Qualifikant(inn)en über sechs Jahre die Effekte des Professionalisierungsprozesses zwischen Studienbeginn und Berufseinstieg in natur- und geisteswissenschaftlichen Disziplinen empirisch im Längsschnitt untersucht. Um eine standardisierte Diagnose und Modellierung der Lehrkompetenz und deren Entwicklung während der ersten und zweiten Phase der Lehrerbildung für Baden-Württemberg zu gewinnen, wird – in Anlehnung an das Kompetenzmodell von Baumert und Kunter (2011) – ein standardisiertes Testinstrumentarium zur Kompetenzerhebung entwickelt, validiert und bei PH-Studierenden wie Referendaren eingesetzt. Die Teilprojekte des Kollegs untersuchen die Kompetenzen angehender Lehrkräfte in den Domänen Deutsch, Geschichte, Mathematik, Naturwissenschaften und Technik. Um Kompetenzen angehender Lehrkräfte über diese Unterrichtsfächer hinweg vergleichen zu können, konzentriert sich das Kolleg auf die Erhebung des fachdidaktischen Wissens und Könnens in situ und seine Wechselbeziehungen zur Heterogenität der Schülerschaft. Das Testinstrumentarium zielt auf die Modellierung und Entwicklung fachdidaktischen *Wissens und Könnens* ab, indem in allen Teilprojekten klassische Papier-Bleistift- und videogestützte Vignetentests verzahnt werden, die sich auf die Analyse relevanter Unterrichtssituationen konzentrieren. Das Instrumentarium wird nach den Kriterien ausgeprägter Praxisrelevanz sowie prognostischer Validität konstruiert. Für die longitudinale Erhebung der Kompetenzen in einem sequenziellen Versuchsplan wird die gesamte Projektlaufzeit (zwei mal drei Jahre) genutzt. Diese Möglichkeit trägt dem Desiderat Rechnung, dass vor allem die Entwicklungsaspekte des fachdidaktischen Kompetenzerwerbs bislang spärlich untersucht sind.

### **Konzeption geschlossener Aufgaben zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens über Experimente, Modelle und Fachsprache – O. Tepner**

Um Wissen im Rahmen von größeren Stichproben mit Hilfe von Tests zu erfassen, eignen sich geschlossene Testformate, die sich ökonomisch einsetzen und auswerten lassen. Zur Erhebung fachdidaktischen Wissens sind geschlossene Testitems auf den ersten Blick schwierig zu realisieren, da es normativ eindeutig „richtige“ bzw. „falsche“ Reaktionen auf fachdidaktische Probleme oder Unterrichtssituationen selten gibt (Schmelzing, 2010).

Im Rahmen des Symposiums wurde ein alternatives Verfahren zur Konstruktion geschlossener Testaufgaben im Bereich des fachdidaktischen Wissens vorgestellt, welches im ProwiN-Projekt durchlaufen wurde (Borowski et al., 2010). Die Testaufgaben wurden hinsichtlich ihrer inhaltlichen Validität mit den im Symposium ergänzend dargestellten Verfahren verglichen. Grundsätzlich wurden die Aufgaben modellbasiert und systematisch konzipiert (Tepner et al., 2012) und zu ihrer Konstruktion möglichst oft erfahrene Lehrkräfte, Fachleiter und Fachdidaktiker einbezogen, um die inhaltliche Validität zu erhöhen. Zudem wurde zunächst von offenen Aufgaben ausgegangen, die von Lehrkräften bearbeitet und hinsichtlich ihrer Relevanz und Eindeutigkeit ihrer Formulierung eingeschätzt worden sind. Anhand der erhaltenen Antworten wurden dann geschlossene Antwortalternativen konzipiert. Diese sollten auf einer Ratingskala hinsichtlich ihrer Eignung zu einer im Aufgabenstamm dargestellten Unterrichtssituation eingeschätzt werden. Um die Antworten der befragten Lehrkräfte nachfolgend bewerten zu können, wurden Referenzwerte mittels eines zuvor erfolgten Expertenratings – bestehend aus 13 Fachleitern und Fachdidaktikprofessoren des Faches Chemie – gebildet. Das genaue Konstruktions- und Auswertungsverfahren findet sich unter Witner und Tepner (2011). Im Rahmen des Symposiums wurden drei aktuelle Beispiele zu den fachdidaktischen Facetten Umgang mit Experimenten, Modellen und Fachsprache diskutiert.

#### **Literatur**

- Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, et al. (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29-54). Münster: Waxmann.
- Borowski, A., Neuhaus, B.J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H.E., Leutner, D., Sandmann, A., & Sumfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *ZfDN*, 16, 341-349.
- Kirschner, S., Wlotzka, U., Borowski, A., & Fischer, H.E. (2011). Das Professionswissen von Physiklehrern - Pilotierung und Validierung. In D. Höttecke (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010* (S. 114-116). Berlin: Lit.
- Kröger, J., Neumann, K., & Petersen, S. (2013). Erfassung des Professionswissen angehender Physiklehrkräfte im Rahmen des Projekts KiL. In S. Bernholt (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013*. Berlin: Lit.
- Kurdinat, C. (2013). Untersuchung der kognitiven Validität eines Testinstruments zur Messung professionellen Wissens angehender Physiklehrkräfte. Masterarbeit. Universität Kiel.
- Schmelzing, S. (2010). *Das fachdidaktische Wissen von Biologielehrkräften: Konzeptionalisierung, Diagnostik, Struktur und Entwicklung im Rahmen der Biologielehrerbildung*. Berlin: Logos.
- Stender, A., Brückmann, M., & Neumann, K. (2013). 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*. Berlin: Lit.
- Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S. et al. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7-28.
- Witner, S., & Tepner, O. (2011). Entwicklung geschlossener Testaufgaben zur Erhebung des fachdidaktischen Wissens von Chemielehrkräften. *Chimica didactica*, 37(104), 113-137.

## **Naturwissenschaft und Inklusive Bildung**

Mit dem Anspruch, den Geltungsbereich auf „alle“ auszuweiten, indem auch die Perspektive und der Erfahrungshintergrund von Menschen mit Behinderungen berücksichtigt werden, fordert die im Jahr 2009 in Deutschland ratifizierte UN-Behindertenrechtskonvention die Einhaltung und Umsetzung des Rechts auf Inklusive Bildung. Welche kommunikative Initiative erweist sich aus den Naturwissenschaften heraus als sinnvoll, um den tatsächlichen Zugang des Einzelnen zu Lebensbereichen und Ressourcen zu ermöglichen?

### **Inklusion – Semantik eines aktuellen Paradigmas**

Die Aktualität des Inklusionsbegriffes stellt im nationalen wie internationalen Zusammenhang die Frage nach der Vergabe sozialer Rechte, um die Teilhabe an gesellschaftlichen Aktivitäten unabhängig von individuellen Merkmalszuschreibungen wie beispielsweise Behinderung, Migration, Arbeitslosigkeit oder Armut zu ermöglichen. In einer ersten Dimension kommt dem Begriff „Inklusion“ damit die Bedeutung eines politischen Reformbegriffes zu, der Behinderung als „nur“ eines der Probleme sozialer Ungleichheit beschreibt und mit Zugangsfragen generelle Verteilungskonflikte meint, die nicht durch die Vergabe sozialer Rechte allein geregelt werden können. In einer weiteren Dimension handelt es sich um einen wissenschaftlichen Reflexionsbegriff, der mit Niklas Luhmann (1995) als sehr komplexer Prozess in funktional ausdifferenzierten Gesellschaften beschrieben werden kann. Um einem Individuum Zutritt zu den gesellschaftlichen Teilsystemen zu gewährleisten, „muss es kommunikativ von diesen adressiert werden, wenn die Lebensführung die Inanspruchnahme ihrer Funktionen nötig macht“ (Beck & Degenhardt, 2010). „Es geht dabei um die Frage, wie Inklusionspotenziale und inklusive Praktiken im Zusammenhang mit gesellschaftlichen Entwicklungen fruchtbar gemacht werden können“ (Flieger & Schönwiese, 2011). Inklusion als Entwicklungsaufgabe im gesellschaftlichen Segment „Schule“ fragt nach den wesentlichen Prinzipien und Merkmalen, die inklusive Bildung auf den unterschiedlichen Ebenen (Schulstruktur, Einzelschule und Unterricht) evozieren. Es geht darum, Schulleitungen und Lehrkräfte dafür zu sensibilisieren, Barrieren und Ressourcen für das Lernen und die Teilhabe aller Kinder zu erkennen, inklusive Lernarrangements und Unterstützung für Kinder mit vielfältigen Lernvoraussetzungen zu organisieren und inklusive Werte zu verankern (Arnold, 2010). Um inklusive Veränderungen und Entwicklungen in einer „Schule für alle“ zu initiieren, sind Annäherungen auf allen Ebenen der Schule notwendig. Auf der Ebene der Schulstruktur richten sich die notwendigen Rahmenbedingungen nach einem mehrgliedrigen System. Hier sind insbesondere die Formen der Leistungsmessung und Standardisierung zu hinterfragen, die lediglich den kognitiven Leistungszuwachs bemessen (Wedell, 2005). Die Beschreibung inklusiver Prozesse auf der Ebene des Unterrichts umfasst die Lehr-Lern-Interaktionen zwischen Lehrenden und Schülern und lässt sich demnach über Handlungs- und Materialorientierung umsetzen. Im naturwissenschaftlichen Unterricht gilt es daher, verschiedene Facetten der Handlung bzw. des handelnden Lernens wie beispielsweise den Handlungserfolg, die (kognitiven) Effekte gerichteten Handelns oder das Arrangement von Lernumwelten zu differenzieren.

### **Forschungsdesign**

Die Untersuchung war als zweijährige Längsschnittstudie mit acht Probanden im Rahmen eines wöchentlichen Neigungskurses am kooperierenden Förderzentrum Jena angelegt. Die

curricularen Bausteine, die mittels alltagsnaher und lebensweltlicher Experimente erarbeitet wurden, dienten zur Charakterisierung der Dynamik des Lernprozesses. Dabei wurde bei der Gestaltung der Lernmaterialien ausschließlich das Prinzip der „Unterstützten Kommunikation“ angewendet. Im Kontext der Aktionsforschung wurden alle Sitzungen videografiert sowie am Ende einer Curriculumseinheit themengelenkte und halbstrukturierte Interviews durchgeführt. Die Überführung des transkribierten Rohmaterials auf eine sekundäre Datenebene erfolgte mittels qualitativer Inhaltsanalyse, deren Ergebnis die Verallgemeinerung der Einzelstrukturierung durch Kategorienbildung darstellt. Dabei wurden zunächst relevante Äußerungen der Probanden selektiert und die Bedeutung tragenden Aussagen thematisch geordnet. Bevor anschließend einzelne Konzepte der Lernenden und damit gleichzeitig induktiv gebildete Kategorien formuliert werden konnten, wurden typische Erkenntnisse der Lernenden, die wiederum den Grad des Verstehens charakterisieren, dargelegt. Zusätzlich konnten mit den von Schülern angefertigten Zeichnungen die Veränderung der Prä- und Postkonzepte dokumentiert werden. Abbildung 1 zeigt die Gegenüberstellung des Prä- und Postkonzepts zum Thema „Wasser“. Die Nähe der Vorstellungen zur Lebenswelt und zum Alltag ist im ersten Teilbild deutlich zu erkennen. Wellenförmige Linien symbolisieren das Wasser. Am oberen Bildrand ist eine Person zu erkennen, die als der schwimmende Schüler während einer Trainingseinheit im lokalen Schwimmklub interpretiert werden kann. Im zweiten Teilbild, welches wesentlich abstraktere Darstellungen in Tabellenform zu einem Salz-Wasser-Gemisch zeigt, präsentiert der gleiche Schüler Wasser als Kreuzsymbole. Die Salzteilchen werden als Kreise, der Mischvorgang als Kreise und Kreuze gekennzeichnet. Die dritte Spalte gibt die Fehlvorstellung des Schülers wider, in der das „aufgelöste Salz verschwindet“.

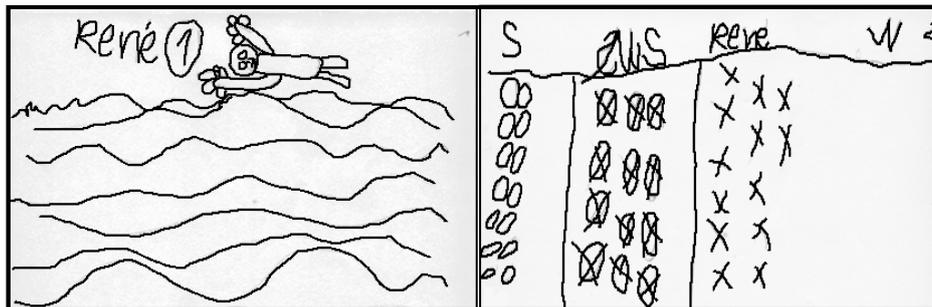


Abb. 1: Darstellung des Prä- und Postkonzepts eines Lernenden

### Ergebnisse und Ausblick

Zunächst lässt sich feststellen, dass die Qualität des naturwissenschaftlichen Denkens von Menschen mit Beeinträchtigungen umstritten bleibt. Dennoch fallen in vielen Beispielen der Ideenreichtum der Lernenden, die Originalität ihrer Denkwege sowie die Beharrlichkeit im Ringen um sachliche Klärung als erstaunliche Leistungen auf. Die im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse erhaltenen Ergebnisse, welche sich aus den induktiv gebildeten Kategorien zu den einzelnen Lernenden ergaben, werden im Folgenden exemplarisch an zwei verallgemeinerten Resultaten dargestellt.

(1) Kategorie „Fachbegriff“: Für geistig behinderte SchülerInnen sind naturwissenschaftliche Fachbegriffe teilweise nicht zu verstehen. Statt einer logischen Begriffsbestimmung werden Fachbegriffe im Idealfall zwar grammatikalisch korrekt wiedergegeben, jedoch wird bei der Erklärung die konkrete Situation einer vergangenen Erfahrung reproduziert. Das bedeutet, dass sich der Neigungskurs zwar positiv auswirkte auf die Förderung methodischer Fähigkeiten und Fertigkeiten und die Steigerung des Interesses, nicht aber auf das Verständnis naturwissenschaftlicher Begriffe. So zeigte sich bezogen auf

das Säure-Base-Konzept, dass der Begriff „Säure“ gestützt durch seine vielfachen Anwendungen im Alltag die Lernenden sogar zum Verständnis unterschiedlicher Grade an Säurestärke anregte, sein Antagonist „Base“ jedoch weder auf einer qualitativen (pH-Wert-Farbskala) noch auf einer quantitativen Ebene (pH-Wert-Skala) kognitiv greifbar wurde.

(2) Kategorie „Warum-Frage“: Das Erkenntnisniveau geistig behinderter SchülerInnen bezogen auf die Warum-Frage am Ende eines Experimentes ist unterschiedlich. Während einige die Warum-Frage mit der Funktion einer Sache erklären, steht für andere die Ursache für einen Vorgang im Vordergrund. Einige Lernende antworteten folglich auf die Frage „Warum geht das Teelicht aus, wenn ich darüber ein Becherglas stelle?“ indem sie die Warum-Frage in eine Wozu-Frage umwandelten. Die Funktion entspricht an dieser Stelle der Möglichkeit ein Becherglas über ein Teelicht zu bewegen. Hingegen erhielt die Warum-Frage für andere Lernende in diesem Kontext die Bedeutung „Wodurch“. Damit bestimmten sie die Luft im Becherglas als die mögliche Ursache des Phänomens und suchten die Antwort nicht mehr im sichtbaren Bereich.

Im weiteren Verlauf des Projekts sollen die erhalten Ergebnisse auf „normale“ Lernende projiziert werden und die für die Menschen mit Beeinträchtigungen als von der Norm abweichenden Aussagen in dem Sinne relativiert werden, als dass der Vergleich der beiden Gruppen gleiche bzw. ähnliche Lern-Typen zulässt. Anders ausgedrückt wird der Frage nachgegangen, was das „Normale“ am Lernen von SchülerInnen mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung ist? Ferner wird zu untersuchen sein, wie die bisher ausschließlich am Förderzentrum entwickelten und evaluierten Lernangebote (Krauß & Woest, 2012) in einem inklusiven Lernarrangement erfolgreich die Lernprozesse von Menschen mit Beeinträchtigungen begleiten.

#### Literatur

- Arnold, E. (2010). Inklusive Schulen entwickeln – Wie helfen Daten aus Lernstandserhebungen? In J. Schwohl & T. Sturm (Hrsg.), *Inklusion als Herausforderung schulischer Entwicklung: Widersprüche und Perspektiven eines erziehungswissenschaftlichen Diskurses* (S. 277-292). Bielefeld: Transcript Verlag.
- Beck, I., & Degenhardt, S. (2010). Inklusion - Hinweise zur Verortung des Begriffs im Rahmen der internationalen politischen und sozialwissenschaftlichen Debatte um Menschenrechte, Bildungschancen und soziale Ungleichheit. In J. Schwohl & T. Sturm (Hrsg.), *Inklusion als Herausforderung schulischer Entwicklung: Widersprüche und Perspektiven eines erziehungswissenschaftlichen Diskurses* (55-82). Bielefeld: Transcript Verlag.
- Flieger, P., & Schönwiese, V. (2011). Die UN-Konvention über Rechte von Menschen mit Behinderungen: Eine Herausforderung für die Integrations- und Inklusionsforschung. In P. Flieger & V. Schönwiese (Hrsg.), *Menschenrechte, Integration, Inklusion* (S. 27-35). Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag.
- Krauß, R., & Woest, V. (2012). Mineraleon – steinalt und mineralreich – Erste Schritte in die Mineralogie. *PdN-ChiS*, 67(7), 13-18.
- Krauß, R., & Woest, V. (2012). Naturwissenschaft am Förderzentrum. In D. Höttecke (Hrsg.), *Inquiry-based – Learning – Forschendes Lernen* (S. 101-103). Berlin: LIT – Verlag.
- Luhmann, N. (1995). Inklusion und Exklusion. In N. Luhmann (Hrsg.), *Soziologische Aufklärung 6: Die Soziologie und der Mensch* (S. 237-264). Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Wedell, H. (2005). Dilemmas in the Quest for Inclusion. *British Journal of Special Education*, 32(1), 3-11.

## **NESSI-Transfer – Öffnung eines Schülerlabors für Förderschulen**

Durch die voranschreitende Inklusion steigt die Heterogenität der Schulklassen. Immer mehr Förderschüler besuchen die Regelschulen, sodass sich auch Schülerlabore mit Förderschülern auseinandersetzen müssen. Das Schülerlabor NESSI-Lab öffnete sich vor vier Jahren für Förderschulen, insbesondere mit den Förderschwerpunkten Hören und Lernen. Die Förderschwerpunkte und ihre jeweiligen Auswirkungen machten eine Adaption des vorhandenen Konzepts vom NESSI-Lab notwendig. Auf Grundlage der Ergebnisse einer Befragung von Lehrerinnen und Lehrern hinsichtlich Experimentierens mit Förderschülern wurden die vorhandenen Versuche, die entsprechenden Versuchsanleitungen und der Ablauf im NESSI-Lab verändert. Begleitend erfolgte eine Befragung von teilgenommenen Kindern hinsichtlich der Nachhaltigkeit und Verbesserungsmaßnahmen.

### **Theoretischer Hintergrund**

Das ursprüngliche Konzept des Nürnberg-Erlanger-Schüler- und Schülerinnen-Labors richtet sich an die Jahrgangsstufen 1 bis 6 der Regelschüler. Einen Vormittag lang können die Schülerinnen und Schüler experimentieren, chemische Phänomene erleben und deren Zusammenhänge verstehen lernen. Abhängig von der Jahrgangsstufe und dem Lehrplan werden aus den Themenbereichen Feuer, Wasser, Erde und Luft verschiedene Experimente angeboten. Wie viele andere Schülerlabor-Konzepte in Deutschland verbindet auch das NESSI-Lab die drei Säulen der Lehrerbildung. In der ersten Phase ist dabei das Schülerlabor für die Lehramtsstudierenden mit dem Fach Chemie eine verpflichtende Lehrveranstaltung. Dabei betreuen sie die Lernenden bei der Durchführung von Experimenten. Durch die positive Resonanz aller Beteiligten hat sich das Schülerlabor NESSI-Lab anderen Zielgruppen geöffnet, nämlich Kindern mit sonderpädagogischem Förderbedarf (vgl. Schmitt-Sody & Kometz, 2012, 2013).

Die Zielgruppe sind Förderschüler mit den Förderschwerpunkten Hören und Lernen. Unter den Förderschwerpunkt Lernen fallen dabei Lernbehinderung, Verhaltensauffälligkeiten, Motivationsstörungen, geschwächtes Selbstwertgefühl, geringes Vorwissen, beeinträchtigte Wahrnehmung und Erfahrungsmangel (vgl. Vernooij, 2007). Beim Förderschwerpunkt Hören handelt es sich um Hörschädigungen, darunter wird eine Minder- oder Fehlleistung des Hörorgans verstanden (Claußen, 1995). In Bayern gibt es zu diesem Förderschwerpunkt eine Einteilung in fünf Sprachlerngruppen (siehe <http://www.foerderzentrum-hoergeschaeedigte-bamberg.de/sprachlerngruppen.htm>).

Doch wieso bringt man nun Chemiedidaktik und Förderschule zusammen und welche Anstöße und theoretischen Grundlagen finden sich dazu in der bisherigen Forschung? Durch die UN-Konvention aus dem Jahr 2006 zum Übereinkommen zu den Rechten von Menschen mit Behinderung und der Forderung der Umsetzung der dazugehörigen Länder tritt die Thematik „Behinderung“ oder „Förderschule“ im Bildungsbereich v.a. zur Thematik „Inklusion“ in den Vordergrund. Betrachtet man die Literatur und Forschungsprojekte im Bereich der Chemiedidaktik und Sonderpädagogik, so wird ersichtlich, dass der Chemieunterricht an der Förderschule nur ein Randthema darstellt.

### **Konzeption und Umsetzung des Schülerlabor-Projektes „NESSI-Transfer“**

Aufgrund der voranschreitenden Inklusion müssen sich nicht nur die Schulen, sondern auch außerschulische Lernorte, wie Lehr-Lern-Labore, auf eine veränderte Schülerschaft ein-

stellen. Gerade das Experiment liefert Handlungsorientierung, Alltagsbezug und ermöglicht Selbsttätigkeit, die in der Sonderpädagogik als notwendige Prinzipien im Unterricht für Kinder mit Förderbedarf gefordert werden.

Zudem wurde der Lehrplan der Förderschulen und die theoretischen Hintergründe zu den beiden Förderschwerpunkten Hören und Lernen berücksichtigt. Die folgende Abbildung verdeutlicht die einzelnen Aspekte, die angepasst wurden.

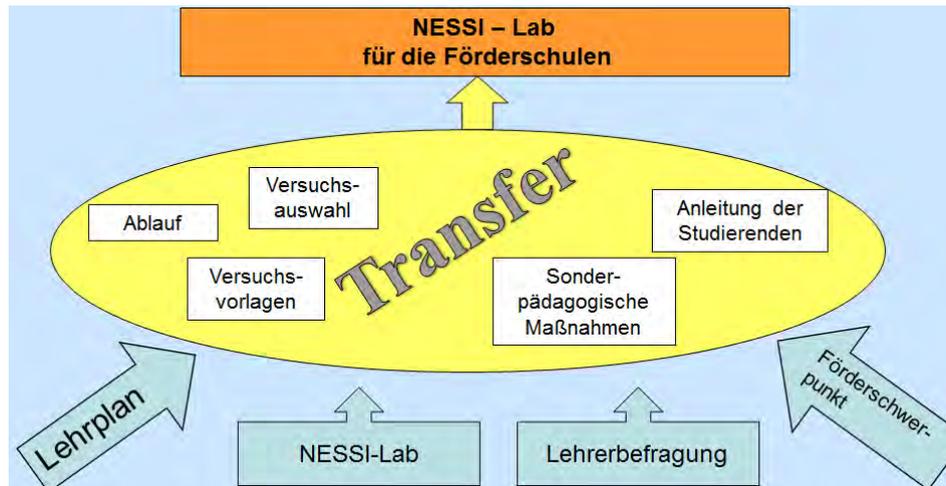


Abb. 1: Die Konzeption von NESSI-FÖSL im Überblick

Um dies umzusetzen, wurde der Ablauf des Schülerlaborbesuchs durch Einfügen längerer Pausen sowie kürzerer Experimentierphasen geändert, um die geringe Konzentrationsspanne der Lernenden zu berücksichtigen. Ebenfalls wurden die Experimente hinsichtlich der genannten Anforderungen ausgewählt und die Arbeitsvorschriften angepasst. Auch in Bezug auf die Studierenden, die die Förderschülerinnen und Förderschüler im Labor betreuen, wurden Änderungen notwendig, da diese keine Sonderpädagogik studieren. Hier erfolgte eine intensive Einführung in die Sonderpädagogik, die Förderschwerpunkte, ihre Auswirkungen und den Umgang mit Förderschülern in Experimentiersituationen. Besonderen Wert wurde dabei auf die Berücksichtigung einer geeigneten Sprache der Studierenden mit einfachen, kurzen Sätzen sowie klarer Aussprache gelegt.

### Untersuchungsergebnisse

Zur Evaluation wurden 23 Kinder mit Hörschädigungen in Form von halbstandardisierten Interviews befragt. Die Befragungen fanden an drei Zeitpunkten statt: vor dem Schülerlaborbesuch sowie einen Tag und noch einmal drei Monate nach dem Schülerlaborbesuch. Die Auswertung erfolgte durch ein Mischverfahren aus induktiver und deduktiver Kategorienbildung. Die Ergebnisse zeigten, dass eine höhere Erinnerungsleistung bei der Durchführung und Beobachtung der Experimente im Vergleich zu deren Erklärung bestand. Insgesamt konnte auch ein Unterschied zwischen den Kindern, die mit lautsprachbegleitenden Gebärden kommunizieren, und lautsprachorientierten Kindern nachgewiesen werden. Beispielsweise verwechselten Kinder die Fachbegriffe „schmelzen“ und „lösen“ bei einem Experiment, welches das Lösen eines Zuckerwürfels beinhaltete. Die beiden Gebärden sind in ihrer Ausführung sehr ähnlich, womit eine Verwechslung der Fachbegriffe sehr leicht möglich ist. Die Verwendung einer Mischform aus diesen beiden Gebärden durch eines der teilnehmenden Kinder ist ein Beispiel hierfür.

Als weitere Ergebnisse ergaben sich falsche Beobachtungen bei einzelnen Experimenten, Experimente mit zwei Phänomenen waren für die Schüler schwierig zu unterscheiden, es gab Verwechslungen von Experimenten, die sich ähneln und einzelne Phänomene konnten nicht gefestigt werden, während die Lernziele häufig bei eindrucksvollen Experimenten erreicht wurden.

Daraus ergaben sich verschiedene Konsequenzen für das Schülerlabor, wie die Notwendigkeit weiterer Visualisierungen im lautsprachlichen Bereich oder den Bedarf an weiteren Hilfs- oder Ergänzungsexperimenten. Einige Experimente wurden ganz aus dem Konzept entnommen, Experimentiermaterialien wurden verändert und schließlich wurde auch ein eigenes Glossars mit Gebärdensprache entwickelt.

### **Fazit und Ausblick**

Dieses Projekt soll einen Einblick in die Umgestaltung und Anpassung eines Schülerlabors, bedingt durch den Förderbedarf, aufzeigen. Zusätzlich soll das Projekt andere Schülerlabore motivieren, sich dieser Zielgruppe zu öffnen und diesen zugleich eine Orientierung geben, wie ein solches Konzept gestaltet sein könnte.

Die Schülerlabore müssen sich in Zukunft aufgrund der voranschreitenden Inklusion in Deutschland mit Schülern mit Förderbedarf auseinandersetzen, auch wenn ihre Zielgruppe Regelschulen sind. Die Inklusion macht eine Differenzierung, individuelles Eingehen und die Berücksichtigung des Förderschwerpunktes im Schülerlabor notwendig. Dies beinhaltet notwendige Differenzierungen auf kognitiver, motorischer und schriftsprachlicher Ebene.

Das NESSI-Lab hat deshalb bereits begonnen, das reguläre Konzept zu überdenken und umzustrukturieren. Durch das Projekt „NESSI-FÖSL“ wurde dafür ein Grundstein gelegt. Aber nicht nur die Schülerlabore bzw. Lehrerinnen und Lehrer müssen sich dem Thema Förderschüler stellen. Auch die chemiedidaktische Forschung wird sich in Zukunft mit der Inklusion auseinandersetzen müssen bzw. in ihren Forschungsansätzen Kinder mit Förderbedarf zu berücksichtigen haben, wenn diese vermehrt in der Regelschule unterrichtet werden. Das vorgestellte Projekt „NESSI-FÖSL“ sollte und konnte einen Schritt zu der dazu notwendigen Verzahnung der Sonderpädagogik mit der Didaktik der Chemie leisten.

### **Literatur**

- Schmitt-Sody, B., & Kometz, A. (2012). Experimentieren mit Förderschülern im NESSI-Lab. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht* (S. 131-133). Münster: LIT-Verlag.
- Schmitt-Sody, B., & Kometz, A. (2013). Sprachliche Hindernisse bei Förderschülern im Chemieunterricht. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 138, 36-39 (im Druck).
- Claußen, W. H. (1995). Schwerhörigenpädagogik. In W. Claußen, D. Hartwig, N. Myschker & W. Rath, (Hrsg.), *Einführung in die Behindertenpädagogik* (S. 9-42). Band III, 4. Auflage. Stuttgart, Berlin, Köln: Kohlhammer Verlag.
- Vernooij, M. (2007). Aspekte des Lernens bei Kindern mit Lernbeeinträchtigung. In K. Salberg-Ludwig & E. Grüning (Hrsg.), *Pädagogik für Kinder und Jugendliche in schwierigen Lern- und Lebenssituationen* (S. 47-64). Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.

## Umgang der NW – Lehrerinnen und Lehrer mit sprachlicher Heterogenität

### Theoretischer Hintergrund

Sprachliche Heterogenität von Schülerinnen und Schülern und dadurch verursachte Defizite in den Leistungen sind ein wiederholt beschriebenes Problem. Auch wenn die Lehrerinnen und Lehrer die Probleme wahrnehmen, wenige sind für die Hintergründe der Problematik sensibilisiert und in Strategien zu ihrer Überwindung geschult. Riebling und Bolte (2008) zeigen, dass eine hohe Aufmerksamkeit und Sensibilität der Lehrkräfte bzgl. sprachlicher Heterogenität erforderlich ist, um diese Schwierigkeiten zu erkennen, sie im Unterricht zu nutzen oder auch abzufedern. Außerdem bestehen weitere Faktoren, die einen sprachsensiblen Unterricht „verhindern“ können. Spillane et al. (2001), Esser (2006), Cho und McDonnough (2009) und einige weitere Studien zeigten, dass es viele externe Einflüsse gibt, die gegen die Umsetzung eines sprachsensiblen Unterrichts sprechen (z. B. Schulsystem an sich, Eltern, ...). Anzumerken ist auch, dass der größte Teil entsprechender Studien zu diesem Bereich aus dem amerikanischen Raum stammt und sich auf Schülerinnen und Schüler der Grundschule beschränkt (vgl. auch Lee, 2005). Deshalb sind die Ergebnisse in vielen Punkten auf Deutschland nicht übertragbar (z. B. wegen unterschiedlicher Schulsysteme, Unterschieden zwischen Deutsch und Englisch, Unterschieden in den Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler (Muttersprache, Kultur, Migration 1 und 2 Grades, ...)). Des Weiteren sind verlässliche Daten über die tatsächlichen Einstellungen und die Expertise der Chemielehrkräfte in diesem Bereich kaum zu finden. Ziel dieser Studie ist es daher, eine Bestandsaufnahme über die Vorstellungen und Expertise der Chemielehrkräfte bezüglich sprachlicher Heterogenität, ihrer Wahrnehmung der Herausforderungen und Barrieren im schulischen Alltag sowie über die Bedürfnisse bezüglich der Unterstützung in Planung und Durchführung des Unterrichts hinsichtlich der Problematik zu erfahren.

Es sollen folgende Fragen beantwortet werden:

1. Welche *Herausforderungen und Barrieren* sehen die Lehrpersonen, wenn es um die Sprache im Chemieunterricht geht?
2. Welche *Unterstützung* erfahren die Chemielehrpersonen, wenn es um die sprachlich heterogenen Chemieklassen geht?
3. Welche *Methoden und Techniken* benutzen die Chemielehrpersonen, wenn sie mit sprachlich heterogenen Klassen arbeiten?
4. Welche *Bedürfnisse und Wünsche* haben die Chemielehrpersonen, wenn es um sprachliche Heterogenität geht?

### Methode und Probanden

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurden zwei Likert-Fragebögen benutzt, die in einem zusammengefasst wurden (Cho & McDonnough, 2009; Lee et al., 2009). Der zusammengesetzte Fragebogen wurde auf Deutsch übersetzt, von einer Gruppe von Lehrerinnen und Lehrern kommunikativ validiert und anschließend an einer Gruppe Lehrerinnen und Lehrer pilotiert. Die Daten werden im Bereich der Hansestadt Bremen (Bremen und Bremerhaven) erhoben. In allen drei PISA-Studien hat Bremen im Deutschlandvergleich immer das Schlusslicht gebildet. Bremen belegt den letzten Platz in Deutschland bei den bildungsfremden Haushalten, den letzten Platz in Deutschland bei der Erwerbslosigkeit der Eltern, Platz zwölf beim Armutsrisiko. Somit ist Bremen repräsentativ für die verschiedenen deutschen Ballungszentren (wie z. B. Großstädte, Ruhrgebiet,...) zu sehen. Die Auswertung des qualitativen Teils der Studie erfolgt anhand der klassischen Methoden der Statistik mit SPSS.

Insgesamt haben 100 Lehrerinnen und Lehrer der Naturwissenschaften an der Studie teilgenommen. Die Probandengruppe ist zu 54% weiblich. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer haben unterschiedlich lange Berufserfahrungen, angefangen von „weniger als 1 Jahr“ bis „mehr als 20 Jahre“ und unterrichten in unterschiedlichen Schulstufen und Schulformen. Überwiegend unterrichten die Probanden Chemie und Biologie. Auf die Frage nach der Anzahl der Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund in ihren Klassen, äußerten 65%, dass mehr als 8 Schülerinnen und Schüler in ihren Klassen einen Migrationshintergrund haben. 96% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sind nur mit der deutschen Sprache aufgewachsen und haben Kenntnisse in einer zweiten Sprache (Englisch), die sie jedoch selten oder nie im schulischen Kontext benutzen.

## **Ergebnisse**

### *Herausforderungen und Barrieren*

Die Ergebnisse zeigen, dass die Lehrerinnen und Lehrer in dieser Studie die Sprache und Kultur der Schülerinnen und Schüler nicht als Herausforderung in ihrem Unterricht wahrnehmen. Sie finden jedoch, dass eher das mangelhafte Wissen und die mangelnde Motivation von Seiten der Schülerinnen und Schüler eine Herausforderung in ihrem Unterricht ist. Darunter ist nicht nur das Fachwissen der Chemie, sondern auch der Mathematik und der Naturwissenschaften allgemein zu verstehen. Als eine weitere Herausforderung sehen die Lehrerinnen und Lehrer die Bewertung und Benotung der Schülerinnen und Schüler in einer sprachlich heterogenen Klasse. Auch wenn die Lehrerinnen und Lehrer die Sprache an sich als keine Herausforderung sehen, empfinden sie den Umgang mit der schlechten Lese- und Schreibkompetenz der Schülerinnen und Schüler als eine Hürde, ebenso den Umgang mit der Sprach- und Hörverständniskompetenz.

Die Lehrerinnen und Lehrer finden Kürzungen des Inventars als eine große Barriere in ihrem Alltag sowie wie die Umsetzung des Bildungsplans und der darin enthaltenen Themen. Auch wenn an vielen Schulen die Klassengröße reduziert wurde, empfinden die Probanden die Größe der Klassen als eine große Barriere, insbesondere in Bezug auf die Inklusionsklassen. Die Unterbrechungen im Unterricht und die dadurch verkürzte Unterrichtszeit empfinden die Lehrerinnen und Lehrer als eine moderate Barriere genauso wie den Mangel an Unterrichtsmaterialien für einen sprachsensiblen Unterricht. Ein weiterer Punkt, der als eine große Barriere genannt wurde, ist die mangelnde Teilnahme der Eltern an den Schüleraktivitäten gleichermaßen wie die mangelnden Sprachkenntnisse der Eltern.

### *Unterstützung*

Unterstützung erfahren die befragten Lehrerinnen und Lehrer im Kollegium. Dies beschränkt sich jedoch auf den Austausch von Geschichten und Erfahrungen aus dem Unterricht. Eine Analyse der Problematik oder eine Diskussion über die Lösungsmöglichkeiten findet nie oder nur selten statt. Des Weiteren äußern die Lehrerinnen und Lehrer, dass nie oder nur selten eine kooperative Entwicklung des Unterrichts stattfindet.

### *Methoden und Techniken*

Viele Lehrerinnen und Lehrer entwickeln nach einigen Jahren eigene Unterrichtsmethoden im Umgang mit verschiedenen Problemen im Unterricht. Die befragten Lehrerinnen und Lehrer sagten, dass sie den Schülerinnen und Schülern mit sprachlichen Schwierigkeiten oft mehr Zeit anbieten, dies jedoch nicht eingeplant wird, sondern vielmehr im Unterricht spontan entsteht. Manchmal passen die Probanden ihre Redegeschwindigkeit den Bedürfnissen der Schülerinnen und Schüler im Unterricht an. Nur in wenigen Stunden wird die Zahl der Fachbegriffe reduziert. Selten oder fast nie bieten die Lehrerinnen und Lehrer den Schülerinnen und Schülern verschiedene Anleitungen/Aufgaben an oder machen

Unterschiede in der Bewertung. Nach der Frage bezüglich der Muttersprache der Schülerinnen und Schüler im Unterricht äußerten sie, dass sie diese nicht im Unterricht benutzen und auch nicht darauf achten, dass die Schülerinnen und Schüler diese in Gruppen anwenden können. Es werden somit auch keine sprachlich homogenen Gruppen absichtlich gebildet. Auch die Materialien werden nicht speziell für die sprachsensiblen Klassen überarbeitet.

#### *Bedürfnisse*

Um eine optimale und auf die Wünsche der Lehrerinnen und Lehrer zugeschnittene Unterstützung anzubieten, wurde nach deren Bedürfnissen gefragt. Die Lehrerinnen und Lehrer in dieser Studie äußerten sich, dass sie eine zweisprachige Co-Lehrkraft oder zweisprachiges Unterrichtsmaterial als keine Hilfe für sich sehen. Sie denken auch, dass ein Sprachtraining in der Muttersprache der Schülerinnen und Schüler oder das Wissen über deren Kulturen nicht wichtig ist bzw. keine Unterstützung wäre. Allgemein sind die Lehrerinnen und Lehrer für die Fortbildung bezüglich des Umgangs mit sprachlicher Heterogenität im Unterricht interessiert, jedoch sehen sie vereinzelte Lehrerfortbildungsnachmittage als wenig fruchtbar und sind nicht offen dafür. Sie finden eine ständige Kooperation zwischen der Universität und der Schule als fruchtbarer und wollen dabei mehr Wissen über die Sprachentwicklung und über die Benotung gewinnen. Ein wichtiger Punkt war auch die Nachfrage nach mehr Materialien für einen besseren Umgang mit sprachlich heterogenen Klassen.

#### **Diskussion**

Aus den Ergebnissen ist deutlich zu sehen, dass ein Bewusstsein für die sprachlichen Defizite der Schülerinnen und Schüler bei den Lehrerinnen und Lehrern geweckt werden muss. In Anbetracht der Tatsache, dass fast alle Lehrerinnen und Lehrer einsprachig mit der deutschen Sprache groß geworden sind, ist es wichtig, dass sie für die sprachliche Heterogenität in der Klasse und die einzelnen „Hürden“ der deutschen Sprache sensibilisiert werden. Anschließend sollten auch die Ziele des Unterrichts neu überdacht werden und der Fokus mehr auf die Sprache und den Spracherwerb (auch bezüglich der Fachsprache) gesetzt werden.

Von Seiten der Universität sollte ein Angebot an Unterrichtsmaterialien und Werkzeugen und Methoden für einen sprachlich sensiblen Unterricht entwickelt werden und in der Schule eingesetzt werden. Des Weiteren soll das Angebot an Lehrerfortbildungen überdacht werden und Veränderungen in der Lehreraus- und -fortbildung vorgenommen werden. Dabei sind auch Kooperationen mit der Deutschdidaktik und der DaZ-Didaktik vorzunehmen.

#### **Literatur**

- Cho, S., & McDonnough, J. T. (2009). Meeting the needs of high school science teachers in English language learner instruction. *Journal of Science Teacher Education*, 20, 385-402.
- Esser, H. (2006). *Sprache und Integration. Die sozialen Bedingungen und Folgen des Spracherwerbs von Migranten*. Frankfurt: Campus Verlag.
- Lee, O. (2005). Science education with English language learners: Synthesis and research agenda. *Review of Educational Research*, 75, 491-530.
- Lee, O., Maaarten-Rivera, J., Buxton, C., Penfield, R., & Secada, W. G. (2009). Urban elementary teachers' perspectives on teaching science to English language learners. *Journal of Science Teacher Education*, 20, 263-286.
- Riebling, L., & Bolte, C. (2008). Sprachliche Heterogenität im Chemieunterricht. In D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik – Jahrestagung in Essen 2007* (S. 176-178). Münster: LIT.
- Spillane, J. P., Diamond, J. B., Walker, L. J., Halverson, R., & Jita, L. (2001). Urban school leadership for elementary science instruction: Identifying and activating resources in an undervalued school subject. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 918-940.

## **Fallstudie zur Entstehung von Gerichtetheit durch Physikunterricht**

### **Der Begriff Gerichtetheit**

Gerichtetheit soll als Fähigkeit des Selbst zur Entdeckung und Gestaltung eigener Lernwege verstanden werden. Diese Fähigkeit soll gleichzeitig die Grundlage eines selbstständigen Experimentierens bilden und dadurch autonome (sinnvolle) Gestaltungsprozesse ermöglichen, aus denen Bezüge des Kindes zu sich, zur Welt und zu den anderen Mitmenschen mittels Sinnerleben entstehen können. Der Sinn einer Handlung, die die Richtung bestimmter Gestaltungsprozesse ermöglicht, wird, im Sinne der Entstehung von Gerichtetheit, im künstlerischen und ästhetischen Sinne verstanden (Kunst als Gestaltungsprozess und Ästhetik als Gestaltung einer individuellen schönen Form).

Durch die Frage nach der Entstehung von Gerichtetheit sollen Bildungsprozesse in einem ganzheitlichen Zusammenhang und im Sinne der Gestaltung von Lernumgebungen beschrieben werden. Dabei ist angezielt, entstehende Bezüge des Kindes zu sich, zur Welt und zu den anderen Mitmenschen zu beobachten, zu beschreiben und zu verstehen. Der theoretische Rahmen dieser Forschungsarbeit wird mithilfe der Grundgedanken der Philosophie der Lebenskunst, der Pädagogik für Kinder in schwierigen Lebenslagen, der künstlerischen bzw. ästhetischen Bildung und mit ausgewählten Ergebnissen der Fachdidaktik der Physik bearbeitet.

### **Theoretischer Rahmen und Problemstellung**

Im Sinne der Philosophie der Lebenskunst (Schmid, 1998) sollte die Gestaltung einer Lernumgebung künstlerische und ästhetische Bedingungen der Entfaltung des Selbst berücksichtigen und fördern. Indem Gestaltungsprozesse zur Verwirklichung von Sinn innerhalb der Lernumgebung gefördert werden, soll dort auch im Sinne dieser Philosophie die Arbeit an der „Schönheitsbildung“ der eigenen Existenz stattfinden, indem sich der Mensch des Sinnes und des Raumes seiner individuellen Tätigkeit bewusst wird (Schmid, 1998, 2003). Im Rahmen der Arbeit mit Kindern in schwierigen Lebenslagen und auf der Grundlage der Arbeiten zur „Physik für Straßenkinder“ von Welzel und Breuer (2006) wurden zunächst Daten mittels teilnehmender Feldbeobachtung erhoben. In einem Forschungstagebuch, als Feldnotizen und mit Fotos wurden Beobachtungen zum Verhalten von Kindern in schwierigen Lebenslagen dokumentarisch festgehalten. Es stellte sich heraus, dass Kinder in schwierigen Lebenslagen dort Probleme haben, wo die Bezüge zur Welt, zu sich selbst und zu den anderen Mitmenschen nicht mehr vorhanden sind bzw. verhindert werden. Diese Feststellungen haben es ermöglicht, die Fragestellung dieser Forschungsarbeit zu präzisieren: Inwieweit ist es möglich, eine naturwissenschaftliche Lernumgebung derart zu gestalten, dass die Verwirklichung von Sinn und die entsprechende Herstellung der oben genannten Bezüge gefördert werden?

### **Fragestellung dieser Studie, Unterricht und Datenerhebung**

Wir gehen davon aus, dass Lernprozesse individuell, situativ und kontextspezifisch verlaufen (Aufschnaiter & Welzel, 1996). Die Art der persönlichen Schwierigkeiten, die Kinder und Jugendliche in schwierigen Lebenslagen bewältigen müssen, weist in diesem Sinne ebenso darauf hin, dass jedes Problem in diesem Bereich je nach Kind oder Jugendlichen sehr individuell zu betrachten ist (Ahrbeck & Rauh, 2006). Darauf bezieht sich die Idee der hier anzuwendenden *subjektorientierten Didaktik*. Als Konsequenz muss die Planung und Gestaltung einer Lernumgebung biografische Aspekte berücksichtigen, um

Interaktionsprozesse des Kindes mit dieser Umgebung (Lijnse, 2010) im Sinne der Entstehung von Gerichtetheit fördern zu können. Die Verwirklichung einer solchen Didaktik wird dort ermöglicht, wo die Lebenswelt und die individuelle Persönlichkeit der Kinder die Grundlage der Gestaltung von konkreten Lernumgebungen bilden (Welzel & Breuer, 2006; Götz-Hege, 2000). Obwohl inzwischen (vor allem im förderpädagogischen Feld) die Biografie bei der Realisierung unterrichtlicher Angebote Berücksichtigung findet, bleibt eine gezielte Betrachtung der situativen Bezüge des Kindes zu seiner Lernumgebung im Sinne der Entstehung von Gerichtetheit in der Regel unbeachtet oder findet nur unsystematisch Anwendung.

Um herauszufinden, ob die Gestaltung einer Lernumgebung im Sinne der Entstehung von Gerichtetheit inklusive aller Bezüge möglich ist und die Realisierung von solchen Bezügen tatsächlich gefördert wird, wurde eine Unterrichtseinheit zum Thema Optik entwickelt und am Institut für Heilpädagogik und Erziehungshilfe Schlierbach e.V. zwischen dem 21.06.2012 und 08.07.2012 realisiert. Der Unterricht wurde in Form eines subjektorientierten Kleingruppenunterrichts gestaltet: drei Kinder in schwierigen Lebenslagen wurden über einen projektorientierten und soziale Beziehungen fördernden Unterricht in die Grundlagen der Optik eingeführt. Sie beschäftigten sich über einen phänomenorientierten Zugang mit den Eigenschaften des Lichts, wendeten diese neuen Kenntnisse beim Bau und der Nutzung einer Lochkamera an und experimentierten mit der Fotografie. Es wurde systematisch darauf geachtet, dass sie in jeder Phase des Unterrichts individuell unterstützt werden. Am Ende präsentierten sie einzeln und individuell ihre Ergebnisse, auch vor einer größeren Gruppe. Die Kinder wurden während des Unterrichts fast durchgängig mit Video beobachtet. Wo dies nicht möglich war, wurden Tonaufzeichnungen gemacht. Die entsprechende Entscheidung wurde situativ getroffen. So stehen unter anderem etwa 12 Stunden Video- und Tonaufnahmen für die Analysen zur Verfügung.

#### **Datenauswertung: konkrete Forschungsfragen und Operationalisierung**

Der Prozess der Verwirklichung von Sinn setzt die Entstehung von Sinn voraus. Jedoch ist es im Rahmen von Beobachtungen nicht ohne weiteres möglich, innere Prozesse, wie diese Entstehung von Sinn, zu erkennen. Den einzig möglichen Zugang bietet die Beobachtung und Analyse von individuellen Handlungen. Der Begriff „Handlung“ bezieht sich hier auf *alle audiovisuell beobachtbaren Verhaltensweisen und insbesondere Interaktionen der Kinder*. Wir gehen davon aus, dass die äußeren Handlungen uns zeigen, wann Bezüge und Sinngänge einer Handlung auftreten. Daher wurden zunächst im Rahmen dieser Forschungsarbeit „alle“ Handlungen eines beobachteten Kindes bestimmt und protokolliert. Anschließend wurden diejenigen Handlungen ausgewählt, in denen die drei Bezüge (zu sich selbst, zur Umwelt und zu den Mitmenschen) gleichzeitig erscheinen. Gemäß unserer Fragestellung sollte hier Gerichtetheit entstehen. Die Bezüge wurden zugeordnet (Bezüge zur Welt, zu sich selbst, zu anderen) und diese Zuordnung aus dem Handlungskontext heraus begründet. So ist erkennbar, ob und inwieweit tatsächlich Bezüge hergestellt wurden (Forschungsfrage 1).

Immer dann, wenn Bezüge bestimmt und begründet wurden, wurde auch gefragt, unter welchen Bedingungen diese entstanden sind (Forschungsfrage 2). In diesem Zusammenhang sind mindestens zwei wichtige Bedingungen zu untersuchen: das Erleben des Kindes, während der Verwirklichung von Sinn, sowie diejenigen Bedingungen, die die Lernumgebung hierbei ermöglicht (Forschungsfrage 3). Bei jeder Handlung und bei jeder Erscheinung eines Bezuges (innerhalb einer Handlung) werden das Erleben im Sinne von Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit (Deci & Ryan, 1993) sowie die Bedingungen ihrer Entstehung im Rahmen der Lernumgebung bestimmt bzw. kategorisiert und begründet.

### Arbeitsstand

Die ersten Auswertungen zeigen, dass im Rahmen des subjektorientierten Unterrichts eine individuelle Auseinandersetzung der Kinder mit der Lernumgebung beobachtet und beschrieben werden kann. Dabei werden bei den Kindern entstehende Bezüge zur Welt, zu sich selbst und zu anderen Menschen sichtbar. Es zeigte sich auch, dass die Bezüge eine unterschiedliche Intensität bzw. Komplexität aufweisen können – von einer niedrigen zu höheren Stufen. Die allgemeinen Kriterien für die Bildung von Komplexitätsstufen sind, dass *die höheren immer die darunterliegenden einschließen müssen*.

Im Rahmen dieser Beobachtung erwarten wir über den Verlauf der gesamten Unterrichtseinheit eine Tendenz der Entwicklung von Bezügen von einer niedrigen bis hin zu einer höheren Intensität bzw. Komplexität.

Über die Erfassung und Beschreibung der Bezüge des Kindes konnten erste Zusammenhänge zum „Sinnerleben“ und zum „Sinnverwirklichen“ und wiederum zur Rolle der Lernumgebung hergestellt werden.

### Ausblick

Die Frage der Entstehung von Gerichtetheit bei Kindern in schwierigen Lebenslagen soll als Vertiefung der Idee einer subjektorientierten Didaktik verstanden und im Rahmen ganzheitlicher Bildungsprozesse analytisch fokussiert werden.

Da der Begriff „Gerichtetheit“ die Berücksichtigung individueller biografischer Aspekte und eine ausführliche Analyse der Entstehung von subjektivem Sinn voraussetzt und damit die entsprechende Tiefe der Analyse erreicht werden und tiefer gehende Zusammenhänge innerhalb von Lehr-Lern-Situationen mit Kindern in schwierigen Lebenslagen aufgedeckt werden können, soll diese Arbeit im Rahmen einer Fallstudie ausgeführt werden. Dabei sind Elemente der Sinnverwirklichung und der Herstellung von Bezügen zu untersuchen.

### Literatur

- Ahrbeck, B., & Rauh, B. (Hrsg.). (2006). Der Fall des schwierigen Kindes. Therapie, Diagnostik und schulische Förderung verhaltensgestörter Kinder und Jugendlicher. Weinheim: Beltz.
- Aufschnaiter, S., & Welzel, M. (1996). Schilervorstellungen und Lernen. In R. Duit & J. Mayer (Hrsg.), Studien zur naturwissenschaftsdidaktischen Lern- und Interessenforschung (S. 29-43). Kiel: IPN.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39(2), 223-238.
- Götz-Hege, J. (2000). Zur Wiederentdeckung des Subjekts in der Pädagogik. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Lijnse, P. (2010). Didactics of science: The forgotten dimension of science education? In Kortland, K. & Klaassen, K. (Eds.), Designing Theory-Based Teaching-Learning Sequences for Science Education, Utrecht University – Fisme series on Research in Science Education; nr. 64, 125-141.
- Schmid, W. (1998). Philosophie der Lebenskunst. Eine Grundlegung. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Schmid, W. (2003). Schule der Lebenskunst. In C.-P. Buschkühle (Hrsg.), Perspektiven künstlerischer Bildung (47-58). Köln: Salon Verlag.
- Welzel, M., & Breuer, E. (2006). Physik für Straßenkinder - ein internationales Projekt mit wissenschaftlicher Begleitung. MNU, 59/2, 80-85.

### Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie

Die Studienabbruchquoten in Deutschland bei Bachelorstudierenden des Fachs Chemie an Universitäten betragen derzeit 43 % (Heublein et al., 2012). Gründe für das vorzeitige Verlassen der Hochschule sind vor allem mangelnde Leistung und mangelnde Motivation (Heublein et al., 2010). Werden Fach- und Hochschulwechsler hinzugezählt, resultiert eine Schwundquote für das Fach Chemie von sogar 56 % (Heublein et al., 2008). Um Studienabbruch zu verringern und damit Studienerfolg zu erhöhen, ist es notwendig, nach Faktoren zu suchen, die den Studienerfolg beeinflussen. Für das Studienfach Chemie liegen im deutschsprachigen Raum bisher kaum empirische Ergebnisse dazu vor. Die Studie möchte somit einen Beitrag dazu leisten, dieses Defizit auszugleichen. Dafür wird ein Regressionsmodell für die Prognose von Studienerfolg erstellt, das sich an Schiefele, Krapp und Winteler (1992) anlehnt. Diese fassen zusammen, dass für gewöhnlich allgemeine kognitive Faktoren, allgemeine motivationale Faktoren sowie Interesse für die Studienerfolgsprognose herangezogen werden. Das hier verwendete Modell unterteilt die kognitiven Faktoren in Vorwissen, welches zuerst in das Regressionsmodell eingefügt wird, und eher allgemeine Faktoren (Abiturgesamtnote und Fähigkeit im schlussfolgernden Denken), welche als zweiter Prädiktorenblock hinzugefügt werden. Danach folgen das Wunschfach der Studierenden als motivationaler Faktor und schließlich das Fachinteresse. Da Studierende verschiedener Studiengänge involviert waren, wurde als zusätzlicher Prädiktor der Studiengang hinzugefügt.

Die Studie wurde an Erstsemesterstudierenden des Fachs Chemie der Universität Duisburg-Essen durchgeführt und definiert Studienerfolg als die Punktzahl in der Chemieklausur am Ende des ersten Semesters. Da die Studie einmal im Wintersemester 2010/11 und einmal im darauffolgenden Wintersemester 2011/12 stattgefunden hat, können beide Messzeiträume miteinander verglichen und das theoriegeleitete Regressionsmodell auf seine Replizierbarkeit hin überprüft werden.

#### Studiendesign & Methoden

Beide Befragungen erfolgten an der Universität Duisburg-Essen jeweils am Beginn des ersten Semesters (Prätest) im Rahmen der Lehrveranstaltung zur Allgemeinen Chemie. Im Wintersemester 2010/11 konnten die Daten von 87 Studierenden und im Wintersemester 2011/12 die Daten von 94 Studierenden für die Studienerfolgsprognose eingesetzt werden. Die beteiligten Studiengänge und die genaue Zusammensetzung der Stichprobe gibt Tabelle 1 wieder. Die Ergebnisse in der Klausur am Ende des ersten Semesters liegen ebenfalls vor.

*Tab. 1: Stichprobe (\*Lehramt für Gymnasium/Gesamtschule)*

<b>Studiengang</b>	<b>WS 2010/11</b>	<b>WS 2011/12</b>
Chemie	38	63
Lehramt Gym/Ge *	49	31
<b>Gesamt</b>	<b>87</b>	<b>94</b>

Im Rahmen des Prätests wurden alle für die Studienerfolgsprognose relevanten Variablen erhoben. Für die Bestimmung des Vorwissens wurde auf Basis der Vorlesung zur allgemeinen Chemie an der Universität Duisburg-Essen ein eigener Fachwissenstest konzipiert, welcher aus 23 Multiple-Choice-Aufgaben mit vier Antwortmöglichkeiten, von

denen jeweils genau eine richtig ist, besteht. Die Fähigkeit im schlussfolgernden Denken wurde mit dem figuralen Teil des BEFKI (Wilhelm, Schroeders & Schipolowski, 2009) gemessen. Die motivationale Variable Wunschfach besteht aus dem dichotomen Item „Ich würde lieber ein anderes Fach studieren“ und konnte mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet werden. Das Fachinteresse wurde ebenfalls mit einem selbstentwickelten Fragebogen erhoben, der sich an den Fragebogen zum Studieninteresse nach Schiefele et al. (1993) anlehnt. Die Abiturnotesumme sowie der Studiengang wurden jeweils mit einem weiteren Item erfragt. Die Regressionsanalysen wurden nach der Einschlussmethode durchgeführt und die Prädiktoren blockweise dem Modell hinzugefügt. Mit dem verwendeten Regressionsmodell soll den folgenden beiden Forschungsfragen nachgegangen werden:

- 1.) Welche Eingangsvoraussetzungen haben einen Einfluss auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie?
- 2.) Lassen sich die Ergebnisse mit dem verwendeten Regressionsmodell replizieren?

### Ergebnisse & Diskussion

Die nachfolgende Tabelle 2 gibt im Überblick die Ergebnisse der Prognose des Studienerfolgs (Klausurpunktzahl) für die beiden Wintersemester getrennt voneinander an. Signifikante Prädiktoren sind in schwarz und nicht signifikante Prädiktoren sind in grau wiedergegeben. Es fällt auf, dass in beiden Messzeiträumen nur die Abiturnotesumme als gemeinsamer Prädiktor im Regressionsmodell auftaucht. Im Wintersemester 2010/11 ist diese sogar der einzige signifikante Prädiktor. Im Wintersemester 2011/12 kommen noch das Vorwissen und die Fähigkeit im schlussfolgernden Denken hinzu. Der Einfluss aller signifikanten Prädiktoren ist im Wintersemester 2011/12 größer, woraus schließlich auch eine um 12,7 %-Punkte größere Varianzaufklärung resultiert.

Tab. 2: Ergebnis der Studienerfolgsprognose für das Wintersemester 2010/11 ( $N = 87$ ) und das Wintersemester 2011/12 ( $N = 94$ ).

	WS 2010/11			WS 2011/12		
	$\beta$	t	p	$\beta$	t	p
1 Vorwissen	.147	1.367	.175	.278	2.881	.005
2 Kogn. F. <i>Abinote</i>	-.379	-3.653	.001	-.395	-4.118	.001
<i>Schlussf. Denken</i>	.113	1.146	.255	.207	2.351	.021
3 Wunschfach	-.114	-1.074	.286	-.063	-0.735	.464
4 Fachinteresse	.039	.340	.735	.006	0.071	.944
5 Studiengang	-.003	-.029	.977	.015	0.172	.864
$R^2$	24,8 %			37,5 %		

Für die besagten Unterschiede kommen verschiedene Ursachen in Betracht. Zunächst muss erwähnt werden, dass sich zum Wintersemester 2011/12 die Studienbedingungen für Lehramtsstudierende an der Universität Duisburg-Essen geändert haben, da zum einen der Wechsel vom Staatsexamen zum Bachelor als Abschlussart stattfand und gleichzeitig ein Numerus Clausus eingeführt wurde. Für alle Studiengänge gleichermaßen wurden zum Wintersemester 2011/12 die Studiengebühren in Nordrhein-Westfalen abgeschafft. Um zu überprüfen, ob diese Veränderungen einen Einfluss auf die Studienerfolgsprognose haben, kam der sogenannte Chow-Test zum Einsatz. Dieser stellt eine Methode aus der Ökonometrie dar und wird dort üblicherweise zur Überprüfung auf Strukturbrüche eingesetzt (Eckey, Kosfeld & Dreger, 2004). Im Ergebnis zeigt sich, dass kein Strukturbruch vom Wintersemester 2010/11 zum Wintersemester 2011/12 stattgefunden hat ( $F(12,169) = 0.97 < F_{\text{tab}} = 2.15$ ,  $p < .05$ ), was bedeutet, dass sich die Veränderungen der Rahmenbedingungen des (Lehramts-)Studiums nicht signifikant auf die Studienerfolgsprognose ausgewirkt haben.

Analoge Ergebnisse werden erhalten, wenn der Chow-Test für Chemie- und Lehramtsstudierende getrennt voneinander durchgeführt wird.

Die höheren  $\beta$ -Werte und die höhere Varianzaufklärung im Modell für das Wintersemester 2011/12 können ihre Ursache in der größeren Homogenität der Stichprobe haben, welche im Gegensatz zur Stichprobe aus dem Wintersemester 2010/11 nur noch Bachelorstudierende beinhaltet.

Eine weitere mögliche Ursache für die Verschiedenheit der Ergebnisse der Studienerfolgsprognose kann in der unterschiedlichen Studierendenzusammensetzung der beiden Stichproben (s. Tabelle 1) begründet liegen. Um diesen Faktor ausschließen zu können, werden die Stichproben mittels einer Zufallsauswahl ausgeglichen, sodass dieselbe Anzahl Chemie- ( $N = 38$ ) und Lehramtsstudierender ( $N = 31$ ) für beide Wintersemester vorliegt. Im Anschluss werden mit dieser balancierten Zusammensetzung neue Regressionsmodelle berechnet und verglichen. Die Ergebnisse (hier nicht dargestellt) zeigen keine größeren Veränderungen in den neuen Modellen im Vergleich zu den alten. Es werden dieselben Prädiktoren signifikant und die Größe der  $\beta$ -Koeffizienten bleibt in ihrem Verhältnis zueinander weitgehend gleich. Auch für die neuen Modelle wurde der Chow-Test angewendet und auch hier zeigt sich kein Strukturbruch vom Wintersemester 2010/11 zum Wintersemester 2011/12.

### **Zusammenfassung**

Sowohl im Wintersemester 2010/11 als auch im Wintersemester 2011/12 erweist sich die Abiturnote als ein signifikanter Prädiktor für Studienerfolg (Klausurpunktzahl) und stellt somit einen zeitlich stabilen Prädiktor dar. Weitere signifikante Prädiktoren finden sich nur im Modell für das Wintersemester 2011/12 (Vorwissen, Fähigkeit im schlussfolgernden Denken), welches höhere  $\beta$ -Koeffizienten sowie eine um 12,7 %-Punkte höhere Varianzaufklärung aufweist. Das verwendete Regressionsmodell zeigt des Weiteren Stabilität gegenüber Veränderungen der Studienbedingungen von Wintersemester 2010/11 zum Wintersemester 2011/12, was mittels des Chow-Tests nachgewiesen werden konnte. Ein unterschiedlicher prozentualer Anteil an Chemie- und Lehramtsstudierenden in den Stichproben zeigt ebenfalls keinen Einfluss auf die Studienerfolgsprognose.

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden, dass es mit dem theoriebasierten Modell nach Schiefele, Krapp und Winteler (1992) möglich ist, ein gemeinsames Regressionsmodell für Chemie- und Chemielehramtsstudierende in variierender Zusammensetzung zu erstellen, welches jahrgangsübergreifend die Vorhersage des Studienerfolgs (Klausurpunktzahl) erlaubt.

### **Literatur**

- Eckey, H.-F., Kosfeld, R., & Dreger, C. (2004). *Ökonometrie*, Kapitel 2.6.3. Wiesbaden: Gabler.
- Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D., & Besuch, G. (2010). *Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und herkömmlichen Studiengängen*. Hannover: HIS.
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2012). *Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen*. Hannover: HIS GmbH.
- Heublein, U., Schmelzer, R., Sommer, D., & Wank, J. (2008). *Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen: Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2006*. Hannover: HIS.
- Schiefele, U., Krapp, A., & Winteler, A. (1992). Interest as a Predictor of Academic Achievement: A Meta-Analysis of Research. In: K. A. Renninger, S. Hidi & A. Krapp (Hrsg.), *The Role of Interest in Learning and Development* (S. 183-212). Hillsdale, u.a.: LEA.
- Schiefele, U., Krapp, A., Wild, K.-P., & Winteler, A. (1993). Der Fragebogen zum Studieninteresse (FSI). *Diagnostica*, 39, 335-351.
- Wilhelm, O., Schroeders, U., & Schipolowski, S. (2009). BEFKI. Berliner Test zur Erfassung fluider und kristalliner Intelligenz [Berlin test of fluid and crystallized intelligence]. Unveröffentlicht.

## **Verbesserung der Lernsituation von Studienanfängern**

### **1. Zur Studiensituation der Studienanfänger**

#### *1.1 Äußere Randbedingungen*

Die Zahl der Studienanfänger ist in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich gestiegen. Die Ressourcen der Universität dem gegenüber weniger. Mittel für die Forschung nehmen anteilmäßig zu, dies gilt jedoch weniger für die Lehre. In den Ingenieurwissenschaften, der Physik und der Mathematik brechen zwischen 35% und 45% der Studienanfänger ihr Studium in den ersten 2 Jahren ab. Sie wechseln in andere Fächer oder geben das Studium ganz auf. Auch wenn die Gründe im Einzelnen unterschiedlich sind, in einem Bereich häufen sich Schwierigkeiten: in den einführenden Mathematik-Vorlesungen.

#### *1.2 Lernsituation*

Studienanfänger lernen in Lehrveranstaltungen.

Studienanfänger lernen jedoch auch außerhalb von Lehrveranstaltungen. Hier verbringen sie 20% bis 40% der Lernzeit. Lernen kann man nur mit dem eigenen Kopf. Was in der Vorlesung verstanden wurde, ist noch nicht behalten. Übungen, Wiederholungen und Anwendungen bedürfen der Zeit. Die Bedeutung und Wirksamkeit des Lernens außerhalb der Lehrveranstaltungen wird in der öffentlichen Diskussion meist unterschätzt. Der Ansatz, über den ich im Folgenden berichte, zielt vor allem darauf ab, das Lernen außerhalb von Lehrveranstaltungen zu unterstützen und damit zur Verbesserung der allgemeinen Studiensituation beizutragen.

#### *1.3 Übergang Schule/Universität*

Dieser Übergang ist gekennzeichnet durch die Zunahme von eigener Verantwortung aber auch von Unsicherheit. Hinzu kommt, dass Studienanfänger heute über abnehmende Lesegewohnheiten verfügen. Lehrbücher als Grundlage des Lernens scheinen an Bedeutung zu verlieren.

### **2. Methodik der Leitprogramme**

#### *2.1 Grundgedanke*

Übergeordnetes Ziel ist es, Studienanfänger anzuleiten, anhand schriftlicher Unterlagen zu studieren. Dieses Studium wird durch Leitprogramme detailliert unterstützt. Dabei ergeben sich 2 Arbeitsphasen:

- eine autonome Arbeitsphase anhand des Lehrbuchtextes
- eine unterstützte Arbeitsphase anhand des Leitprogramms

In der autonomen Arbeitsphase arbeitet der Student selbstständig. Hier ist er einerseits frei, andererseits oft unsicher. In der unterstützten Arbeitsphase anhand des Leitprogramms wird sein Lernverhalten gesteuert, hier arbeitet der Student angeleitet und sicher.

#### *2.2 Aufgaben des Leitprogramms*

##### *2.2.1 Einteilung der autonomen Arbeitsphasen*

Das Leitprogramm gibt dem Studenten zunächst Arbeitsanweisungen für das Studium von zunächst kurzen Textabschnitten, die in einem Zeitraum von 20-30 Minuten bewältigt werden können. Der Student muss die Fähigkeit entwickeln, sich förderliche Arbeitsaufgaben einzuteilen und sich dabei auch nicht selbst zu überfordern. Der gesamte Kurs besteht aus etwa 120 selbstständigen autonomen Arbeitsphasen.

### 2.2.2 Kontrolle und Festigung der Lernergebnisse

Nach der autonomen Studienphase werden vom Leitprogramm dann in der angeleiteten Studienphase die Lernergebnisse überprüft und gefestigt. Neue Begriffe (deklaratives Wissen) werden in zwei Richtungen abgefragt:

- wenn der Begriff vorgegeben ist, muss die Bedeutung oder Definition genannt werden,
- wenn die Bedeutung vorgegeben wird, muss der Fachbegriff genannt werden.

Neue Operationen werden geübt (prozedurales Wissen).

Die Aufgaben werden mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad angeordnet (Winkelmann & Erb, 2012). Danach folgen weitere Übungen, Anwendungen und Problemlösungen.

Dazu gehört auch die Übung im Notationswechsel, bei denen die bei Anwendungen üblichen Notierungen benutzt wurden.

Im Übrigen bietet das Leitprogramm Individualisierungen an. Studenten können bei subjektiv schwierigen Texten und Verständnisschwierigkeiten Zusatzerläuterungen wählen. Sie können die Anzahl der Übungen von der Übungsnotwendigkeit und ihrem eigenen Lernfortschritt abhängig machen.

### 2.3 Schwierigkeitsgrad und Erhaltung der Lernmotivation

Die Aufgaben sind scheinbar leicht aber nicht trivial. Sachkenner unterschätzen meist den Schwierigkeitsgrad für den Lernenden. Leitprogramme helfen Studenten, die Schwierigkeiten beim Erwerb ihrer Fachkenntnisse haben, die aber bereit sind, sich anzustrengen. Bei der Kontrolle und Festigung des Gelernten wird aktives Lernverhalten bei der Lösung subjektiv bewältigbarer Aufgaben initiiert. Die richtigen Lösungen werden unmittelbar zurück gemeldet und führen damit zu einer Selbstwahrnehmung eigener Lernfortschritte. Eine direkte Folge ist der Erhalt und die Stärkung der Anstrengungsbereitschaft. In anderem Zusammenhang hat Merzlyn (2012) gezeigt, dass die selbst wahrgenommene Leistung und die Wertschätzung des Faches positiv miteinander korrelieren. Theoretisch ist es eine Kombination der Prinzipien des Konstruktivismus, des Behaviorismus (Holland & Skinner, 1961) und der von Frank (1962) entwickelten Kybernetischen Pädagogik. Prägnant hat es bereits Goethe beschrieben: *Lehre tut viel, aber Ermutigung vermag alles.*

## 3. Förderung von Lernkompetenzen

In einer grundlegenden Studie hat Woodroff (1927) bereits nachgewiesen, dass die Vermittlung und Übung von Lerntechniken am wirksamsten ist, wenn man deren theoretische Begründung mit der direkten Übung bei aktuellen Lernaufgaben verknüpft. Neben der Vermittlung von Kenntnissen steht daher ein zweites Ziel im Vordergrund: die Vermittlung von Lerntechniken und ihre Übung beim aktuellen Lernen (Weltner, 1978).

### 3.1 Intensives Lesen

Der Studienanfänger wird angehalten, Umformungen und Ableitungen mitzurechnen, so dass sie später rekonstruiert werden können. Dazu gehören auch das Exzerpieren neuer Begriffe und ihrer Bedeutungen. Wenn Aufgaben Schwierigkeiten machen, wird der Student angehalten, die entsprechende Textpassage erneut zu studieren und Aufgaben anhand des Textes zu lösen.

### 3.2 Einteilungen von förderlichen Lernphasen

Erwähnt ist, dass das Leitprogramm zunächst begrenzte Arbeitsaufgaben formuliert. Diese Technik der Einteilung umfangreicher Studienaufgaben in begrenzte förderliche Studienabschnitte muss vom Studierenden später selbstständig angewandt werden. Dazu gehört auch die Einteilung und Einhaltung von Pausen. Die Arbeitstechniken werden durch empirische Befunde der Pädagogischen Psychologie erläutert.

#### **4. Entwicklung von Lehrbuch und Leitprogramm „Mathematik für Physiker“**

Die Methodik der Leitprogramme wurde realisiert für das Thema „Mathematik für Physiker“. Der Anteil der Studienabbrecher in den ersten Semestern in Physik, Mathematik und den Ingenieurwissenschaften ist hoch und wird stark durch Schwierigkeiten mit der Mathematik verursacht. Entwickelt wurden so ein Lehrbuch sowie Leitprogramme dazu (Weltner, Wiesner, Heinrich, Engelhardt & Schmid, 1975). Lehrbuch und Leitprogramme wurden im praktischen Studienbetrieb in den Jahren 1972-1975 an der Universität Frankfurt erprobt. Die Entwicklung wurde durch begleitende empirische Studien unterstützt. Diese waren die Grundlage für sorgfältige Revisionen und Verbesserungen. Eine erste Druckfassung erschien 1975. Seitdem ist die Kombination Lehrbuch und Leitprogramm ständig weiterentwickelt und ergänzt worden.

- 2002: Übernahme des gesamten Werkes durch den Springer Verlag. Die Leitprogramme werden auf CD dem Buch beigelegt.
  - 2009: Übersetzung in die englische Sprache
  - 2012: Übersetzung in die französische Sprache
- Die Leitprogramme können inzwischen im Internet heruntergeladen werden.

#### **5. Schlussbemerkung**

Die Methodik der Leitprogramme und die Entwicklung der Kombination von Leitprogrammen zu grundlegenden Lehrbüchern haben sich in der Praxis bewährt.

Die Entwicklung von Leitprogrammen für bewährte Standardlehrbücher kann in allen Disziplinen die Studiensituation für Studienanfänger verbessern.

#### **Literatur**

- Frank, H. (1962). Die kybernetischen Grundlagen der Pädagogik. Baden-Baden: Agis-Verlag.
- Holland, J. G., & Skinner, B. F. (1961). The analysis of behavior. New York: McGraw Hill.
- Merzyn, G. (2012). Zensuren, Lernerfolg und Schülereinstellungen, MNU, 62(2), 116-119.
- Weltner, K. (1978) Autonomes Lernen - Theorie und Praxis der Unterstützung selbstgeregelter Lernprozesse. Stuttgart: Klett-Verlag.
- Weltner, K., Wiesner, H., Heinrich, P.-B., Engelhardt, P., & Schmidt, H. (1975). Mathematik für Physiker. Wiesbaden: Vieweg Verlag.
- Winkelmann, J., & Erb, R. (2012). Schüler- und Lehrerexperimente im Optikeingangsunterricht in Gymnasien. In H. Grötzenbauch (Hrsg.), Phydid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Mainz.
- Woodrow, H. (1927). The effect of type of training upon transference. Journal of Educational Psychology, 18(3), 159-172.

### Theorie der Science-Didaktik

Zentrale Aufgabe didaktischer Forschung ist es, Lehrer bei der Organisation des Lehrens und Lernens anzuleiten. Dabei ist es eine Besonderheit deutscher didaktischer Tradition, dies in Form didaktischer Theorien zu tun. Diese Theorien der Didaktik begleiteten die Bildungsexpansion und werden von Lehrern als nützliche Denkhilfe bei der Gestaltung von Unterricht eingeschätzt (zuerst Bromme & Hömberg, 1981). Vor dem Hintergrund der Ergebnisse der Kognitionspsychologie macht es heute Sinn, solche Theorien innerhalb einer kognitiven Domäne zu formulieren. Hier setzt das interdisziplinäre Münsteraner Projekt der Strukturbildung einer Science-Didaktik an. Eine solche Bereichstheorie der Didaktik kann über die Anleitung des Lehrerhandelns hinaus auch als Theorie des fächerübergreifenden Unterrichts der Unterrichtsforschung dienen oder zur Messung des Wissens von Lehrern als pädagogischer Aspekt des *paedagogical content knowledge* (PCK). Der erste Schritt innerhalb des Projektes bestand in einem Review didaktischer Forschungsprogramme, um an erfolgreiche Forschungen anzuknüpfen und Fehler in der Theoriekonstruktion nicht zu wiederholen. Damit wird die Liste, die Ewald Terhart auf der GDCP-Tagung 2004 vorgestellt hat (Terhart, 2005), aktualisiert und um eine wissenschaftstheoretische Analyse erweitert. Die wichtigsten Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

Die Wiedergeburt der Allgemeinen Didaktik. Bis in die 90er Jahre lag der größte Teil des didaktischen Wissens in Form von Theorien und Modellen der Allgemeinen Didaktik vor. Die Kritik von Seiten der Empirischen Bildungsforschung in der ersten Hälfte der 00er Jahre wurde in der Allgemeinen Didaktik als Generalkritik an Empirieferte und Unwissenschaftlichkeit aufgenommen. In dem Versuch von Kiel & Zierer, Allgemeine Didaktik neu zu denken (Kiel & Zierer, 2011), wird daher auf Motivationspsychologie und Instructional Design rekurriert und ein beide verbindendes Modell (ARCS) eingedeutscht (ARZZ). Dieses Modell fokussiert nur Motivation und ist deshalb keine umfassende didaktische Theorie mehr. Die Funktion der Theorie hinter dem Modell – in einem semantischen Verständnis wissenschaftlicher Theorien der entscheidende Punkt – ist darüber hinaus unklar. Während die Empirische Bildungsforschung Theorie als Beschreibung und Vorhersage von Unterricht versteht, wird in der Allgemeinen Didaktik Theorie traditionell als die plausible Begründung von Modellen für Unterricht begriffen. Diese beiden Theorieverständnisse sind letztlich unvereinbar, so ist ARCS in der Anwendung durch die Allgemeine Didaktik auch wieder nur ein normatives Modell. Allgemeine Didaktik hat derzeit keine überzeugende Antwort auf die Frage, was didaktische Theorie ist. Als Bereichsdidaktik müsste sie weiter spezifiziert werden; wie das geschehen soll, ist unklar. Aus diesen Gründen scheint diese Forschungsrichtung derzeit kein guter Ansatzpunkt für die Formulierung einer Bereichsdidaktik.

Die Wirkungsforschung in der Empirischen Bildungsforschung. Diese Forschung generiert didaktisches Wissen über Strukturmodelle, die Muster in empirischen Daten finden. Damit ist das klassische Argument der Theoriebeladenheit der Empirie ausgehebelt und didaktisches Wissen ohne vorgelagerte Theorie wird möglich. Elaborierte Surveys und Meta-Analysen sind im pazifischen Raum 40 Jahre alt, sodass mittlerweile ein immenser Datensatz zur Verfügung steht. Als eine erste Conclusio dieser Forschung kann die sog. Hattie-Studie gelten, eine Meta-Metaanalyse von mehr als 52.637 Studien Empirischer Bildungsforschung auf Effektstärken hin (Hattie, 2009). John Hattie kann somit recht sicher sagen, was im Unterricht wirkt, um Lernerfolge zu generieren. Solch Allgemeine Empirische Bildungsforschung bleibt, wie schon die Allgemeine Didaktik, ohne Lerngegenstand und somit bei den Formalitäten des Unterrichts. Der Empirischen Bildungsforschung sind ihre so entstehenden Beschränkungen auf dem Gebiet der Didaktik selbst bewusst; über das

Curriculum oder das Lehren und Lernen an sich, muss sie sich ausschweigen (vgl. Olaf Köllers Beitrag in diesem Band). Ihre allgemeinen Ergebnisse müssten darüber hinaus wiederum bereichsspezifisch umgelegt werden, soll eine Bereichsdidaktik formuliert werden. Dennoch war Allgemeine Empirische Bildungsforschung auch didaktisch hilfreich, etwa bei der Aufklärung der Effektivität methodischer Versprechungen wie des selbstgesteuerten Lernens. Mittlerweile liefert sie eine gute Beschreibung der Gesamtheit der Unterrichtsrealität. Dieses recht klare Bild eines Meta-Klassenraumes gleicht sich durch den großen Einfluss auf die Bildungspolitik normativ immer weiter an. Empirische Bildungsforschung kann so zunehmend nur noch das Feedback ihrer eigenen Ergebnisse in der Realität untersuchen (Terhart, 2011). Diese angegliche Unterrichtsrealität aber zum Ausgangspunkt didaktischer Theorien zu machen ist nicht ratsam, weil Forschung ohne Theorie das kontrafaktische Element fehlt, das in neuerer Wissenschaftstheorie als intrinsischer Bestandteil naturwissenschaftlicher Theorien, z. B. der Evolutionstheorie, gilt. Wissenschaftliche Theorien sind generell nicht nur Beschreibungen der Realität. Bei Theorien hochgestaltbarer sozialer Situationen leuchtet das noch viel mehr ein als bei naturwissenschaftlichen Theorien. Didaktik hat darüber hinaus die spezifische Verpflichtung, Dinge besser zu machen als vorher, das resultiert aus der ihr inhärenten Idee des Lernens. Sehr wahrscheinlich gibt es von der bestmöglichen Didaktik innerhalb des heutigen Schulunterrichts keinerlei Anzeichen. So ist das didaktische Wissen der Allgemeinen Empirischen Bildungsforschung beschränkt. Sie kann aber didaktischer Theorie bei ihrer Applikation im Unterricht helfen.

Fachdidaktische Lehr-Lernforschung. In dem wohl am stärksten ausgearbeiteten fachdidaktischen Forschungsbereich, der Science-Education, herrscht eine Definition der eigenen Arbeit als theoriegeleitete Empirie und empiriegeleitete Theorie vor (Möller & Labudde, 2012). Dabei ist die Arbeit *mit* Theorie insbesondere in den peripheren Feldern der nationalstaatlichen Fachdidaktiken weit verbreitet und operiert wie die Allgemeine Empirische Bildungsforschung größtenteils über Surveys. Der Kern der Arbeit *an* Theorie findet auf internationaler Ebene im Kern der einzelnen Forschungsprogramme statt. Dort wird eher mit den Methoden der Experimentalpsychologie gearbeitet – oft eng gekoppelt an theoretische Philosophie und Wissenschaftsgeschichte. Ein Beispiel für solche Forschung ist Larsson & Halldéns (2010) Studie zum Konzeptwechsel des Konzepts Erde. Forschungsziel ist ein Mechanismus, nämlich die Art und Weise, in der das Konzept Erde sich wandelt (flache Lebenswelt vs. kugelförmiges astronomisches Objekt, vgl. kopernikanische Wende). Larsson & Halldéns Mechanismus, *radical reconstruction of contexts*, steht dabei in Konkurrenz zu Vosniadous *framework-change* oder Ohlssons mechanistischer Erklärung, der *resubsumption*. Statt der dominanten Evidenz größtmöglicher Stichproben existiert hier ein Streit von Theorien. Diese Forschung ist dezidiert empirisch, an ihrem Anfang steht ein *educated guess*, auf den experimentelle Reihen folgen. Dennoch ist sie kontrafaktisch; am Ende wird Theorie zur Konsolidierung des empirischen Materials verwendet und ein einfacher Mechanismus formuliert. In wissenschaftstheoretischer Beschreibung entspricht diese Theorieform den *theories of the middle range*, die zuerst von Robert King Merton in die methodische Debatte in der US-Soziologie der 60er Jahre eingebracht wurde. Dieses Theorieverständnis hat z. B. zur Entdeckung der *self-fulfilling prophecy* und des *matthew-effects* geführt. Solche kausalen Mechanismen sind eine heute weit verbreitete Beschreibung des Gegenstands der Sozialwissenschaften und der Kognitionspsychologie (Hedström & Ylikoski, 2010; Samuels, 2008). Die didaktischen Mechanismen der Science Education sind deutlich und reproduzierbar, jedoch derart stark parzelliert, dass sich die Frage stellt, ob daraus eine Handlungsanleitung für Lehrer werden kann. Es war allerdings schon Mertons Idee in den 60ern, dass sich durch Aufsummierung genügend einzelner Mechanismen wieder ein handlungsleitendes Gesamtbild ergibt. Um die Vollständigkeit der Mechanismik der Science Education zu prüfen, haben wir innerhalb des Münsteraner Projektes eine

kriteriengeleitete Diskursanalyse von Reviews, Handbuchartikeln und Frameworks der Large-Scale-Assessments durchgeführt. Mit zentralen didaktischen Phänomenklassen der Erziehungswissenschaft (Lernen, Bildung, Erziehung) haben wir ein Strukturraster gebildet, in das die Mechanismen in ihren jeweiligen Theoriefamilien eingelesen wurden. Wider unserer Vorannahme ist diese Struktur sogar innerhalb der Phänomenklasse der Erziehung hinreichend vollständig. Als didaktische Anleitung ist diese Forschung also ein guter Kandidat, insofern es gelingt, ihre Ergebnisse weiter zu ordnen und zu vereinfachen, denn ein weiteres wissenschaftstheoretisches Spezifikum der Didaktik ist ihre zwingende Lernbarkeit: Didaktik ist immer auch Didaktik der Didaktik.

Operative Pädagogik in der Allgemeinen Erziehungswissenschaft. Bei diesem Forschungsansatz handelt es sich um einen systemtheoretischen Ansatz zweiter Generation, mit dem die soziale Struktur der Lehr-Lern-Situation analysiert wird. Anders als in handlungstheoretischen Ansätzen wird die Didaktik als Relation zwischen Lehrer, Schüler und Gegenstand begriffen. Klaus Prange, der führende Theoretiker dieser Bewegung, analysiert auf diese Weise z. B. die Zeigestruktur auf einem Foto von Albert Einstein und einem seiner Studenten (Prange, 2009, S. 23). Die deiktische Tryade ist anthropologisch-basal, schon Kleinkinder schaffen hierüber soziale Relationen. Man kann die Dreiseitigkeit des Zeigens aber auch Lerngegenständen ansehen. Wissenschaftstheoretisch ist die Systemtheorie als Strukturwissenschaft der Erziehung der Mathematik als Strukturwissenschaft der Physik ähnlich. Als Anleitung für Lehrer ist die Operative Pädagogik vielversprechend, weil ein einfaches und geschlossenes Bild der Didaktik gezeichnet wird. Allerdings ist diese Forschung auf die Autopoetik sozialer Situationen angewiesen. Didaktische Situationen heute, insbesondere in der Schule, sind durch informiertes Wissen stark verzerrt. Das Lehren und Lernen ist so stark instruiert, dass sich kaum Didaktik von alleine einstellen kann.

Im nächsten Schritt des Münsteraner Projektes wird an diese wissenschaftstheoretischen Ergebnisse angeknüpft. Wir führen einerseits eine Strukturierung der Mechanismik der Science Education durch, andererseits eine Strukturanalyse historischer Lehr-Lern-Situationen mit Hilfe der Systemtheorie. Letzteres geschieht u.a. mit materialer Ideengeschichte an Lerngegenständen während der Scientific Revolution. So soll eine spezifische soziale Form sichtbar gemacht werden, die der Didaktik der Naturwissenschaft eigen ist.

#### Literatur

- Bromme R., & Hömberg, E. (1981). Die andere Hälfte des Arbeitstages. Interviews mit Mathematiklehrern über alltägliche Unterrichtsvorbereitung. Bielefeld: Hans Kock.
- Hattie, J. (2009). *Visible Learning. A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. London: Routledge.
- Hedström, P., & Ylikoski, P. (2010). Causal Mechanisms in the Social Sciences. *Annual Review of Sociology*, 39, 49-67.
- Kiel E., & Zierer K. (2011). Die Allgemeine Didaktik ist tot! Es lebe die Allgemeine Didaktik. *Zeitschrift für wissenschaftliche Pädagogik*, 87(2), 302-321.
- Larsson, Å., & Halldén, O. (2010). A Structural View on the Emergence of a Conception: Conceptual Change as Radical Reconstruction of Contexts. *Science Education*, 94(4), 640-664.
- Möller, K., & Labudde, P. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 11-36.
- Prange, K. (2009). Warum operativ? Zur Begründung der Operativen Pädagogik. In K. Berdelmann & T. Fuhr (Hrsg.), *Operative Pädagogik. Grundlegung, Anschlüsse, Diskussion* (S. 15-28). Paderborn: Schöningh.
- Samuels, R. (2008). Psychology. In S. Psillos & M. Curd (Eds.), *The Routledge Companion to Philosophy of Science* (S. 581-593). New York: Routledge.
- Terhart, E. (2005). Wie geht es weiter mit der Allgemeinen Didaktik - und was bedeutet das für die Lehrerbildung? In A. Pitton (Hrsg.), *Relevanz fachdidaktischer Forschungsergebnisse für die Lehrerbildung* (S. 44-55). Münster: LIT.
- Terhart, E. (2011). Hat John Hattie tatsächlich den Heiligen Gral der Schul- und Unterrichtsforschung gefunden? Eine Auseinandersetzung mit Visible Learning. In E. Keiner (Hrsg.), *Metamorphosen der Bildung. Historie – Empirie – Theorie* (S. 277-292). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

### **„Forschendes Lernen in der Schule“ – ein hochschuldidaktisches Konzept**

Das naturwissenschaftsdidaktische Wahlfach „Forschendes Lernen in der Schule“ wurde im Wintersemester 2012/13 unter der Leitung von Simone Abels und Brigitte Koliander zum ersten Mal angeboten. Aufgabe für die TeilnehmerInnen des dreistündigen Seminars war, in Kleingruppen eine naturwissenschaftliche Unterrichtseinheit im Sinne des Ansatzes „Forschendes Lernen“ (vgl. z. B. Blanchard et al., 2010) zu entwickeln und mit einer Klasse durchzuführen. Die Einheit sollte auf die heterogenen Lernvoraussetzungen der SchülerInnen abgestimmt werden. Insbesondere die Diversitätsdimensionen Sprache, Kognition, Alter und Gender waren in den zwei ausgewählten Klassen (9. Schulstufe, Berufsbildende Höhere Schule) vertreten.

Die Gruppe der teilnehmenden Studierenden war ebenfalls sehr heterogen: drei weibliche und vier männliche Studierende zwischen dem 1. und 11. Semester mit unterschiedlichen Kombinationen der Lehramtsfächer (mindestens ein naturwissenschaftliches Fach).

Im vorliegenden Artikel wird das hochschuldidaktische Konzept und eine Fallstudie dazu vorgestellt. Die Fallstudie ist qualitativ angelegt mit dem Ziel, ein Bild davon zu zeichnen, welche Vorstellungen die angehenden LehrerInnen vom Lehren und Lernen im Sinne des forschenden Lernens nach dem Seminar aufzeigen.

#### **Das hochschuldidaktische Konzept**

Das Seminar gliedert sich in fünf Phasen: Problemaufriss und Theoriearbeit (1), Hospitation in der Schule und Planung einer Unterrichtseinheit (2), Durchführung (3), Präsentation (4) sowie Reflexion des gesamten Prozesses (5).

Phase 1: Der Problemhorizont bezüglich der aktuellen Lage des naturwissenschaftlichen Unterrichts wurde am Bericht der Europäischen Kommission „Science Education: NOW“ aufgemacht. In ExpertInnengruppen wurden anschließend die theoretischen Bausteine „Forschendes Lernen“ (Blanchard et al., 2010) und „Diversität“ (Sliwka, 2010; Altrichter et al., 2009) erarbeitet. Die Studierenden erhielten im Sinne des Erfahrungslernens (Combe, 2006) die Gelegenheit, das forschende Lernen selbst anhand von Experimenten zu erproben, die durch eine zunehmende Öffnung strukturiert waren. So konnten die vier Level des forschenden Lernens (Blanchard et al., 2010) sukzessive nachvollzogen werden, um sich auf der Metaebene die benötigten und Schritt für Schritt zu entwickelnden Kompetenzen bewusst zu machen sowie die mit jedem Level komplexer werdenden Unterrichtsziele.

Phase 2: Die Studierenden bildeten zwei Kleingruppen, die die folgenden Arbeitsschritte gemeinsam planten und durchführten. Durch Unterrichtsbeobachtungen und LehrerInneninterviews konnten die Gruppen Informationen über die heterogene Klasse, in der sie ihren Unterricht durchführen sollten, gewinnen. In den darauffolgenden Wochen planten die Studierenden eine 2-3-stündige Laboreinheit für diese Klassen.

Phase 3 bis 5: Nach der erfolgreichen Durchführung präsentierten die Studierenden ihre Intentionen und Erfahrungen und erhielten konstruktives Feedback. Die Erfahrungen wurden nach dem ALACT-Modell (Korthagen, Loughran & Russell, 2006, S. 1028) reflektiert: Action – Looking back on the action – Awareness of essential aspects – Creating alternative methods of action – Trial. Dies bildete die Basis für die schriftlichen Abschlussarbeiten.

#### **Fallstudie**

Die Fragestellungen für die Fallstudie lauteten:

- Wie reflektieren die Studierenden ihre Unterrichtserfahrungen zum forschenden Lernen?

- Welche Ansichten zu Lernumgebungen im Sinne forschenden Lernens sind rekonstruierbar?

Die Datenbasis bilden die schriftlichen Reflexionen der Studierenden, das Instrument Beliefs About Learning Environments (BALE; Haney, Czerniak & Lumpe, 2003) und der TALIS Lehrerfragebogen zu „Beliefs on Teaching and Learning“ (OECD, 2010).

Es liegen sechs Reflexionen vor, aus denen die performativische Reflexionskompetenz nach der Technik der skalierenden Strukturierung (Mayring, 2008) und mit Hilfe des Kategoriensystems nach Abels (2011) deduktiv herausgearbeitet wurde (vgl. Tabelle 1).

*Tab. 1: Definition der Stufen zur Reflexionstiefe (verkürzt nach Abels, 2011)*

<b>Stufen zur Reflexionstiefe</b>	<b>Definition</b>
Sachbezogene Beschreibung	Deskriptives Schreiben, in dem nicht reflektierend vorgegangen wird. Es werden keine Gründe oder Rechtfertigungen für Ereignisse oder Handlungen benannt.
Handlungsbezogene Begründung	Deskriptive Reflexion, in der versucht wird, solche Gründe oder Rechtfertigungen anzuführen, aber noch auf erzählende oder beschreibende Weise.
Analytische Abstraktion	Dialogische Reflexion, in der ein „Zurückschreiten“ von den Ereignissen oder Handlungen vorgenommen wird. Dabei wird alles noch einmal gedanklich durchdrungen und die Erfahrungen, Ereignisse und Handlungen erforscht. Hierbei ist ein gutes Urteilsvermögen notwendig, um schließlich auch zu einer Erklärung zu gelangen.
Kritischer Diskurs	Kritische Reflexion, in der ein Bewusstsein zutage gefördert wird, dass Handlungen und Ereignisse in Bezug auf multiple Perspektiven erklärbar sind oder auch, dass sie z. B. in multiplen historischen und sozialpolitischen Zusammenhängen angesiedelt sind und durch diese beeinflusst werden.

Aus diesen Arbeiten wurden außerdem mit der Technik der Zusammenfassung (Mayring, 2008) induktiv Ansichten zum forschenden Lernen rekonstruiert. Ansichten zu entsprechenden Lernumgebungen wurden auch nach dem BALE kategorisiert. Darüber hinaus wurden Ansichten zum Lehren und Lernen, erfasst mit dem TALIS-Fragebogen, mit den anderen Daten in Beziehung gesetzt.

### **Ergebnisse der Fallstudie**

Zwei Studierende aus höheren Semestern (7. und 11.) zeigen eine mittlere Reflexionskompetenz, die anderen vier (1., 3. und 5. Semester) eine niedrige Reflexionskompetenz. Auffällig ist, dass alle Studierenden den Ansatz des forschenden Lernens und ihre Unterrichtserfahrungen angemessen darstellen, dass aber nur den Studierenden mit mittlerer Reflexionskompetenz eine Verknüpfung zwischen Theorie und Praxis gelingt. Alle Studierenden äußern, dass das forschende Lernen eine besondere Relevanz für einen modernen Naturwissenschaftsunterricht besitzt, dass es zielorientiert und für die individuelle Förderung eingesetzt werden kann und insbesondere die Eigenständigkeit von SchülerInnen fördert. Sie betrachten es aber auch als besonders herausfordernd und sehen die Notwendigkeit einer klaren Strukturierung. Ein Student mit mittlerer Reflexionskompetenz äußert sich bezüglich der wahrgenommenen Herausforderung wie folgt:

*„Wenn man allerdings als Lehrperson nur mit einer so kleinen Gruppe arbeitet und ständig die Gedanken und Vorschläge und (teils falschen) Beobachtungen ihrer Mitglieder mitbekommt, muss man sich sehr zurück halten und den Schülerinnen und Schülern auch*

*Freiraum für ihre Beobachtungen geben und sie nicht gleich korrigieren sondern ihnen helfend zur Seite stehen (vgl. Abrams et al. ‚climate of inquiry‘).“ (T5, § 58)*

Der andere Student mit mittlerer Reflexionskompetenz äußert bezüglich der Relevanz:

*„Ich bin mir bewusst, dass eine dichotomische Sichtweise keineswegs konstruktiv ist und ich betrachte daher den lehrer\_innenzentrierten Unterricht nicht als obsolet, jedoch erkenne ich eine dringende Notwendigkeit in der Verschiebung des Fokuses von den traditionellen Lehrmethoden zu alternativen, zukunftssträchtigen Unterrichtsansätzen, zu denen das Inquiry-based Learning meiner Ansicht nach z[w]eifelsohne zu zählen ist.“ (T6, § 45)*

Auffällig ist, dass alle TeilnehmerInnen des Seminars den Ansatz des forschenden Lernens als Alternative zu Frontalunterricht oder anderen Methoden sehen.

Bei der Analyse der Antworten im BALE-Fragebogen war das forschende Lernen nicht als zentrale Kategorie herauszulesen. Die Antworten der Studierenden auf die Frage, welche Rolle LehrerInnen und SchülerInnen in erfolgreichen Lernumgebungen haben, wurden wie bei Haney et al. (2003) am häufigsten mit den Kategorien „Teacher as facilitator (guide)“ und „Affective components“ kodiert. Stimmig damit äußern manche Studierende im TALIS-Fragebogen eine eindeutig konstruktivistische Position, andere zusätzlich eine hohe Bedeutsamkeit von Lehrerzentrierung.

### **Fazit und Implikationen**

Der Ansatz „Forschendes Lernen“ wird überraschend wenig mit der eigenen Praxis relationiert – trotz Erfahrungslernen und expliziter Reflexion im Seminar. Die Studierenden sehen den Ansatz als Methode mit bestimmten Schritten wie z. B. einen Stationenbetrieb und nicht als übergeordnetes Konzept. Dies bleibt deutlich unter unseren Erwartungen, ist aber stimmig mit den Rückmeldungen der Studierenden, dass sie sich noch mehr Erfahrungen mit forschendem Lernen wünschen und mehr hospitieren möchten.

Für die Arbeit in zukünftigen Seminaren werden folgende Implikationen abgeleitet:

- Die unterschiedlichen Ebenen deutlicher klären (Ansatz vs. Methode)
- Erfahrungslernen weiter ausbauen
- Die Möglichkeit geben, öfter zu hospitieren
- Theorie-Praxis-Relationierungen explizit fördern
- Den heterogenen Entwicklungs- und Erfahrungsstand der Studierenden berücksichtigen.

### **Literatur**

- Abels, S. (2011). LehrerInnen als "Reflective Practitioner". Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Altrichter, H., Trautmann, M., Wischer, B., Sommerauer, S., & Doppler, B. (2009). Unterrichten in heterogenen Gruppen. In W. Specht (Hrsg.), Nationaler Bildungsbericht Österreich 2009. Band 2: Fokussierte Analysen bildungspolitischer Schwerpunktthemen. Graz: Leykam.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability? *Science Education*, 94(4), 577-616.
- Combe, A. (2006). „Hatten die schon Schuhe?“ Zur Theorie des Erfahrungslernens. *Pädagogik*, 632-36.
- European Commission. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Online: [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocand-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocand-on-science-education_en.pdf) [18.03.2008]
- Haney, J., Czerniak, C. & Lumpe, A. (2003). Constructivist beliefs about the science classroom learning environment: Perspectives from teachers, administrators, parents, community members and students. *School Science and Mathematics*, 103(8), 366-377.
- Korthagen, F. A. J., Loughran, J., & Russell, T. (2006). Developing fundamental principles for teacher education programs and practices. *Teaching and Teacher Education*, 22(8), 1020-1041.
- Mayring, P. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim und Basel: Beltz.
- OECD (2010). *TALIS 2008. Technical Report*. Online: [www.sourceoecd.org/education/9789264079854](http://www.sourceoecd.org/education/9789264079854) [22.06.2013]
- Sliwka, A. (2010). From homogeneity to diversity in German education. In OECD (Ed.), *Educating Teachers for Diversity: Meeting the Challenge* (pp. 205-217): OECD Publishing.

## Naturwissenschaft und Technik (NWT) – integrierte Lehrerbildung an der Uni

### Zusammenfassung

In Bayern sehen die Lehrpläne für die Grund- und Mittelschule einen naturwissenschaftlich integrierten Unterricht vor. Mit dem Modellversuch Naturwissenschaft und Technik (NWT) der Universität Regensburg wurde hierfür vor vier Jahren erstmals ein universitäres Ausbildungsangebot geschaffen, das von den Studierenden stark nachgefragt wird und erfolgreich extern begutachtet wurde. Die dauerhafte Etablierung von NWT ist bei den Staatsministerien beantragt. Das Konzept integriert sowohl die naturwissenschaftlichen Teildisziplinen als auch Fachwissenschaft und Fachdidaktik. Um förderdiagnostische Kompetenzen aufbauen zu können, arbeiten Studierende empirisch und erproben bei Schulklassenbesuchen im NWT-Lernlabor individuelle Lernangebote. Erhebungen zu mehreren Messzeitpunkten lassen erkennen, dass sich beispielsweise das Fähigkeitsselbstkonzept sowie die Selbstwirksamkeitserwartung der NWT-Studierenden insbesondere bezüglich Chemie/Chemieunterricht und Physik/Physikunterricht positiv entwickeln. Im Beitrag werden qualitative und quantitative Ergebnisse wissenschaftlicher Begleituntersuchungen dargestellt.

### Science- oder Fachunterricht? - Gründe für ein naturwissenschaftlich integriertes Studienfach

Mögliche Gründe für ein naturwissenschaftlich integriertes Schul- und Studienfach lassen sich aus mehreren Perspektiven heraus erschließen:

#### *Perspektive der Schülerinnen und Schüler*

- Kinder und Jugendliche nehmen ihre Umwelt ganzheitlich und nicht in die Einzeldisziplinen Biologie, Chemie und Physik gegliedert wahr.
- Eine naturwissenschaftlich integrierte Sichtweise erleichtert das Wahrnehmen von Zusammenhängen, vernetztes Denken und Handeln sowie die Auseinandersetzung mit Fragestellungen aus Alltag, Umwelt und Gesellschaft (Rehm et al., 2008).
- Ein integrativer Ansatz verbessert die Einstellung von Jugendlichen zum naturwissenschaftlichen Unterricht und reduziert diesbezüglich Genderdifferenzen (Bennett et al., 2007).

#### *Perspektive der (angehenden) Lehrerinnen und Lehrer*

- International betrachtet ist der naturwissenschaftliche Unterricht häufig in einem Fächerverbund organisiert statt in Einzeldisziplinen, z. B. in Kanada, Australien, den USA, Großbritannien, Niederlande, der Schweiz, Norwegen (Möller, 2007; Rehm et al., 2008).
- In Deutschland sind inzwischen in zahlreichen Bundesländern und Schularten ebenfalls naturwissenschaftliche Fächerverbünde in den Lehrplänen verankert, in Bayern Heimat- und Sachunterricht (HSU) in der Grundschule und Physik-Chemie-Biologie (PCB) in der Haupt-/Mittelschule.
- Lehrerbildung an Hochschulen und Universitäten sollte auf die veränderten Anforderungen im Berufsfeld reagieren und Kompetenzen auf Seiten der Studierenden für einen naturwissenschaftlich integrierten Unterricht aufbauen.

#### *Perspektive der Bildungspolitik*

- Naturwissenschaftlich-technische Bildung und Entwicklung sind für unsere Gesellschaft von großer Bedeutung, wobei ein Mangel an entsprechenden Fachkräften beklagt wird.
- Bildungspolitisch ist ein stärkeres Profil der Schulen in den Naturwissenschaften gewollt.
- Hierfür werden einerseits mehr, andererseits aber auch besser ausgebildete Lehrerinnen und Lehrer in den naturwissenschaftlich-technischen Fächerverbänden benötigt, die das

- Interesse und die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler optimal fördern.
- Der Frauenanteil im Lehramt hat in den letzten Jahren teilweise deutlich zugenommen. Es ist deshalb wichtig, dass sich mehr Frauen im Lehramt für die Naturwissenschaften entscheiden.

### **Wissenschaftliche Begleitung des Modellversuchs NWT – qualitative und quantitative Ergebnisse**

Zur Evaluation des Modellversuchs NWT wird u. a. ein Fragebogen eingesetzt, der von den Studierenden zu drei Messzeitpunkten bearbeitet wird: zu Beginn des NWT-Studiums (t1), nach Abschluss des ersten Studienabschnitts (t2) und nach Abschluss des zweiten Studienabschnitts (t3). Der erste Studienabschnitt ist hierbei primär disziplinär orientiert (z. B. Basis- und Aufbaukurse in Biologie, Chemie und Physik), der zweite Studienabschnitt hingegen ist interdisziplinär ausgerichtet (themenbezogene fächerübergreifende Wahlpflichtveranstaltungen, Arbeit mit Schulklassen im NWT-Lernlabor).

Die Entwicklung/Einschätzung der NWT-Studierenden soll so über einen längeren Zeitraum hinweg verfolgt werden. Um darüber hinaus Aussagen zur Erlangung berufsrelevanter Kompetenzen durch ein NWT-Studium zu erhalten, ist eine Ausweitung des Erhebungszeitraums auf das Referendariat und die ersten Berufsjahre geplant.

#### *Studienfachwahl*

Die Studierenden wurden nach Gründen gefragt, weshalb sie sich für das Didaktikfach (Nebenfach) NWT entschieden haben. Die gegebenen Antworten wurden mit dem Verfahren der Qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2010; Mayring & Gläser-Zikuda, 2008) ausgewertet, wobei sich 37 Kategorien ergaben. Bei den 381 Datensätzen zum Messzeitpunkt t1 spielte für 138 Studierende das Interesse an der Fachwissenschaft (z. B. Biologie) bei der Studienfachwahl eine Rolle, gefolgt von der Orientierung am späteren Berufsfeld (integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht) mit 71 Nennungen *„...ich glaube hier Kompetenzen zu erwerben, die mich im Unterrichten des Faches PCB weiterbringen. Ich hätte normalerweise Physik oder Biologie gewählt, so hat es sich natürlich abgeboten, gleich ein Fach zu wählen, welches mit dem Fach in der Schule deckungsgleich ist“*.

Statistiken der Universität Regensburg belegen, dass in früheren Jahren nur wenig Studierende der Lehrämter Grundschule und Haupt-/Mittelschule eine Naturwissenschaft studiert haben - wenn dann in erster Linie das Fach Biologie. Immerhin ca. 10% der NWT-Studierenden belegen momentan eine Naturwissenschaft als Unterrichtsfach (Hauptfach), zumeist Biologie. Allerdings hielten 345 von 381 Befragten (t1) es für sinnvoll, NWT auch als Unterrichtsfach wählen zu können (NWT kann im Rahmen des Modellversuchs leider nur als Didaktikfach/Nebenfach studiert werden). Fragt man die Studierenden, ob sie dies dann auch konkret tun würden, so antworten ca. 38% der Personen mit „ja“. Dies wäre angesichts der geringen Studierendenzahlen mit einer einzelnen Naturwissenschaft (primär Biologie) als Unterrichtsfach/Hauptfach ein Erfolg. Noch erfreulicher sind die Ergebnisse zu den Messzeitpunkten t2 und t3: hier bekundet sogar jeweils die Hälfte der Studierenden, NWT auch als Hauptfach studieren zu wollen.

Die von den Studierenden genannten Gründe für (20 Kategorien) oder wider (10 Kategorien) ein Studium des Unterrichtsfachs NWT sind inhaltsanalytisch ausgewertet und in Tabelle 1 auszugsweise dargestellt. Befürworter argumentieren vorrangig mit der Orientierung am späteren Berufsfeld (integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht). Für Studierende, die NWT nicht als Unterrichtsfach wählen würden, steht primär ein anderes Fach im Mittelpunkt, das sie auf jeden Fall wieder als Hauptfach wählen würden. Erst dann folgen mit deutlichem Abstand Gründe wie beispielsweise fehlende Begabung oder mangelnde Vorkenntnisse bezüglich der Naturwissenschaften.

Tab. 1: Gründe für oder wider ein Studium des Unterrichtsfachs NWT

„Ja, NWT als Unterrichtsfach studieren“ (N = 146, t1)		„Nein, NWT nicht als Unterrichtsfach studieren“ (N = 235, t1)	
Kategorie	Häufigkeit	Kategorie	Häufigkeit
Orientierung am späteren Berufsfeld	57	Wahl eines anderen Unterrichtsfaches	99
breites Wissensspektrum	39	eigene Begabung, Stärken/Schwächen	41
Interesse	37	mangelnde Vorkenntnisse	22
Fächerverbund an der Uni sinnvoll	28	Didaktikfach reicht	22
handlungsorientiertes/ praktisches Arbeiten/Lernen	17	Überforderung bei intensiverem Studium	22

*Fähigkeitsselbstkonzept und Selbstwirksamkeitserwartung*

Die Konstrukte Fähigkeitsselbstkonzept ( $.83 \leq \alpha \leq .87$ ) und Selbstwirksamkeitserwartung ( $.83 \leq \alpha \leq .88$ ) wurden in Anlehnung an Skalen von Kleickmann (2008) erhoben. Jede Skala umfasst vier Items pro Fachbereich und ein fünfstufiges Antwortformat. Die Zusammenstellung der Ergebnisse in Tabelle 2 zeigt, dass die Merkmalsausprägung jeweils bei Biologie am höchsten ist, gefolgt von Chemie und Physik. Erste Längsschnittauswertungen mit dem Allgemeinen Linearen Modell (GLM) lassen erkennen, dass das Fähigkeitsselbstkonzept sowie die unterrichtsbezogene Selbstwirksamkeitserwartung der NWT-Studierenden v. a. in den Fachbereichen Chemie und Physik positiv über das Studium hinweg entwickelt werden konnten, teilweise mit großen Effektstärken (vgl. Tabelle 2).

Tab. 2: Entwicklung des Fähigkeitsselbstkonzepts und der Selbstwirksamkeitserwartung

Fähigkeitsselbstkonzept (GLM, N = 49)	Wie schätzen Sie Ihre jetzigen Fähigkeiten in Biologie, Chemie und Physik ein?			
	t1 – M (SD)	t2 – M (SD)	t3 – M (SD)	Effekt t1 – t3
Biologie	3,99 (0,70)	4,08 (0,75)	4,06 (0,57)	n. s.
Chemie	2,99 (1,04)	3,66 (0,70)	3,64 (0,78)	Cohens d = .846***
Physik	2,76 (1,08)	3,23 (0,89)	3,14 (0,96)	Cohens d = .410***
Selbstwirksamkeitserwartung (GLM, N = 49)	Wie schätzen Sie Ihre Kompetenz ein, biologische, chemische und physikalische Themen im Unterricht zu behandeln?			
	t1 – M (SD)	t2 – M (SD)	t3 – M (SD)	Effekt t1 – t3
Biologie	4,01 (0,83)	4,08 (0,58)	4,29 (0,54)	Cohens d = .386*
Chemie	3,23 (0,83)	3,84 (0,60)	3,92 (0,60)	Cohens d = .835***
Physik	2,87 (0,97)	3,46 (0,70)	3,60 (0,56)	Cohens d = .802***

**Literatur**

- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing Science to Life: A Synthesis of Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching. *Science Education*, 91, 347-370.
- Kleickmann, T. (2008). Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis. Münster: Inaugural-Dissertation.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz.
- Mayring, P., & Gläser-Zikuda, M. (Hrsg.). (2008). *Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse*. Weinheim: Beltz.
- Möller, K. (2007). „Primary Science“ – ein internationaler Überblick. In: D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich*. Münster: LIT, Band 27, 98-121.
- Rehm, M., Bündler, W., Haas, T., Buck, P., Labudde, P., Brovelli, D., Östergaard, E., Rittersbacher, C., Wilhelm, M., Genseberger, R., & Svoboda, G. (2008). Legitimierungen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs "Science". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 99-124.

### Ergebnisse einer Befragung von Chemielehrkräften zur Berufsorientierung - Ein Teilprojekt von PACE-CHEM

Die Berufswahl von Jugendlichen wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Neben den Eltern, den Peers sowie den eigenen Interessen hat auch die Schule Einfluss auf die Berufswahl von Jugendlichen. Berufsorientierung ist zu einer wichtigen Schulaufgabe geworden. Die beruflichen Interessen der Jugendlichen entwickeln sich im Laufe der Schulzeit.

Die Schule soll die Schüler\_innen bei diesem Prozess unterstützen und auf die Anforderungen der Arbeitswelt vorbereiten. Im Niedersächsischen Schulgesetz ist verankert, dass die Schule die Aufgabe hat, die Schüler\_innen durch verschiedene Methoden und auf deren Interessen bezogen auf die Arbeitswelt vorzubereiten (Niedersächsisches Kultusministerium, 2013). Viele Schulen haben diese Forderung in ihr Schulprogramm aufgenommen und zu einem festen Bestandteil ihres Schulalltags gemacht. Um den Schüler\_innen einen breiten Einblick in die Arbeitswelt zu gewähren, soll möglichst jedes Fach seinen Beitrag leisten.

Weiterhin sieht das Kerncurriculum für das Fach Chemie im Kompetenzbereich Bewertung zu mehreren Zeitpunkten vor, dass die Schüler\_innen die Unterrichtsinhalte mit der Arbeits- und Berufswelt verknüpfen (Niedersächsisches Kultusministerium, 2007).

Ein Vergleich der Unterrichtsinhalte aus dem Kerncurriculum und der Ausbildungsverordnung der Chemisch-Technischen Assistenten (CTA) zeigt viele Möglichkeiten eines berufsorientierenden Unterrichts auf (Niedersächsisches Kultusministerium, 2004).

Tab. 1: Überschneidungen von Inhalten aus dem Kerncurriculum und Inhalten aus der Ausbildungsverordnung der CTAs

Klassenstufe	Überschneidungspunkte
5/6	Trennverfahren (Dekantieren, Filtrieren, Zentrifugieren) Qualitätskontrolle (Siede-/Schmelztemperatur) Chromatographie
7/8	Grundlagen der Stöchiometrie und Formelsprache Titration
9/10	Qualitative Stoffkontrolle (Säurestärke, Löslichkeit, Brennbarkeit, Leitfähigkeit) Qualitative Kontrolle (Siede-/Schmelztemperatur) pH-Messungen Destillation
5-10	Arbeitssicherheit Umweltschutz Gesundheitsaspekte Stoffe und Systeme

Tabelle 1 zeigt, dass vielfältige Überschneidungen vorliegen und es in jeder Jahrgangsstufe Anknüpfungspunkte für einen berufsorientierenden Unterricht gibt. Prinzipiell scheint also eine fachbezogene Berufsorientierung möglich.

Dem steht gegenüber, dass in Deutschland nur circa 18 % der Jugendlichen naturwissenschaftsbezogene Berufserwartungen haben (Prenzel et al., 2006). In der Literatur sind nur wenige Ansätze für eine Integration von Berufsorientierung im Chemieunterricht zu finden. Es stellt sich nun die Frage, wie Berufsorientierung in der Schule in das Fach Chemie implementiert wird.

### **Ziel dieser Befragung**

Die Rahmenbedingungen für Berufsorientierung an den Schulen in Niedersachsen sollen durch das Projekt PACE-Chem (Professional Approaches to Career Education in Chemistry) erhoben werden. Diese sollen durch vier methodische Zugänge erhoben werden:

Schulbuchanalyse, Lehrer- und Lehrerinnenbefragung zum Thema Berufsorientierung, Ausbilder- und Ausbilderinnenbefragung aus der chemischen Industrie und Fragebogenstudie mit Auszubildenden aus der chemischen Industrie.

Im Folgenden soll die Befragung der Chemielehrkräfte vorgestellt werden. Der Interviewleitfaden, mit dem die Lehrkräfte befragt wurden, umfasst vier inhaltliche Schwerpunkte:

- Berufsorientierungsangebot an der Schule und Stellenwert der Naturwissenschaften innerhalb des Angebotes,
- Einstellung zum Thema Berufsorientierung,
- Verständnis von Berufsorientierung,
- Erfahrungen mit einer Implementation von Berufsorientierung im Chemieunterricht

### **Stichprobe und Methodik**

Es wurden insgesamt elf Chemielehrkräfte, wovon fünf weiblich und sechs männlich sind, aus Niedersachsen befragt. Sechs Lehrkräfte haben vor ihrer Lehrtätigkeit einen anderen Beruf (z. B. Chemielaborant, Agraringenieurswesen) erlernt. Die Interviews wurden alle transkribiert und mit der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring ausgewertet. Die Transkripte wurden auf die Frage hin untersucht, wie Berufsorientierung an den Schulen gestaltet wird und welchen Stellenwert die Naturwissenschaften in diesem Prozess einnehmen. Zudem wurde das Material auf die Frage hin analysiert, ob und wenn ja, wie Berufsorientierung in den Chemieunterricht integriert wird. Die Analyse des Materials erfolgte anhand einer induktiven Kategorienbildung, das heißt die Kategorien, die die Grundlage der Analyse bilden, wurden aus dem Material heraus entwickelt.

### **Vorläufige Ergebnisse**

Die Aussagen der Lehrkräfte lassen darauf schließen, dass an den meisten Schulen in Niedersachsen der Fachbereich Arbeit, Wirtschaft, Technik (AWT) für die Organisation von Berufsorientierung an den Schulen zuständig ist. Die Angebote beginnen an den Schulen in Niedersachsen zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Bei sechs der Befragten beginnen die Angebote an der Schule in Klasse 8, bei jeweils einer Lehrkraft in Klasse 7 und Klasse 9 und zwei Lehrkräfte gaben die fünfte Klasse als Beginn für Berufsorientierung an der Schule an. Lediglich eine Lehrkraft konnte keine Angaben machen.

Auf die Frage hin, welchen Stellenwert die Lehrkräfte den Naturwissenschaften innerhalb des Angebotes zur Berufsorientierung zuschreiben würden, sprachen acht Lehrkräfte den Naturwissenschaften einen geringen und drei Lehrkräfte gar keinen Stellenwert zu.

Die Lehrkräfte nannten hingegen Wahlpflichtkurse und Projektwochen als Möglichkeiten naturwissenschaftsbezogen und berufsorientierend zu arbeiten.

Auf die Frage, ob die Lehrkräfte schon einmal Berufe im Chemieunterricht thematisiert haben, antworteten zehn Lehrkräfte mit ja und eine Person mit nein. Wenn man sich den Zusammenhang anschaut, in welchen die Berufe integriert wurden, so wurden

Betriebsbesichtigungen mit fünf Nennungen am häufigsten genannt. Weiterhin wurde im Rahmen des Chemieunterrichts in Projekten und Wahlpflichtkursen berufsorientierend gearbeitet. Zwei Lehrkräfte gaben an, im Rahmen von Experimenten Berufe im Unterricht thematisiert zu haben, und nannten den des Gebäudereinigers im Zusammenhang mit Experimenten zu Haushaltsreinigern und den Beruf des Destillateurs. Weiterhin nannte eine Person das explizite Vorstellen chemischer Berufe im Unterricht kurz vor Beginn des Betriebspraktikums und eine weitere Person erzählte von gemachten Erfahrungen in der chemischen Industrie. Die ersten drei angeführten Möglichkeiten der Lehrkräfte finden nicht unmittelbar im Unterricht statt, sondern im Rahmen des Unterrichts. Wenn man die genannten Implementationserfahrungen nach der unterrichtlichen Gestaltung<sup>1</sup> untersucht, so kann man festhalten, dass die Unterrichtserfahrungen zu 60 % eine hohe Lehreraktivität aufweisen und 40 % der Angebote eine hohe Schüleraktivität.

In den Interviews wurden von den Lehrkräften immer wieder einige organisatorische Hindernisse bei einer Implementation angesprochen. Betriebsbesichtigungen sind oftmals erst ab einem bestimmten Alter der Schüler\_innen möglich, sodass der Besichtigungszeitpunkt oft in die 10 Klasse fällt und die Unterrichtsinhalte häufig nicht zu dem Thema der Betriebsbesichtigung gepasst haben. Weiterhin hat sich durch die Interviews herausgestellt, dass Betriebsbesichtigungen in den einzelnen Fachbereichen erwünscht, aber nicht verpflichtend sind, sodass es von den Lehrkräften abhängt, ob die Schülerschaft einen Einblick in die chemische Industrie bekommt. Auf der unterrichtlichen Ebene wurde die Zeit als ein hinderlicher Punkt für eine Implementation in den Unterricht angeführt. Die Lehrkräfte berichten von zu wenig Chemieunterricht, zu viel Stundenausfall und einem zu vollen Stoffverteilungsplan. Durch die Interviews wird deutlich, dass die meisten der Befragten Berufsorientierung als wichtig empfinden, aber eher als eine Zusatzaufgabe sehen, für die sie momentan keine Zeit haben.

### Zusammenfassung

Die meisten Berufsorientierungsangebote an den Schulen konzentrieren sich auf die Klassenstufe 8-10. Innerhalb dieses Angebots spielen die Naturwissenschaften kaum eine Rolle. Berufsorientierung wird tendenziell wenig in den Chemieunterricht integriert; falls doch, hat sie eine hohe Lehreraktivität. Die Lehrkräfte halten Vorträge über Berufe oder berichten von gemachten Erfahrungen in der chemischen Industrie. Die Integration von Chemieberufen im Chemieunterricht ist jedoch wichtig, da die Schüler\_innen nur wenige Kenntnisse über chemische Berufe haben. Ein Vergleich des Kerncurriculums mit den Rahmenrichtlinien für CTAs zeigt, dass es vielfältige Anknüpfungspunkte mit dem Unterricht der allgemein bildenden Schulen gibt.

Es ist daher notwendig, strukturierte Konzepte zu entwickeln, in denen ein systematischer Einbezug von Berufsorientierung so früh wie möglich in den Chemieunterricht ermöglicht wird.

### Literatur

- Niedersächsisches Kultusministerium (2004), <http://www.nibis.de/nli1/bbs/archiv/rahmenrichtlinien/cta.pdf>, Rahmenrichtlinien CTAs, (7.10.2013).
- Niedersächsisches Kultusministerium (2007), Kerncurriculum für die Realschulen, abrufbar unter [http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc\\_rs\\_nws\\_07\\_nib.pdf](http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc_rs_nws_07_nib.pdf) (01.08.2011).
- Niedersächsisches Kultusministerium (2013), abrufbar unter: [http://www.mk.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation\\_id=24742&article\\_id=6520&\\_psmand=8](http://www.mk.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=24742&article_id=6520&_psmand=8), Niedersächsisches Schulgesetz (7.10.2013).
- Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E., Pekrun R. (2006). *PISA 2006; Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Zusammenfassung, [http://www.ipn.uni-kiel.de/pisa/zusammenfassung\\_PISA2006.pdf](http://www.ipn.uni-kiel.de/pisa/zusammenfassung_PISA2006.pdf) (26.07.2011).

<sup>1</sup> Einbezogen wurden alle gemachten Erfahrungen, die in der Schule stattfanden.

Shingo Uchinokura<sup>1</sup>  
Verena Pietzner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kagoshima University  
<sup>2</sup>Hildesheim University

## Creativity in Science Education

Creativity in everyday life is mostly related to so called creative people like writers, actors, painters or sculptors. But creativity also plays an important role in science:

*“The mere formulation of a problem is far more often essential than its solution, which may be merely a matter of mathematical or experimental skill. To raise new questions, new possibilities, to regard old problems from a new angle require creative imagination and marks real advances in science.”* Albert Einstein

In this paper, we would like to come closer to the phenomenon of creativity, its importance for science and society, and find ways to foster creativity in science classes. In addition, tentative results of interviews among chemistry teachers of different lower secondary schools (Realschule) in Lower Saxony are presented.

### A short introduction to creativity

Figure 1 shows a task taken from a typical intelligence test for pupils. They have to find out the item that does not fit to the others and give a short explanation.

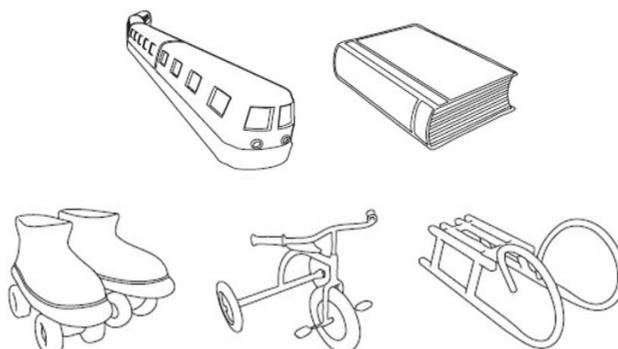


Figure 1: A task in an intelligent test: What item does not fit? (Meyer, 2011)

For the test evaluation, the correct answer is “book”, because it is the only item you cannot use for locomotion. But taking a closer look at the items shown in the figure, it is easy to find a suitable explanation for each item.

- The train is the only thing that needs electricity.
- You need two skaters, but from the other items you only need one to be able to use it.
- The use of a tricycle is generally limited to children, whereas all other items can normally be used at any age.
- Finally, the sledge is the only item that may be used on snow.

### **The concept of “creativity”; general Aspects**

This example shows one important aspect, especially for schools. Creativity includes a certain capability of divergent thinking. Later, we will see that this might be something we could be able to foster at schools, where mostly convergent thinking is requested.

Rhodes (1961) defined a model of creativity today most researchers rely to and that is known as the 4P model. According to him, creativity comprises four fields: person, process, product, and place. First of all, creativity takes place in a person’s mind. A creative process has to be passed through to finally come to a creative product. This product does not need to be a product like a new type of computer, but it also can be a new idea. Finally, place describes a relation between a human being and its environment; the environment may be inspiring or monotonous and therefore can foster or restrain a creative process.

Focusing now on the process and the product of creativity, a substructure can be observed. The process of creativity can be divided in four phases (Wallas, 1926). Beginning with the *preparation* of the work, the *incubation* is the most important part of the creative process. The duration of this phase can vary a lot. Some problems have to be rethought over and over again, not only deliberately, but also unconsciously. Then, the point of *illumination* comes and the solution appears in the creative person’s mind. This illumination can come suddenly and unexpected, in the middle of the night or while being at the grocery’s shop. Afterwards, the *elaboration* finishes the creative process.

Looking at a creative product, it has to fulfill three requirements: It has to be novel, valuable, and adequate. Novelty means that the new item did not exist before. But in addition, it also has to be valuable: The item has to be useful and made for a certain use, whereas other items created for the same use do not fulfill the respective needs in the same way. Adequacy is determined both temporally and culturally. Therefore, a new product might be creative in Europe, but not in Asia, or a product that is very creative today may not be regarded as being creative in the future.

### **Possible Research topics on Creativity in Science Education**

Regarding science education, the question arises, how creativity can be included into the curriculum. For this, different areas of interest can be identified:

- Teachers’ ideas about and attitudes towards creativity
- Students’ ideas about and attitudes towards creativity
- Implementing teaching methods that are creative
- Implementing teaching methods to foster the students’ creativity
- The influence of the learning environment

### **A Study of Chemistry Teachers’ ideas about creativity**

As already mentioned, creativity is crucial also for science, and teachers are aware of this. Abd-El-Khalick et al. (1998) asked teachers for the Nature of Science, and one of the probands pointed out: “There is creativity before and after data collection.” This is true, because a researcher needs to be creative to design an experiment (the product) that is able to provide data suitable for finding an answer to a certain problem. After data collection, he needs to creatively interpret the data and to reflect his work.

As a starting point, nine teachers from lower secondary schools (Realschule) were interviewed; they were between 30 and 58 years old, six of them were female. We wanted to find out, what chemistry teachers already think about creativity and what they already do to foster creativity in class. The interview manual consisted of four parts. After a short warm-up question, the teachers were asked about their views on creativity, the relation between creativity and problem solving and Nature of Science, respectively.

Starting with the question "What does creativity mean to you?", the teachers should focus on their own view on creativity. For the teachers, a creative person has a good power of deduction and knows about his/her own strengths and weaknesses. Additionally, he or she has an unbiased access to new things, what enables the person to think "out of the box". Another main aspect was the link to problem solving; a creative person can work independently during problem solving phases.

For the teachers, creativity and problem solving are very closely related. Ultimately, this view is dominating all the interviews. The teachers think that problem solving requires creativity. This is expedient, because being creative includes divergent thinking, which is indispensable for finding alternative solutions. But before solving a problem, it has to be discovered first. Here, a creative person has advantages as well. Looking at their teaching, the probands reported, that this is possible during project weeks or by using problem-oriented teaching methods. Asking for methods they use, different activities like brainstorming or planning an experiment are named.

The last aspect was the relation between creativity and the Nature of Science. Here the teachers had problems in describing possible relations, because some of them were not familiar with the concept of Nature of Science. Some said that gaining knowledge is related with creativity, because you need to have an idea of how to do an experiment. This leads back to problem solving and shows that teachers are mainly focused on this activity when thinking of creativity in chemistry.

In summary, teachers are aware of creativity and its importance for chemistry education. Sometimes, they use methods that have the potential to foster creativity, but this is mostly not their aim. Creativity is not addressed consciously, but more by chance. With this, creativity remains an abstract part of chemistry education.

#### **Acknowledgements**

We would like to thank the chemistry education master students from summer 2012 for developing and conducting the interviews and Tanja Augustin for doing the evaluation.

#### **References**

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
- Meyer, J.-U. (2011). Das Edison-Prinzip. In: C. Koop & O. Steenbuck (Hrsg.), *Kreativität – Zufall oder harte Arbeit? Karg-Hefte: Beiträge zur Begabtenförderung und Begabungsforschung*, Berlin: Karg-Stiftung, 41-44.
- Rhodes, M. (1961). An Analysis of Creativity. *The Phi Delta Kappan*, 42(7), 305-310.
- Urban, K. (2011). Möglichkeiten und Grenzen von Kreativitätsdiagnostik. In: Koop, C., Steenbuck, O. (Hrsg.). *Kreativität – Zufall oder harte Arbeit? Karg-Hefte: Beiträge zur Begabtenförderung und Begabungsforschung*, Berlin: Karg-Stiftung, 18-27.
- Wallas (1926). *The art of thought*. New York: Harcourt Brace.

### **Projekt Naturwissenschaft trifft Kunst - Ergebnisse**

Das Projekt Naturwissenschaft trifft Kunst – Praxis begeistert (NaKuP) ist ein Kooperationsprojekt zwischen der TU Dresden und den Staatlichen Kunstsammlungen Dresden. Finanziert wird das Projekt durch den Europäischen Sozialfonds ESF und den Freistaat Sachsen. Das Projekt verfolgt mehrere Zielstellungen. Zum einen soll die Lehrkompetenz angehender Lehrkräfte der Fächer Chemie und Physik bezüglich fächerverbindenden Unterrichtens gefördert werden. Zum anderen sollen Jungen und besonders Mädchen durch fächerverbindende Kurse am außerschulischen Lernort Albertinum für Naturwissenschaften begeistert werden. Perspektivisch soll das fächerverbindende Kursangebot aus dem Projekt heraus langfristig in das museumspädagogische Angebot integriert werden, um als Basis für zukünftige Projekte (z. B. ein Lehr-Lern-Labor) zu fungieren.

#### **Förderung Lehrkompetenz für fächerverbindendes Unterrichten**

Das zentrale Ziel des Projekts, die Kompetenzen bzgl. fächerverbindenden Unterrichtens von Lehramtsstudierenden der Fächer Physik und Chemie zu fördern, wurde mit einer neu entwickelten Lehrveranstaltung verfolgt. Diese Lehrveranstaltung war fakultativ, die Studierenden konnten die Leistungen jedoch im Wahlpflichtbereich des Lehramtsstudiums einbringen. Die zehn teilnehmenden Studierenden hatten zuvor keinerlei Erfahrung mit fächerverbindendem Unterrichten. Am Beispiel der Verbindung von Naturwissenschaften und Kunst sollten die Studierende fächerverbindendes Lehren und Lernen begreifen. In einer Verbindung von Theorie und Praxis lernten die Studierenden Konzepte fächerbindenden Unterrichtens kennen und entwickelten im Anschluss ein entsprechendes Unterrichtskonzept. Die Konzeption der Lehrveranstaltung führte die Studierenden „Von der Fachperspektive zur Fächerverbindung“. Im ersten Teil der Veranstaltung setzten sich die Studierenden mit den Fachperspektiven Kunst, Physik und Chemie allgemein und dann speziell im Kunstmuseum auseinander. Die dazu unternommenen Museumsbesuche waren jeweils einem Fach gewidmet. Neben der Betrachtung der Kunstwerke und der Ausstellungsräume unter dem jeweiligen fachlichen Aspekt konnten die Studierenden hinter die Kulissen des Museums blicken, um ein umfassendes Bild des Museumsbetriebs zu erhalten. Dem folgte eine Reflexion der Museumsbesuche und die anschließende Aufgabe, einen „Didaktischen Knoten“ zum Thema „Kunst im Albertinum“ anzufertigen – eine Verknüpfung aller subjektiv wahrgenommenen Eindrücke und Perspektiven, die als Grundlage für die Entwicklung der fächerverbindenden Unterrichtskonzepte dienen soll. Im nächsten Veranstaltungsblock vermittelten wir den Studierenden theoretische Grundlagen zum fächerverbindenden Unterrichten (Peterßen, 2000) und stellten im Projekt entwickelte und erprobte Beispiele für fächerverbindende Unterrichtskonzepte zum Thema Naturwissenschaft und Kunst zur Diskussion. Die Studierenden hatten nun die Aufgabe, im Team ein fächerverbindendes Unterrichtskonzept zur Durchführung am außerschulischen Lernort zu entwickeln und schließlich zu präsentieren. Den Abschluss der Lehrveranstaltung bildete eine offene Diskussionsrunde zur Evaluation der Lehrveranstaltung und zu Themen, die bislang nicht im Fokus der Veranstaltung standen, wie den Schwierigkeiten fächerverbindenden Unterrichtens. Engagierte Studierende hatten zudem die Möglichkeit, ihr Unterrichtskonzept in der Praxis zu erproben.

Die Evaluation der Lehrveranstaltung ergab, dass das Grundprinzip des Ablaufs sinnvoll ist und die Zielstellung (Vermittlung Kompetenz für fächerverbindenden Unterricht) damit

subjektiv aus Sicht der Studierenden erreicht werden kann. Zur objektiven Bewertung der Kompetenzentwicklung der Studierenden wurde ein Instrument, das eine niedrig inferente Einschätzung erforderlicher Teilkompetenzen ermöglicht, entwickelt und auf die vorgestellten Unterrichtskonzepte angewandt. Die selbst entwickelten Unterrichtseinheiten stellen damit ein Zeugnis für die erlangten Kompetenzen dar.

### **Fächerverbindende Kurse im außerschulischen Lernort Albertinum**

Innerhalb des Projekts NaKuP sind zahlreiche Kurse zur Verbindung von Naturwissenschaft und Kunst entstanden. Der Mikrokosmos Kunstmuseum bietet für die Entwicklung von fächerverbindenden Kursen ein ungeahnt weites Feld. Von technisch orientierten Kursen, die sich mit der Sicherung und Bewahrung von Kunstwerken beschäftigen, reicht das Spektrum bis hin zu künstlerisch ausgerichteten Kursen. Hier stellt die naturwissenschaftliche Perspektive und das damit erworbene Wissen, z. B. zum Thema Mond, eine notwendige Voraussetzung dar, um am Ende ein Kunstwerk zu erschaffen. Hingegen stellt die Kunst bei den technisch orientierten Kursen mehr den Kontext für die zu bewältigenden Aufgaben dar. Eine Übersicht der entwickelten Kurse ist im Folgenden aufgelistet, in Klammern angegeben ist der zentrale Lehrplanbezug:

- Den Kunstwerken analytisch auf der Spur (analytische Chemie)
- Ein neues Gemälde fürs Albertinum (Wärmelehre)
- Licht – Kunstlicht – Lichtkunst (Licht als Strahl und Welle)
- Bewahrung von Kunst (Synthese, Reflexion und Transmission von Licht)
- Fotografie – Malen mit Licht (physikalische Grundlagen der Fotografie)
- Statik von Skulpturen (Kraftbegriff)
- Von Sonnengold zu Mondsilber (Mondphasen, beleuchtete und leuchtende Körper)
- Die Künstlerfarbe Blau (Komplexchemie)
- Patina – Spur der Zeit (Reaktion von Metallen und Nichtmetall)
- Beleuchtung im Albertinum (Licht als Strahl und Welle, Farbwahrnehmung)

Mehr Informationen zu den Kursen können erfragt werden: [didaktik@physik.tu-dresden.de](mailto:didaktik@physik.tu-dresden.de).

### **Evaluation der Kurse**

Die Kurse wurden mit standardisierten Werkzeugen evaluiert. Ausgewählte Items zweier Arbeiten (Pawek, 2009; Wilde et al., 2009) wurden auf die Lernumgebung im Albertinum angepasst. In den Fragebogen wurden 15 Variablen aufgenommen, die mit einer 5-stufigen Likert-Skala aufgelöst waren. Der Fragebogen wurde allen Kursteilnehmern am Ende der Veranstaltung zur Beantwortung ausgehändigt.

Besonderen Schwerpunkt legten wir bei der Auswertung auf Unterschiede zwischen den Geschlechtern, da von fächerverbindendem Unterrichten erwartet wird, den Gender-Gap zwischen Mädchen und Jungen zu verringern (siehe Labudde, 2014).

Die Auswertung beschränkt sich hier exemplarisch auf drei Variablen und die Bewertung der Kurse (siehe Abbildung 1). Es wurden 181 Fragebögen ausgewertet, bei 98 männlichen und 83 weiblichen Kursteilnehmern. Die hier diskutierte Betrachtung der Gesamtstichprobe findet sich auch weitestgehend in der Analyse des Datensatzes getrennt nach Kursen wieder, wobei die Teilnehmerzahlen bei zwei Kursen nur qualitative Aussagen zulassen. Wo die Voraussetzungen für den t-Test erfüllt waren, wurde er durchgeführt. Die selbst erbrachte Leistung schätzen Mädchen und Jungen gleichermaßen hoch ein.

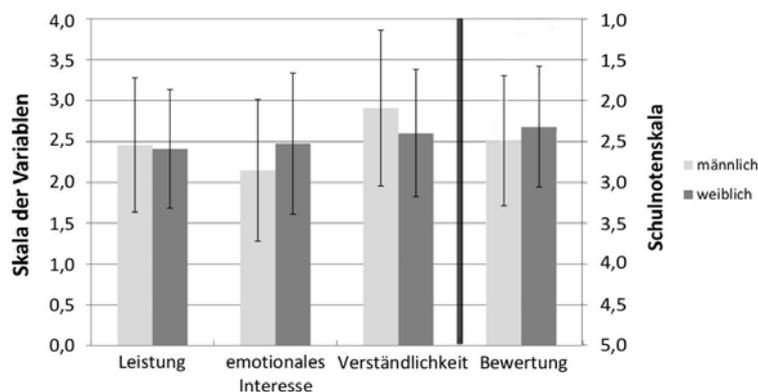


Abb. 1: Übersicht ausgewählter Variablen. Dargestellt sind die Mittelwerte mit den Standardabweichungen getrennt nach Geschlecht.

Beim emotionalen Interesse an den Aufgaben äußern die weiblichen Teilnehmer einen signifikant höheren Wert als die männlichen Teilnehmer (Effektstärke 0.38 bei einem signifikanten Unterschied mit  $p < 0.05$ , t-Test). Die wahrgenommene Verständlichkeit wird im Gegensatz dazu von den Jungen signifikant höher eingeschätzt (Effektstärke -0.34 bei einem signifikanten Unterschied mit  $p < 0.05$ , t-Test). Die Jungen besitzen nach unserer Einschätzung ein größeres Selbstbewusstsein in Bezug auf naturwissenschaftliche Aufgabenstellungen. Die Mädchen hingegen zeigen in Verbindung mit der Kunst ein größeres aktuelles Interesse an naturwissenschaftlichen Aufgaben als die Jungen. Dies drückt sich auch in der besseren Bewertung der Kurse durch Mädchen aus und bestätigt damit empirisch für das aktuelle Interesse die Reduzierung des Gender-Gap, ein zentrales Motiv für fächerübergreifendes Unterrichten (siehe Labudde, 2014). Eine mittel- bis langfristige Untersuchung des Interesses an Naturwissenschaften konnte innerhalb des Projekts nicht durchgeführt werden.

### Zusammenfassung

Das Projekt NaKuP vermittelte zehn Studierenden innerhalb der naturwissenschaftlichen Lehramtsausbildung an der TU Dresden Kompetenzen für fächerverbindendes Unterrichten. Innerhalb einer neuen Lehrveranstaltung entwickelten die Studierenden Kurse an der Schnittstelle von Naturwissenschaft und Kunst und erweiterten so ihre Kompetenz, die mithilfe eines eigenen Instruments erfasst und bewertet wurde. Die Evaluation der Kurse ergab, wie vielversprechend fächerverbindender Unterricht gerade für die Förderung des Interesses von Mädchen an naturwissenschaftlichen Aufgaben ist.

### Literatur

- Labudde, P. (2014, im Druck). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht – Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik - Jahrestagung in München 2013. Münster: Lit-Verlag.
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessensfördernde außerschulische Lernumgebung für Schülerinnen und Schüler der Mittel- und Oberstufe. Dissertation, Kiel.
- Peterßen, W. H. (2000). Fächerverbindender Unterricht. Begriff-Konzept-Planung-Beispiel. Ein Lehrbuch. München: Oldenbourg.
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A., Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM), Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15, 31-45.

Roger Erb<sup>1</sup>  
 Friederike Korneck<sup>1</sup>  
 Horst Schecker<sup>2</sup>  
 Heike Theyßen<sup>3</sup>  
 Rita Wodzinski<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Goethe-Universität Frankfurt  
<sup>2</sup>Universität Bremen  
<sup>3</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>4</sup>Universität Kassel

## **Kerncurriculum Physikdidaktik im Lehramtsstudium**

Eine Kommission der Deutschen Physikalischen Gesellschaft erarbeitet derzeit Empfehlungen für die Ausgestaltung der fachinhaltlichen Studienanteile für das gymnasiale Lehramtsstudium der Physik. Um diese Empfehlungen durch eine Beschreibung zentraler fachdidaktischer Studienanteile zu ergänzen, wurden von einer Arbeitsgruppe aus der Physikdidaktik Vorarbeiten aus dem Projekt „Physikdidaktik für Quereinsteiger“ (Korneck, Lamprecht, Schecker & Wodzinski, 2010) herangezogen. Die dortigen Module wurden unter Berücksichtigung der KMK-Standards für die Lehrerbildung zu Studienelementen (SE) für einen Einsatz in der grundständigen Lehrerbildung umgearbeitet und ergänzt. Die Studienelemente können zu Modulen zusammengefasst werden, deren Struktur sich am Kerncurriculum Fachdidaktik der Gesellschaft für Fachdidaktik orientiert.

### **DPG-Lehramtsstudie**

Anders als die „Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik“ von 2006 (DPG, 2006) soll die neue Lehramtsstudie der DPG detaillierte Aussagen zum Studienverlauf und auch zur Anknüpfung an den Physikunterricht machen. Hierfür sind Abschnitte zu den Grundlagen eines Physiklehramtsstudiums, zum fachwissenschaftlichen und zum fachdidaktischen Teil und zu den Inhalten des Physikunterrichts vorgesehen. Ein wesentliches Anliegen ist es, zu verdeutlichen, dass für das Lehramtsstudium in Physik im Vergleich zum Bachelor-/Masterstudium aufgrund der Konstruktion nur ein sehr eingeschränkter Umfang zur Verfügung steht. Alle Empfehlungen beziehen sich auf das gymnasiale Lehramt.

Für das Studium wird von einem Umfang von insgesamt 300 credit points (cp, LP) ausgegangen, von denen auf das fachliche Studium in Physik 85 LP entfallen und auf das fachdidaktische 30 LP. Die credits für das fachdidaktische Studium enthalten 6 LP für schulpraktische Studienanteile.

Für das fachwissenschaftliche Studium werden Leitideen formuliert, die zum Teil schon Bestandteil der Thesen von 2006 waren, wie etwa die Forderung nach exemplarisch ausgewählten Studieninhalten und Lehrveranstaltungen, die eigens für Lehramtsstudierende angeboten werden. Dazu kommen weitere, wie etwa das Angebot einer eigenen Mathematikausbildung. Für fachwissenschaftliche Studieninhalte werden Elemente wie Grundlagen der Physik und Theoretische Physik benannt, die die Struktur des schon bislang üblichen Studiums aufgreifen. Diese werden durch Leitthemen ergänzt, die eine exemplarische Ausgestaltung ermöglichen sollen. Schließlich werden typische Lehrveranstaltungen benannt. Deren Umfang in Relation zu den vorgesehenen 85 cp zeigt, dass das Studium vergleichsweise betreuungsintensiv ist. Dies wird in der Studie begründet, etwa durch die Notwendigkeit experimenteller Praktika.

### **Fachdidaktische Studienanteile**

Die Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD) hat im „Kerncurriculum Fachdidaktik“ einen Rahmen für die Gestaltung der fachdidaktischen Studienelemente (für alle Unterrichtsfächer) formuliert (GFD, 2004). Die Vorschläge für die fachdidaktischen Studienanteile verstehen sich als physikspezifische Konkretisierung dieses Papiers. Zusätzlich sind die Vorgaben der KMK zu den ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachdidaktiken in der

Lehrerbildung im Fach Physik berücksichtigt (KMK, 2008). Im vorliegenden Vorschlag sind vier Module zu je 6 LP ausgeführt. Zusätzlich sind 6 LP für die Schulpraxis vorgesehen. Je nach Studienorganisation kann der Umfang der Schulpraxis auch höher sein. Das Modul 2b kann dann entsprechend reduziert werden. Das Modul 3 kann als Begleitmodul zur Masterarbeit genutzt werden.

Den Modulen sind bestimmte Studienelemente (SE) zugeordnet. Diese Studienelemente verstehen sich als zentrale inhaltliche Bausteine der Physikdidaktikausbildung. Die Modulbeschreibungen enthalten Angaben zu Kompetenzen und Lehrinhalten und nennen die untergeordneten Studienelemente. Die Studienelemente selbst führen Eingangsvoraussetzungen, Inhalte und Ziele aus und geben Literaturempfehlungen für die Studierenden. Die Zuordnung eines Studienelementes zu einem Modul ist als Vorschlag für eine aufgeführt und sollen entsprechende inhaltliche Variationen deutlich machen. Eine Abstimmung und Koordinierung der Studienelemente mit den Modulen der Fachwissenschaft und der Bildungswissenschaften ist wünschenswert und in den Beschreibungen der Studienelemente bereits angelegt.

Die hier beschriebene Modularisierung ist ebenso wie die Zuordnung der Studienelemente zu den einzelnen Modulen als beispielhafte Möglichkeit der Gestaltung des physikdidaktischen Studiums zu verstehen. Die Studienelemente können als Schwerpunktsetzung zu verstehen sein, die ein Aufgreifen oder Vertiefen der Themen in anderen Modulen keinesfalls ausschließt. Einige mögliche Verknüpfungen sind in den Beschreibungen der Studienelemente explizit in Modulen unterschiedlich kombiniert und können auf das Studium verteilt werden. Eine Verteilung der Studienelemente auf Lehrveranstaltungen wird nicht ausgeführt.

#### *Modul 1: Grundlagen des Lehrens und Lernens von Physik (6 LP)*

Das Modul behandelt die theoretischen und empirischen Grundlagen des Lehrens und Lernens von Physik. Themen sind die kognitiven und affektiven Lernvoraussetzungen bei Schülerinnen und Schülern, Schwierigkeiten des Verständnisses physikalischer Begriffe und Phänomene sowie Möglichkeiten zur Unterstützung physikbezogener Lernprozesse. Darüber hinaus wird eine erste Orientierung bzgl. der Rahmenvorgaben und Ziele von Physikunterricht sowie physikspezifischer Unterrichtskonzeptionen gegeben.

Die Schwerpunkte sind in folgenden vier Studienelementen genauer spezifiziert:

- Schülervorstellungen und Lernprozesse im Physikunterricht (2 LP)
- Motivation und Interesse an Physik (1 LP)
- Bildungsstandards und physikbezogene Kompetenzen (2 LP)
- Konzeptionen für den Physikunterricht (1 LP)

#### *Modul 2a: Physikunterricht – Zentrale Gestaltungselemente (6 LP)*

Modul 2a bereitet die Studierenden darauf vor, im Physikunterricht physikspezifische Arbeitsweisen zu verdeutlichen und mit ihnen die Darstellung und Erklärung physikalischer Sachverhalte zu verknüpfen. Im Fokus stehen Fähigkeiten zum effizienten Einsatz von Experimenten im Unterricht sowie zur angemessenen Verwendung von klassischen und modernen Medien, vor allem mit dem Ziel, Verständnis- und Lernprozesse zu unterstützen.

Die Schwerpunkte sind in folgenden drei Studienelementen genauer spezifiziert:

- Unterrichtsbezogenes Experimentieren (3 LP)
- Medien im Physikunterricht (1,5 LP)
- Physik erklären – Sprache und Repräsentationsformen im Physikunterricht (1,5 LP)

*Modul 2b: Physikunterricht – Konzeption (6 LP ggf. zzgl. Praxisphasen)*

Das Modul führt die bereits erworbenen fachlichen und fachdidaktischen Kompetenzen im Hinblick auf die kompetente Planung, Durchführung und Reflexion von Physikunterricht zusammen und vertieft und erweitert diese. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Auseinandersetzung mit der Aufgabenkultur im Physikunterricht. Das Modul wird durch Praxisphasen ergänzt und begleitet diese, soweit studienorganisatorisch möglich.

Die Schwerpunkte sind in folgenden zwei Studienelementen genauer spezifiziert:

- Aufgabenkultur – Lern- und Leistungsaufgaben im Physikunterricht (2 LP)
- Planung und Analyse von Physikunterricht (4 LP)

*Modul 3: Physikdidaktisches Urteilen und Forschen sowie Weiterentwickeln von Physikunterricht (6 LP zzgl. Masterarbeit)*

Dieses Modul vertieft die fachdidaktische Ausbildung in zwei Richtungen. Zum einen werden auf der Basis der erworbenen fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Kenntnisse Vorstellungen von der Physik als Wissenschaft vertieft und Konsequenzen für die Unterrichtspraxis reflektiert. Zum anderen werden die Studierenden an Fragen und Methoden physikdidaktischer Forschung und Evaluation herangeführt. An exemplarischen Themenfeldern begegnen die Studierenden Fachdidaktik als Wissenschaft und werden befähigt, eigene Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu planen und durchzuführen.

Das Modul bereitet auf eine Staatsexamensarbeit bzw. Masterarbeit mit fachdidaktischem Schwerpunkt vor.

Die Schwerpunkte sind in folgenden zwei Studienelementen genauer spezifiziert:

- Natur der Naturwissenschaften – Wissenschafts- und Erkenntnistheorie zur Physik (2 LP)
- Forschungsbasierte physikdidaktische Vertiefung (4 LP)

Die Nummerierung der Module impliziert eine sinnvolle Reihenfolge. Die genaue Verteilung der Module bzw. Studienelemente auf das Studium ist jedoch von den jeweiligen organisatorischen Vorgaben abhängig. Liegt eine längere Praxisphase mit physikdidaktischen Anteilen im zweiten Mastersemester, ist es beispielsweise möglich, Modul 2b vorbereitend und begleitend in die ersten beiden Mastersemester zu legen, Modul 1 und 2a in den Bachelor und Modul 3 in die letzten beiden Mastersemester (vorbereitend und begleitend zur Masterarbeit).

An der Erstellung der Modulbeschreibungen haben neben den Autorinnen und Autoren dieses Beitrags weitere Kolleginnen und Kollegen mitgearbeitet.

**Literatur**

DPG (2006). Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik. Bad Honnef: DPG.

GFD (2004). Kerncurriculum Fachdidaktik (Beschluss der Mitgliederversammlung von 2004).

KMK (2008) Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008).

Korneck, F., Lamprecht, J., Schecker, H., & Wodzinski, R. (2010). Quereinsteiger in das Lehramt Physik. Bad Honnef: DPG.

Susanne Siegert<sup>1</sup>  
 Heike Theyßen<sup>2</sup>  
 Heidrun Heinke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen  
<sup>2</sup>Universität Duisburg-Essen

### **Kurzvortrag vs. Protokolle im Praktikum - eine Vergleichsuntersuchung**

Zu den vielfältigen Lernzielen eines Physikpraktikums gehören die schriftliche sowie „mündliche Darstellung und Präsentation [der eigenen] experimentellen Arbeit“ (Welzel et al., 1998). Allerdings wird die mündliche Präsentation der eigenen Arbeit in vielen Praktika nicht explizit gefördert. Im WS 2010/11 sind computergestützte Kurzvorträge zusätzlich zu den üblichen schriftlichen Protokollen im Physikpraktikum für Chemiestudierende an der RWTH Aachen eingeführt worden. In einer Vergleichsstudie mit 36 Probanden im WS 2011/12 wurden beide Nachbereitungsformen auf ihre Lernwirksamkeit und die mit ihnen verbundene Motivation der Studierenden untersucht. Einige Ergebnisse der Untersuchung werden im Folgenden dargestellt.

#### **Ausgangslage und Hypothesen**

Im Zuge einer adressatenspezifischen Überarbeitung des Physikpraktikums für Chemiestudierende an der RWTH Aachen wurde auf Basis von Umfragen unter ExpertInnen (Ross et al., 2008) und Studierenden eine weitere Nachbereitungsform der Versuche zusätzlich zum gängigen Protokoll eingeführt: der Kurzvortrag. Es wurde ermöglicht, dass jeder Chemiestudierende für einen Versuch des Physikpraktikums anstatt eines Protokolls einen fünfzehnminütigen Kurzvortrag vorbereitet und im Rahmen der Versuchsnachbesprechung vor sieben Kommilitonen und dem Versuchsbetreuer hält. Anschließend bekommt der Studierende ein Feedback, das sich auf einen an der RWTH Aachen entwickelten Feedbackbogen stützt (Voigt, 2011). Somit kann jeder Studierende gezielt die mündliche Darstellung und Präsentation der experimentellen Arbeit trainieren. Diese neue Nachbereitungsform erzielte eine hohe Akzeptanz bei den Studierenden. 88% der Studierenden gaben an, die Vorträge beibehalten zu wollen (N = 78, WS 2011/12), und 40% gaben an, gern mehr als ein Protokoll durch einen Kurzvortrag ersetzen zu wollen (N = 145, WS 2010/11 und WS 2011/12).

Im Rahmen einer Dissertation wird untersucht, welche Effekte der Kurzvortrag auf die Lernwirksamkeit einerseits und die Motivation der Chemiestudierenden andererseits hat. Die Hypothesen der Untersuchung lauten:

- H1: Das Vorbereiten und Halten eines Vortrags über die experimentelle Arbeit führt zu keinem geringeren Lernerfolg als das Erstellen eines Protokolls.
- H2: Der Vortrag ist verglichen mit dem Protokoll die motivierendere Nachbereitungsform der experimentellen Arbeit.

#### **Design der Hauptuntersuchung**

Im Mai 2011 wurde in einer ersten Datenerhebung von N = 36 Chemiestudierenden (Probanden) das Selbstkonzept zur Physik sowie zum Umgang mit Computern und Präsentationssoftware erhoben. Die Probanden wurden in vier Untergruppen im Kreuzdesign aufgeteilt (s. Tab. 1). Im September 2011, vor Beginn des eigentlichen Praktikums, haben die Probanden zwei ausgewählte Versuche V1 und V2 unter praktikumsähnlichen Bedingungen durchgeführt und vor Ort nachbereitet. Die Nachbereitung schloss sowohl die Protokollbesprechung als auch den Kurzvortrag und das Vortragsfeedback mit ein. Es wurden Kopien der unkorrigierten Protokolle sowie Videoaufnahmen der Kurzvorträge erstellt. In einer zweiten Phase der Datenerhebung wurde direkt im Anschluss an die Nachbereitung und mit drei Monaten Abstand im Dezember 2011 ein semistrukturiertes Interview mit den Probanden

geführt. Beide Interviews wurden per Video aufgezeichnet. Die Interviews waren in drei Blöcke unterteilt: Versuchsinhalte aus Theorie und Durchführung, Selbsteinschätzung und Motivation. Weiterhin wurde am Ende des Praktikums im Januar 2012 ein Fragebogen zur Wahrnehmung von Prüfungs- und Lernsituationen sowie ein Paper&Pencil-Test zu den Versuchsinhalten von den Probanden bearbeitet.

Tab. 1: Darstellung des Kreuzdesigns der Hauptuntersuchung im WS 2011/12

Gruppe Zeit	A1	A2	B1	B2
		V1: Vortrag V2: Protokoll N = 18		V2: Vortrag V1: Protokoll N = 18
↓	V1	V2	V1	V2
	V2	V1	V2	V1

### Ergebnisse der Hauptuntersuchung

#### Überprüfung von H1

Aus den Versuchsinhalten der Durchführung und Theorie der Versuche wurden durch eine Expertenrunde Lernziele abgeleitet. Die semistrukturierten Interviews erlaubten eine Unterteilung der Aussagen der Probanden zu den Lernzielen. Dabei wurde unterschieden zwischen „spontanen Aussagen“, d.h. allen Aussagen ohne Nachfrage des Interviewers nach der Einstiegsfrage, und „finalen Aussagen“, welche zusätzlich alle Aussagen berücksichtigen, die nach Nachfragen des Interviewers getätigt wurden. Die Einschätzung der Lernziele sowie das Erkennen der ersten Nachfrage des Interviewers konnte durch Interraterstudien zufriedenstellend abgesichert werden. Aus den richtig benannten Lernzielen in den spontanen und finalen Aussagen der Probanden wurde ein gewichteter Summenscore gebildet. In den Summenscores der spontanen Aussagen zeigt sich kein Unterschied zwischen den Nachbereitungsformen. In Abb. 1 sind die Summenscores der *finalen* Aussagen für beide Versuchsinhalte und beide Interviews dargestellt.

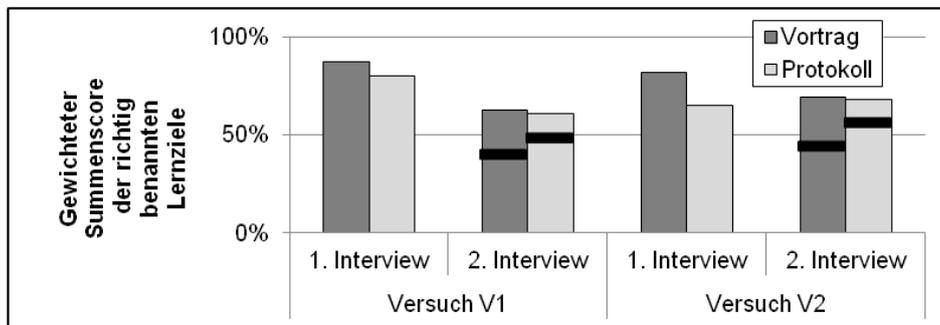


Abb. 1: Gewichteter Summenscore der finalen Aussagen, eingeteilt in die Nachbereitungsformen Vortrag und Protokoll (N = 18 pro Balken). Die Summenscores für die Lernziele, die im Protokoll und auf den Vortragsfolien vorhanden sind, sind für die zweiten Interviews gekennzeichnet (schwarze Balken).

Es zeigt sich im ersten Interview, dass Probanden Lernziele des Versuchs dann häufiger richtig wiedergegeben haben, wenn sie diesen per Vortrag nachbereitet haben. Für Versuch V2 ist der Summenscore signifikant unterschiedlich zugunsten des Vortrags (T-Test:  $p < 0,01$ ;  $d = 0,99$ ). Für eine genauere Betrachtung des zweiten Interviews wurde ein weiteres Kriterium berücksichtigt. Die Probanden hatten vor dem zweiten Interview die Möglichkeit, ihre Protokolle und Vortragsfolien einzusehen. Man muss davon ausgehen, dass dies zu einem Kurzzeitlerneffekt führte. Dieser Effekt zeigt sich im Besonderen im Summenscore

der *spontanen* Aussagen, der für die „Protokollgruppe“ bei beiden Versuchen vom ersten zum zweiten Interview ansteigt. Die schwarzen Balken in *Abb. 1* zeigen nun den Summenscore der richtig genannten Lernziele der finalen Aussagen, die in den Protokollen und auf den Vortragsfolien bereits richtig vorhanden waren. Der „Rest“ der richtigen Aussagen kann nicht auf einen Kurzzeitleernerfolg zurückgeführt werden. Vergleicht man diesen „Rest“ der Summenscores, so zeigt sich bei beiden Versuchen ein Unterschied zugunsten der Probanden, die einen Vortrag gehalten haben (T-Test: [V1:  $p < 0,01$ ;  $d = 1,01$ ], [V2:  $p < 0,05$ ;  $d = 0,75$ ]). Der Lernerfolg des Vortrags ist unter Berücksichtigung des Kurzzeitleernerfolgs größer als der des Protokolls. Die Hypothese H1 der Untersuchung konnte demnach bestätigt werden.

### *Überprüfung von H2*

Zur Überprüfung der Hypothese H2 wurden den Probanden im zweiten Interview zu jeder Nachbereitungsform drei Motivationsaussagen auf Kärtchen vorgelegt, die sie retrospektiv ihrer Motivation entsprechend sortieren sollten. Die zutreffendste Motivation sollte auf Rang eins platziert und die Reihenfolge begründet werden. Die Aussagen orientieren sich an der Selbstbestimmtheits Theorie von Deci und Ryan (1985). Es wurde überprüft, ob die Begründung des ersten Rangs dem auf Rang eins gelegten Motivationskärtchen entspricht. Hier ließ sich nur durch eine duale Unterscheidung zwischen „keine Autonomie vorhanden“ (externale Motivation) und „Autonomie vorhanden“ (alle weiteren Motivationsformen) eine Übereinstimmung mit  $\kappa = 0,9$  herstellen. Ein Unterschied zwischen den Nachbereitungsformen hinsichtlich der Motivation ließ sich nicht zeigen. H2 kann also anhand dieser Auswertung nicht bestätigt werden. Für eine Bestätigung von H2 spricht aber neben der o.g. hohen Akzeptanz, dass die Studierenden laut Fragebogen mehr „Spaß“ bei der Vorbereitung und dem Halten der Vorträge hatten als beim Schreiben der Protokolle (T-Test:  $p < 0,001$ ;  $d = 0,79$ ). Dies ist ein klarer Hinweis auf eine positive Motivation, die mit dem Vortrag verknüpft wird. In weiteren Auswertungen soll der Interviewblock „Selbsteinschätzung“ aus beiden Interviews bei der Überprüfung der Hypothese H2 berücksichtigt werden. In diesem Interviewblock haben die Studierenden u.a. zu folgenden Fragen Auskunft gegeben, welche auf die Ursachen von Motivationsunterschieden abzielten:

- „Welche Nachbereitungsform war für dich motivierender und warum?“
- „Welche Nachbereitungsform hat deiner Meinung nach dir mehr für deine Zukunft gebracht und warum?“
- „Gab es unterschiedliche Gründe dir Mühe zu geben bei den unterschiedlichen Nachbereitungsformen Protokoll und Vortrag?“

Ebenso soll untersucht werden, ob das Selbstkonzept zum Umgang mit Computern und Präsentationssoftware mit der Motivation zusammenhängt.

Zusammenfassend zeigen die bisherigen Auswertungen, dass der Kurzvortrag zu keinem geringeren Lernerfolg führt als das Protokoll. Bezüglich der Motivation sind zurzeit keine klaren Aussagen möglich, aber es gibt Hinweise darauf, dass der Vortrag motivierender ist für die Studierenden. Beides soll in weiteren Analysen abgesichert werden.

### **Literatur**

- Deci, E.L., & Ryan, R.M. (1985). The General Causality Orientations Scale: Self-Determination in Personality. *Journal of Research in Personality*, 19, 109-134.
- Ross, C., Detemple, R., & Heinke, H. (2008). Das physikalische Praktikum im Chemiestudium. *Bunsen-Magazin*, 10(6), 159-161.
- Voigt, M. (2011). Entwurf und Validierung eines Feedbackbogens zu mündlichen Präsentationen in Physikalischen Praktika. Abschlussarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung, RWTH Aachen.
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Kouramas, P., Niedderer, H., Paulsen, A., Robinault, K. & Aufschneider, S. v. (1998). Ziele, die Lehrende mit experimentellen Arbeiten in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden - Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(1), 29-44.

## **TSL: Bedarfsanalyse in Praktika: Ein „neues“ Werkzeug zur Strukturierung**

### **Motivation**

Das Projekt Technology SUPPORTed Labs (TSL) ist Teil des universitätsweiten BMBF-Projektes SUPPORT zur Verbesserung der Lehre an der Freien Universität Berlin. Der Auftrag von TSL besteht in der Verbesserung naturwissenschaftlicher Praktika durch multimediale Ergänzungen.

Um den Bedürfnissen der verschiedenen Praktika mit ihren unterschiedlichen Gruppen von Beteiligten (PraktikumsleiterInnen, BetreuerInnen & TeilnehmerInnen) gerecht werden zu können, müssen zunächst die Bedürfnisse und mögliche Probleme identifiziert und verortet werden. In diversen Projekten und Studien wurden in der Vergangenheit für unterschiedliche Experimentalpraktika bereits exemplarisch Interventionsmaßnahmen zur Verbesserung der Praktika durchgeführt und deren Wirksamkeit bzw. Erfolg evaluiert (vgl. z. B. Kreiten, 2012; Nagel, 2009; Zastrow, 2001 oder Theyßen, 2000). Im Projekt TSL soll nun vor möglichen Interventionen zunächst die Problem- bzw. Bedarfslage in den Praktika der Freien Universität erfasst werden. Dazu wird für jedes Praktikum ein Prozess durchlaufen, der mit einer umfassenden Bedarfs- und Problemanalyse beginnt. Darauf abgestimmt werden dann gezielt (und in Abstimmung bzw. Zusammenarbeit mit den Akteuren in den Praktika) Interventionen durchgeführt und deren Wirksamkeit formativ evaluiert. In diesem Beitrag wird der Prozess der Bedarfsanalyse beschrieben und ein hierfür geeignetes Werkzeug vorgestellt, das es ermöglicht, Probleme innerhalb der Verlaufstrukturen von Praktika zu lokalisieren und darzustellen. Begonnen wurde mit den physikalischen Praktika der Freien Universität Berlin.

### **GRAF CET – Ein „neues“ Werkzeug**

Der erste Schritt in der Bedarfsanalyse bestand darin, den strukturellen Verlauf der Praktika zu erfassen. Hierzu galt es eine Darstellungsform zu finden, die nicht nur eine schnelle Erhebung des Verlaufs gemeinsam mit den ExpertInnen ermöglicht, sondern auch leicht zu verstehen ist. Die Struktur sollte es ermöglichen, Probleme innerhalb des Gesamtverlaufs zu verorten, aber auch den Verlauf des Praktikums zukünftig zu koordinieren und damit übersichtlich zu gestalten.

Im Bereich der Steuerungs- und Regelungstechnik gibt es unterschiedliche Typen von Steuerungen. Einer dieser Typen sind Verlaufsteuerungen, die durch einen typischen Ablauf in Schritten gekennzeichnet sind. Um diese Steuerungen über eine graphische Oberfläche zu programmieren, hat sich die Struktur GRAFCET nach DIN EN 60848 bewährt. Das Acronym GRAFCET steht dabei für „*Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition*“. Es handelt sich dabei um grafische Darstellungen von Funktionen mit Befehlen in Etappen, die durch Transitionen bedingt sind. Ein Beispiel ist in Abbildung 1 zu sehen. Die Grundstruktur eines GRAFCETs lässt sich wie folgt erklären: Ein Grundelement sind die Schritte oder Steps. Sie werden durch Quadrate dargestellt und mit „S“ sowie einer laufenden Nummer beschriftet. Der (meistens) oberste, doppelt gerahmte Schritt – hier „S0“ – ist der Initialschritt. In ihm wird in der Steuerungstechnik die Steuerung initialisiert und so eine Ausgangssituation hergestellt. Hier, in der Anwendung auf einen Veranstaltungsverlauf, dient es der Beschreibung/Herstellung der Ausgangssituation. Dies geschieht durch die zugeordneten Ereignisse und Aktionen, die rechts eingetragen werden.

Hinter jedem Schritt folgt eine (oder mehrere) Transition, in der Bedingungen eingetragen werden. Nur wenn diese erfüllt sind, setzt sich der Prozess fort und es wird zum nächsten Schritt übergegangen. In diesem Fall ist dies der Schritt „S1“. Diesem Schritt, und natürlich auch den folgenden, können wieder Ereignisse und Aktionen zugeordnet werden.

Da nicht nur ein einfacher linearer Verlauf möglich sein soll, gibt es die Möglichkeit Verzweigungen einzufügen. Diese werden durch mehrere parallel angeordnete Transitionen umgesetzt, die unterschiedlich fortgesetzt werden. Dabei kann ein ganzer Alternativzweig, parallel zum Hauptzweig, gegangen werden. Alternativ kann durch Sprünge, wie in Abbildung 1 durch den Pfeil dargestellt, auf einen beliebigen Schritt, der bereits im Verlauf verankert ist, verwiesen werden.

Im Projekt TSL wurde diese Struktur genutzt, um den Verlauf der physikalischen Experimentalpraktika zu erfassen. Dazu wurde eine Benutzeroberfläche vorbereitet, auf der alle Elemente verfügbar waren. So konnten gemeinsam mit den PraktikumsleiterInnen per „drag & drop“ an PC und Beamer strukturelle Verläufe erstellt werden. Dabei wurden vier unterschiedliche plantypische Verläufe erstellt, die den Fachrichtungen der Studierenden zuzuordnen sind: ein Verlauf für das physikalische Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten (MP), einer für das physikalische Praktikum für Naturwissenschaftler (NP) und je einen für die Grundpraktika der Physiker (GP1 und GP2). Abbildung 1 zeigt eines dieser Ergebnisse und stellt den plantypischen Verlauf des NP an der Freien Universität Berlin dar.

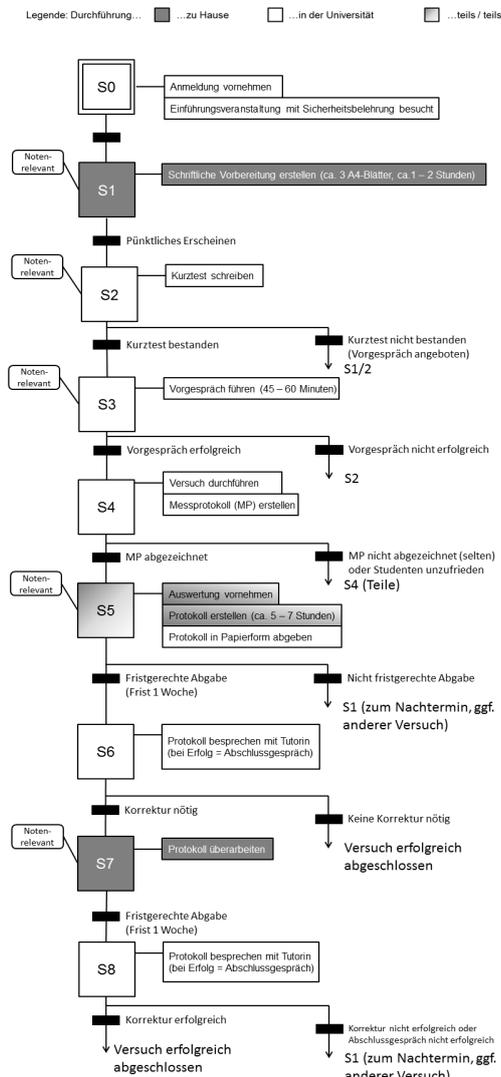


Abb. 1: GRAFCET des plantypischen Verlaufs des NP

### Qualitative Bedarfsanalyse im physikalischen Praktikum für Naturwissenschaftler

Die Bedarfsanalyse wurde im NP begonnen. Diese ist in zwei Komponenten zu unterteilen: Eine qualitative Erhebung unter Berücksichtigung aller beteiligten Gruppen des Praktikums (PraktikumsleiterInnen, BetreuerInnen & TeilnehmerInnen) und eine Vollerhebung mittels Fragebogen, der aus der qualitativen Erhebung hervorgeht. Der erste Teil, die qualitative Erhebung, wird im Folgenden näher beschrieben. Der zweite Teil ist im Artikel von Rehfeldt, Gutzler & Nordmeier (2014) in diesem Tagungsband zu finden.

Zunächst galt es eine geeignete Methode zu finden, die nicht nur in der Lage sein sollte, Probleme aufzudecken, die nicht aus der Literatur (s.o.) zu entnehmen waren, sondern auch Abweichungen innerhalb des Verlaufs lokal zu erfassen. Da es sich hier um eine Bedarfsanalyse handelte, in der Probleme gefunden werden sollten, die für viele TeilnehmerInnen relevant sind, dabei aber eine Abfrage von Stereotypen vermieden werden sollte, fiel die Wahl auf die Fokusgruppenmethode nach Greenbaum (1998). Durch diese Methode kann ein hohes Ideenpotential ausgeschöpft werden, da eine Gruppendiskussion mit einem Konsens als Ergebnis fester Bestandteil der Methode ist. So können durch die Fokusgruppenmethode vielschichtige Ansichten und Verhaltensursachen sowie unbedachte Aspekte aufgedeckt werden. Typische Charakteristika neben der Gruppendiskussion und dem Konsens als Ergebnis sind das Vorgeben des Themas durch den Moderator sowie ein Informationsinput, der eine gemeinsame Gesprächsbasis ermöglicht. Eine Schwachstelle ist dabei, dass die Ergebnisse aufgrund der i.d.R. kleinen Stichprobe nicht repräsentativ sind. Daher folgt der qualitativen Erhebung auch eine quantitative. Außerdem hängt der Verlauf stark von der Gruppenzusammensetzung ab. Dominante oder schweigsame Personen sollten dabei unbedingt von den Moderatoren berücksichtigt werden (vgl. z. B. Gröll, 2003; Greenbaum, 1998).

Begonnen wurden die Workshops mit einer Einführung in die Struktur GRAFCET. Die Einführung und die anschließende Vorstellung des plantypischen Verlaufs (Abb. 1) dienen als Input. Vier Leitfragen lagen der gemeinsamen Arbeit zu Grunde:

- Wie sieht der tatsächliche Verlauf eines beliebigen Praktikumsexperiments im Vergleich zum geplanten aus?
- An welchen Stellen haben die Studierenden Schwierigkeiten/Probleme?
- An welchen Stellen haben die Betreuenden Schwierigkeiten/Probleme?
- Welche Schritte des plantypischen Verlaufs sind für Sie im Praktikum besonders wichtig?

Nach dem Input wurde zunächst mit einer Stillarbeitsphase begonnen, in der alle Teilnehmenden eigene Probleme in den Verlauf einzeichnen sollten. Gefolgt wurde diese, eher kurze Phase, von einer Gruppendiskussion, in der Konsensergebnisse in den Verlauf eingezeichnet wurden. Dies ist, auch unter Berücksichtigung des Protokolls und einer Videoaufnahme des Gesamtgeschehens, das Ergebnis des jeweiligen Workshops.

Die Ergebnisse der Workshops sind – wie eingangs vermutet – vielfältig und erfassen auch neue Probleme, die nicht in der Literatur (s.o.) benannt werden. Ein Eindruck davon kann im Artikel von Rehfeldt, Gutzler & Nordmeier (2014) in diesem Tagungsband gewonnen werden, da die Ergebnisse aus den hier vorgestellten Workshops dort die Ausgangslage darstellen. Das Projekt wird im Rahmen des Hochschulpaktes durch das BMBF gefördert.

#### **Literatur**

- Göll, E., Henseling, Ch., Nolting, K. & Gaßner, R. (2005). Die Fokusgruppen-Methode: Zielgruppen erkennen und Motive aufdecken. Ein Leitfaden für Umwelt und Naturschutzorganisationen (Teil 3 des Abschlussberichtes an das Umweltbundesamt).
- Greenbaum, T. L. (1998). *The Handbook for Focus Group Research* (2. ed., rev. and expanded). London: Sage.
- Kreiten, M. (2012). Chancen und Potenziale web-basierter Aufgaben im physikalischen Praktikum. Universität zu Köln, Köln.
- Nagel, C. C. (2009). eLearning im Physikalischen Anfängerpraktikum. Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 96. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Schreiber, N., Theyßen, H., & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! *PhyDid* (3/8), 92-101.
- Theyßen, H. (2000). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Logos Verlag Berlin.
- Zastrow, M. U. (2001). Interaktive Experimentieranleitungen. Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten im Physikalischen Praktikum. Studien zum Physiklernen, Bd. 18. Logos Verlag, Berlin.

## TSL: Quantitative Problemanalyse im Nebenfachpraktikum

Das Projekt Technology SUPPORTed Labs, kurz TSL, hat die Verbesserung naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika unter Multimediaeinsatz an der Freien Universität Berlin zum Ziel – unter anderem mit Fokus auf das physikalische Praktikum für Naturwissenschaftler (NP), das Studierende im zweiten Fachsemester im Nebenfach belegen. Es ist organisatorisch als klassisches „Anfängerpraktikum“ zu bezeichnen (Rehfeldt, Gutzler, & Nordmeier, 2013). Als Forschungsparadigma für die vorliegende quantitative Studie zur Problemanalyse im NP wurde der Design-Based-Research-Ansatz, kurz DBR, nach Reinmann (2005) gewählt, da er Vorteile der Evaluationsforschung mit Theoriebildung kombiniert und speziell für multimediale Interventionen, wie im vorliegenden Fall, geeignet ist. Der erste Schritt beim DBR ist die Problemanalyse.

### Probleme von Nebenfachpraktika

Es liegen einige umfassende Forschungsergebnisse zu den physikalischen Praktika für Mediziner vor (Plomer, 2011; Theyßen, 2000). Allerdings mangelt es an einer umfassenden Problemanalyse in anderen Nebenfachpraktika (Chemie, Biochemie, Geowissenschaften etc.), in der nicht á priori Problembereiche durch den Forschenden festgelegt sind oder durch subjektive Erfahrungen desselben festgelegt werden.

Innerhalb dieses Praktikumstyps wurden zudem noch nie Lehrende und Lernende zugleich nach denselben Problemen befragt. Dies ist nach Gollwitzer & Jäger (2009, S. 141ff.) jedoch für eine objektive Erfassung der Probleme gewinnbringend, da eine Aggregation von unterschiedlichen Einschätzungen als valider Indikator für latente Konstrukte dienen kann.

### Forschungsfrage und Hypothesen

Die Forschungsfrage bezieht sich demzufolge auf eine Gesamtanalyse der Probleme des physikalischen Praktikums für Naturwissenschaftler: *Welche Probleme des NP sind sowohl für die TeilnehmerInnen, als auch für die BetreuerInnen schwerwiegend?* Aus der qualitativen Vorerhebung (Gutzler, Rehfeldt, & Nordmeier, in diesem Tagungsband) wurden acht zentrale Befunde extrahiert. Diese stellen im Rahmen von TSL Evaluationsgegenstände dar und erfordern ggf. Interventionen mit didaktischem Fokus. Zugleich sind dies die zentralen Forschungshypothesen H1–H8 der vorliegenden Studie, die in Abbildung 1 dargestellt sind.

physikalisch-methodisches Vorwissen (4 Items, $\alpha = .83$ ) Fragehäufigkeit zur Theorie <b>unzureichendes physikalisches Vorwissen (H1)</b>	Skriptqualität: Vorbereitung auf Versuch (2 Items, $\alpha = .87$ ) Platzskripte: Anleitung Versuch <b>unzureichende Vorbereitung auf praktische Versuchsteile (H3)</b>	Kurzttest: Motivation für Beschäftigung mit Aufbau Fragehäufigkeit zu Experimentiergeräten gezielte Vorbereitung auf experimentelle Aufgaben	Fragenbekanntheit Kurzttest Kurzttest: Motivation für Theorie Rückmeldungswunsch bzgl. Kurzttest (2 Items, $\alpha = .73$ )
Experimentier- & Gerätekenntnisse (3 Items, $\alpha = .83$ ) <b>unzureichende Experimentier- &amp; Gerätekenntnisse (H2)</b>	Arbeitsbelastung NP (2 Items, $\alpha = .83$ ) Erfolgsdruck NP (2 Items, $\alpha = .87$ ) <b>insgesamt zu hohe Arbeitsbelastung im NP (H6)</b>	protokollbezogene PC-Affinität (3 Items, $\alpha = .75$ ) durchschnittliche Protokollnote <b>qualitativ schlechte PC-Protokolle (H8)</b>	<b>Kurzttest: Motivierend für Theorie &amp; Überarbeitungsbedürftig (H4)</b> Betreuungsqualität bzgl. Durchführung (2 Items, $\alpha = .72$ ) <b>unzureichende Betreuung während des Versuchs (H7)</b>
Erfolgsdruck Kurzttest (2 Items, $\alpha = .87$ ) <b>Kurzttest: Erhöhter Erfolgsdruck (H5)</b>			

Abb. 1: Forschungshypothesen mit Skalen und Itembezeichnungen für die Vollerhebung

### Konzeption und Validierung des Testinstruments

Die Problemanalyse wurde multimethodisch (Gollwitzer & Jäger, 2009, S. 141ff.) als Vollerhebung (Stichprobe bestehend aus TeilnehmerInnen und BetreuerInnen) durchgeführt. Als inhaltliche Grundlage für die Fragebogenkonstruktion<sup>1</sup> dienten die zentralen Befunde aus der qualitativen Vorerhebung. Die Konstrukte für den Fragebogen setzten sich aus etablierten Skalen (z. B. Arbeitsbelastung) und faktoriell validierten Skalen (z. B. Experimentierkenntnis) zusammen (vgl. Abb. 1). Für die Erfassung der Teilnehmenden- und Betreuendenperspektive wurde mit parallel formulierten Items gearbeitet. Verständlicherweise gibt es einige Problembereiche, die ausschließlich die TeilnehmerInnen valide bewerten können, wie etwa die Wahrnehmung von Erfolgsdruck. Für diese Probleme wurden teilweise Kontrollitems bei den Betreuenden eingesetzt.

Zur Validierung des Testinstruments wurde mit den Betreuenden und Teilnehmenden des Praktikums ein Zwei-Phasen-Pretest (kognitive Interviews & empirischer Pretest) durchgeführt. Mit der Think-Aloud-Technik wurden die Itemformulierungen in ihrer Verständlichkeit zielgruppenspezifisch verbessert, mit dem empirischen Pretest die induktiv konstruierten Skalen validiert (Itemanalyse und explorative Faktorenanalyse).

### Erhebung

Die Befragung wurde innerhalb der Praktikumszeit auf mobilen Endgeräten durchgeführt. Insgesamt konnten so 121 von 131 TeilnehmerInnen und 18 von 23 BetreuerInnen für die Erhebung gewonnen werden. Die TeilnehmerInnen befanden sich in der Regel im zweiten Fachsemester (Bachelor) in einem der Studiengänge Chemie, Biochemie oder Geowissenschaften. Die BetreuerInnen waren allesamt Studierende der Physik bzw. Physik Lehramt.

### Auswertungsverfahren

Ein Problem wird dann als „schwerwiegend“ gemäß Forschungsfrage definiert, wenn bei einer Problemskala (vgl. Abb. 2) eine statistisch signifikante Abweichung vom Cutoffwert 3.5 hypothesenkonform gerichtet vorliegt.<sup>2</sup> Der Cutoffwert repräsentiert ein als mittelschwer wahrgenommenes Problem, da dem Problemvorliegen weder klar zugestimmt, noch es komplett abgelehnt wird. Eine Bestätigung der Hypothese liegt dann vor, wenn die Testung signifikant und mit mindestens mittlerer Effektstärke ( $\bar{r} \geq .3$ , Bortz, 2010, S. 165) in mindestens der Hälfte der relevanten Skalen/Items verläuft und sich keine hypotheseninkonformen Effekte zeigen.

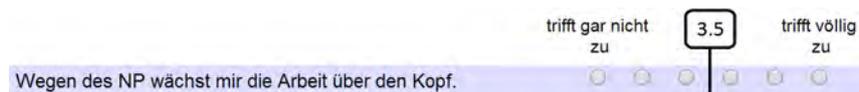


Abb. 2: Beispiel-Item mit Zuordnung des Cutoff-Wertes 3.5

### Ergebnisse

Es wurden drei von acht Problemen klar bestätigt (vgl. Tab. 1). Bei den signifikant von 3.5 abweichenden Skalenmittelwerten lag je ein Signifikanzniveau von  $p < .001$  vor. Der Begriff „tendenziell“ kennzeichnet Skalen, die sich unter der BONFERRONI-Korrektur nicht von 3.5 unterscheiden.

Für die Hypothese H3 zeigt die Auswertung eine mittlere Effektstärke, H4 ergibt aus BetreuerInnensicht sogar starke Effekte. H6 konnte inhaltlich nur aus Studierendensicht bewertet werden und ist daher etwas konservativer zu interpretieren.

<sup>1</sup> rational-induktive Testkonstruktion, Bühner, 2006, S. 47ff

<sup>2</sup> 1-Stichproben-t-Test mit BONFERRONI-Korrektur, Bortz, 2010, S. 118

Tabelle 1 zeigt genauer, aus welcher Perspektive die Probleme bestätigt wurden.

Tab. 1: Ergebnisse der Problemanalyse

Problem	schwerwiegend aus TN-Perspektive?	$\bar{r}$	schwerwiegend aus BETR-Perspektive?	$\bar{r}$
H1: geringes Vorwissen	Nein	.	Ja	.
H2: geringe Gerätekenntnis	Ja	.	Nein	.
H3: schlechte Vorbereitung auf Praxisteil insgesamt	<b>Ja: 3 von 4 Skalen</b>	<b>.28</b>	<b>Ja: 2 von 4 Skalen</b>	<b>.38</b>
H4: Kurztest: motivierend, aber überarbeitungsbedürftig	<b>Ja: 2 von 3 Skalen</b>	<b>.47</b>	<b>Ja: 2 von 2 Skalen</b>	<b>.74</b>
H5: Kurztest: hoher Erfolgsdruck	Ja: tendenziell	.	nicht erfasst	.
H6: hohe Arbeitsbelastung & Erfolgsdruck insgesamt	<b>Ja: 2 von 2 Skalen</b>	<b>.69</b>	<b>nicht erfasst</b>	.
H7: schlechte Betreuung	Nein	.	Nein (Kontrollitems)	.
H8: schlechte PC-Protokolle	Nein	.	Nein (Kontrollitems)	.

Legende: TN – TeilnehmerInnen, BETR – BetreuerInnen

### Fazit & Ausblick

Mit Hilfe der quantitativen Problemanalyse des NP konnten (gemäß den angelegten Kriterien) als Antwort auf die eingangs gestellte Forschungsfrage drei als „schwerwiegend“ zu bezeichnende Problemfelder bestätigt bzw. identifiziert werden:

1. Die Vorbereitung bereitet zu wenig auf den praktischen Teil des Versuchs vor.
2. Der Kurztest ist motivierend für die Erarbeitung der Theorie, aber überarbeitungsbedürftig.
3. Die Arbeitsbelastung im NP ist zu hoch.

Im Rahmen einer nun folgenden Intervention soll daher vor allem auf eine Stärkung der Vorbereitung hinsichtlich praktischer experimenteller Aspekte abgezielt werden (z. B. durch den Einsatz von IBE). Der Kurztest kann für die Theorieerarbeitung erhalten bleiben, allerdings ist eine Generalüberholung der Testfragen unumgänglich. Hinsichtlich des Problems „Arbeitsbelastung und Erfolgsdruck“ sollte das NP auch auf organisatorischer Ebene überdacht werden. Auf diesen empirischen Befunden aufbauend folgt in einem nächsten Schritt die Konzeption von Maßnahmen entlang der drei schwerwiegenden Problemfelder. Gemäß DBR wird dies in einem iterativen Prozess in Zusammenarbeit mit Beteiligten des Praktikums erfolgen.

Das Projekt TSL wird im Rahmen des Programms SUPPORT der Freien Universität Berlin durch das BMBF gefördert.

### Literatur

- Bortz, J. (2010). Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler (7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage.). Berlin: Springer.
- Bühner, M. (2006). Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion (2., aktualisierte Auflage.). Pearson.
- Gollwitzer, M., & Jäger, R. S. (2009). Evaluation kompakt (1. Aufl.). Beltz.
- Plomer, M. (2011). Physik physiologisch passend Praktiziert. Berlin: Logos.
- Rehfeldt, D., Gutzler, T., & Nordmeier, V. (2013). TSL – Technology SUPPORTed Labs: Multimediale Unterstützung naturwissenschaftlicher Hochschulpraktika. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.), PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Jena.
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. Unterrichtswissenschaft, 33(1), 52–69.
- Theyßen, H. (2000). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. Berlin: Logos.

**Messung des Professionswissens von Lehramtsstudierenden der Physik  
- Einführung in ein gemeinsames Symposium der Projekte *KiL* und *ProfiLe-P* -**

Professionswissen bzw. professionelle Handlungskompetenz sind bereits seit einigen Jahren zentrale Forschungsfelder der Naturwissenschaftsdidaktik im Allgemeinen und der Physikdidaktik im Speziellen. Dabei wird z. B. in aktuellen Forschungsprojekten untersucht, mit welchen Strukturen das Professionswissen von Lehrkräften beschrieben werden kann oder welche Aspekte des Professionswissens im Unterrichtshandeln sichtbar werden. Grundlegender Antrieb ist dabei immer, Determinanten zu finden, die erfolgreiche Lehrkräfte auszeichnen.

**Professionswissen**

Wie man Faktoren bestimmen kann, die Personen dazu befähigen, eine erfolgreiche Lehrkraft zu sein, ist breit diskutiert worden. Oftmals werden dabei drei verschiedene Herangehensweisen bzw. Forschungsparadigmen unterschieden. In der Frühphase solcher Untersuchungen wurde im Rahmen des sogenannten „Persönlichkeitsparadigmas“ im Wesentlichen nach Eigenschaften einer guten Lehrpersönlichkeit gesucht (z. B. Stressresistenz). Die Auswirkungen der Persönlichkeit haben sich jedoch als geringer herausgestellt als man angenommen hatte.

Viele Forschungsarbeiten haben sich auch darauf konzentriert, die Eigenschaften von Experten im Vergleich mit Novizen (oder Fortgeschrittenen) in einer Disziplin zu untersuchen. Dabei wurden besonders Problemlöseprozesse unterschieden, man hat in verschiedenen Domänen wieder finden können, dass Experten durch ihren Wissensvorsprung besonders effektiv darin waren, zu ihrer Profession gehörige Probleme zu lösen. Auch erfolgreiche Lehrkräfte sind Experten ihrer Disziplin und können mit Novizen des Lehramts verglichen werden.

Ergänzend wurde das „Prozess-Produkt-Paradigma“ bestimmend für die Forschungslandschaft. Forschungsarbeiten in diesem Kontext beziehen sich darauf, die Auswirkungen von bestimmten Herangehensweisen im Unterricht oder sogar der Lehrerbildung generell auf ein Produkt wie den Lernerfolg zu untersuchen. Dieses Paradigma ist nach wie vor eines der bestimmenden für die Naturwissenschaftsdidaktik aber auch die empirische Bildungsforschung im Allgemeinen. Bei der Frage, welche Eigenschaften eine gute Lehrkraft auszeichnen, wird aktuell in der Regel ein anderer Ansatz verfolgt. Die meisten aktuellen Forschungsprojekte untersuchen das sogenannte „Professionswissen“, also Wissen, das die Vertreterinnen und Vertreter einer Profession (z. B. Physiklehrende) auszeichnet. Man kann dies als Kennzeichen von Experten in einer Profession verstehen. Es kann aber durchaus auch vor dem Hintergrund des Prozess-Produkt-Paradigmas aufgefasst werden, denn implizit ist die Annahme vorhanden, dass Professionswissen und Produkt miteinander korrelieren – zumindest über Mediatoren wie die Verarbeitungsprozesse und Voraussetzungen von Schülerinnen und Schülern (vgl. Lipowski, 2006). Es ist geradezu ein Kernkriterium der Validität des Professionswissens, dass dieser Zusammenhang deutlich wird – aber wie genau er beschaffen ist und selbst wie stark er überhaupt ist, bleibt aktuell ein Forschungsdesiderat.

Die meisten Projekte, die das Professionswissen untersuchen, haben eines gemein. Der Wissensbegriff, den sie zugrunde legen, darf nicht verwechselt werden mit einem alltagssprachlichen Wissensbegriff. Deklaratives Wissen und Handlungswissen sind gemeinsam als Teil des Professionswissens zu verstehen. Oftmals gibt es auch eine

unscharfe Trennung zum Begriff der professionellen Handlungskompetenz, der von vielen nahezu synonym verwendet wird.

Die meisten Projekte teilen zudem die theoretische Grundlage darüber, wie Professionswissen modelliert werden kann. Sie schließen sich an die inzwischen als klassisch zu bezeichnende Kategorisierung in Anlehnung an Shulman (1987) an und nehmen drei besonders ausgezeichnete Bereiche an: Fachwissen, pädagogisches Wissen und fachdidaktisches Wissen. Diese Trias entspricht im Wesentlichen auch der Art, wie ein Lehramtsstudium organisiert ist.

Um die Auswirkungen dieser drei Bereiche aufeinander und auf das Produkt eines erfolgreichen Unterrichts – diesen zu operationalisieren ist eine andere schwierige Herausforderung – genau beschreiben zu können, sind jedoch Vorarbeiten zu leisten:

- 1.) Es müssen (Struktur-)Modelle formuliert werden, die helfen, die Bereiche zu operationalisieren und mit denen erste Wirkungshypothesen aufgestellt werden können.
- 2.) Es müssen Messinstrumente entwickelt werden, die diese Modelle abbilden sowie objektive, reliable und vor allem valide Messungen erlauben.
- 3.) Die formulierten Modelle müssen empirisch abgesichert und überarbeitet werden. Die Messinstrumente sollten daran anschließend neu abgestimmt werden.

#### **Aktuelle Forschungsprojekte**

Mit diesen Fragen der Modellierung beschäftigt sich derzeit eine Vielzahl an Forschungsprojekten in den Naturwissenschaftsdidaktiken. Mit KiL (*Messung professioneller Kompetenzen in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen*) und ProfiLe-P (*Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik*) haben sich zwei dieser Vorhaben hier zu einem gemeinsamen Symposium zusammengetan. Beide zeichnen sich dadurch aus, dass sie Verbünde von Teilprojekten sind und dadurch mehrere Perspektiven methodisch aufwändig erfassen können. KiL beispielsweise vereint alle Naturwissenschaftsdidaktiken mit der Mathematikdidaktik, der Erziehungswissenschaft und der Psychologie. ProfiLe-P besteht aus drei Teilvorhaben: Modellierung und Skalierung von Fachwissen, fachdidaktischem Wissen und Erklärungswissen in Vermittlungssituationen. Gemeinsamkeiten beider Projektverbünde liegen insbesondere bei der Modellierung und Messung von physikdidaktischem Wissen sowie physikalischem Fachwissen vor. Auch in der Modellierung sind Gemeinsamkeiten zu erkennen.

#### **Ergebnisse des Symposiums**

Es hat sich gezeigt, dass die Operationalisierungen von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen bei den beiden Projektverbänden durchaus unterschiedlichen Charakter haben. Dabei wurde deutlich, dass in diesen beiden Konstrukte unterschiedlich aufgefasst werden können, beispielsweise bezüglich der Fachnähe von fachdidaktischem Wissen oder der Frage, ob sich ein Fachwissenstest eher an qualitativem, konzeptuellem Verständnis oder quantitativen, universitären Übungsaufgaben orientieren soll. Das Verständnis des jeweiligen Konstrukts muss deshalb durch Testaufgaben nachvollziehbar illustriert werden. In der Folge sind Beiträge aus den drei Bereichen von ProfiLe-P sowie dem Physikteil von KiL zu finden. Sie gehen insbesondere auch auf Ergebnisse aus Pilotierungen ein.

#### **Literatur**

- Lipowski, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an - Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und Lernen der Schüler. In: C. Allemann-Gionda (Hrsg.), *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern* (S. 47-70). Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik. Weinheim: Beltz.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Education Review* 57(1), 1-22.

Martin Walzer<sup>1</sup>  
 Hans E. Fischer<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>2</sup>

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

## Fachwissen im Studium zum Lehramt der Physik

### Forschungsverbund ProfiLeP

Der Forschungsverbund „Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik“ (*ProfiLeP*) ist Teil des vom BMBF finanzierten Forschungsprogramms „Kompetenzmodellierung und Kompetenzerfassung im Hochschulsektor“ (*KoKoHs*). *ProfiLeP* ist ein gemeinsames Projekt der Universitäten Paderborn, Bremen, Duisburg-Essen und Potsdam.

Es ist international üblich, beim Professionswissen die folgenden drei Dimensionen zu unterscheiden (Baumert & Kunter, 2006): Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen. Das Projekt *ProfiLeP* konzentriert sich auf die Dimensionen Fachwissen und fachdidaktisches Wissen von Studierenden der Lehramter im Fach Physik.

Das Teilprojekt „Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden und Übungsleitern im Fach Physik“ (*DaWis*, Universität Paderborn) untersucht die deklarativ-analytischen Aspekte des fachdidaktischen Wissens (u. a. Schülervorstellungen, Instruktionsstrategien, fachdidaktische Konzepte) und das Teilprojekt „Erklärungswissen von Physikstudierenden“ (*EWis*, Universität Bremen) erforscht prozedurale Aspekte (sachgerechtes und adressatengemäßes Erklären) des fachdidaktischen Wissens (u. a. Sprache, Beispiele, Darstellungsformen). Im Teilprojekt „Fachwissen im Studium zum Lehramt der Physik“ (*FaWis*, Universität Duisburg-Essen und Universität Potsdam) wird das Fachwissen untersucht.

### Hauptziele von FaWis

Im Rahmen des Teilprojekts *FaWis* sollen u. a. die folgenden Ziele erreicht werden:

- Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung des Fachwissens in Physik.
- Entwicklung eines Fachwissenstests für Lehramtsstudierende der Physik unter Berücksichtigung des „vertieften Schulwissens“.
- Validierung des Modells zum Fachwissen durch Vergleich der Testergebnisse von Lehramtsstudierenden mit den Testergebnissen von Fachstudierenden der Physik.
- Abstimmung des Modells zum Fachwissen mit den beiden Modellen zum fachdidaktischen Wissen zur Aufklärung von vermuteten Zusammenhängen zwischen Fachwissen und fachdidaktischem Wissen.

### Modell für die Itemkonstruktion

In Absprache mit den Teilprojekten *DaWis* und *EWis* wird auf Grund größtmöglicher Inhaltsvalidität für die Testkonstruktion eine Fokussierung auf die Mechanik vorgenommen. Für die Itemkonstruktion zum Fachwissenstest wurde ein Kompetenzmodell für die Sekundarstufe II (Schoppmeier et al., 2012) adaptiert, das auf dem ESNaS-Modell für die Sekundarstufe I (Kauertz et al., 2010) aufbaut; die Items decken dabei ein breites Spektrum der Mechanik ab: Energie, Impuls, Kräfte, Wurfbewegungen, Translations- und Rotationsbewegungen, Schwingungen, Hydrostatik und Hydrodynamik. In COACTIV (Brunner et al., 2006) wird das Fachwissen in drei Niveaustufen unterteilt: „Schulwissen, vertieftes Wissen, universitäres Wissen“.

Im Teilprojekt *FaWis* erfolgte die Itemkonstruktion zu den drei Wissensarten *Schulwissen*, *vertieftes Schulwissen* und *universitäres Wissen*. Abb. 1 zeigt die Felder, für die Aufgaben mit den beiden genannten Dimensionen konstruiert worden sind, den Komplexitätsstufen und den Wissensarten.

	Schulwissen	Vertieftes Schulwissen	Universitäres Wissen
1 Fakt, 2 Fakten			
1 Zusammenhang, 2 Zusammenhänge			
Übergeordnetes Konzept			

Abb. 1: Modell für die Itemkonstruktion zum Fachwissenstest Physik

Beim *Schulwissen* wurden Inhalte berücksichtigt, die in den Richtlinien und Lehrplänen für die Sekundarstufen I und II der an diesem Projekt teilnehmenden Bundesländer vorgesehen sind; beim Oberstufenstoff erfolgte eine Beschränkung auf die für Grundkurse obligatorischen Inhalte.

Der Bereich des *vertieftes Schulwissens* wurde in COACTIV (Kunter et al., 2011) als tieferes Verständnis der curricularen Fachinhalte der Mathematik aufgefasst und in MT21 (Blömeke et al., 2008) als „Schulmathematik vom höheren Standpunkt“. Beide Studien beziehen sich dabei auf Werke von Kirsch (1987) und Klein (1933), ohne jedoch eine weitergehende Akzentuierung vorzunehmen. Im Teilprojekt *FaWis* wurden Items unter Berücksichtigung der folgenden 6 Kompetenzen entwickelt:

- Unterschiedliche Wege zur Lösung einer Aufgabe identifizieren und anwenden können.
- Unterschiedliche theoretische Einordnungen zur Lösung einer Aufgabe nutzen können.
- Ausgehend von einer Schulaufgabe die physikalischen Randbedingungen erkennen können, unter denen sie gelöst werden kann.
- Ausgehend von einer universitären Aufgabe physikalisch reduzierte Aufgaben für die Schule auf einem jeweils angemessenen Niveau entwickeln können.
- Ausgehend von einer universitären Aufgabe die einschränkenden physikalischen Bedingungen einer Schulaufgabe erkennen können.
- Zusammenhänge, Gemeinsamkeiten und Unterschiede von physikalischen Phänomenen erkennen können.

Beim *universitären Wissen* wurden Inhalte berücksichtigt, basierend auf „Wissen, wie es erst innerhalb der physikalischen Ausbildung an Universitäten erworben wird“ (Riese, 2009, S. 80), wobei der Fokus auf Inhalten der Experimentalphysikvorlesungen lag.

Parallel zum Fachwissenstest Physik wurde ein *Test zur Rechenfähigkeit* entwickelt. In Anlehnung an das „DiF-Instrument“ der TU-Dortmund (Projekt „dortMINT“; Pusch & Theyßen, 2011) spiegeln die Items dabei fundamentale Techniken der Schulmathematik wieder (z.B. Umformen von Termen und Gleichungen, Differenzieren und Integrieren, Rechnen mit Vektoren und Matrizen). Im Gegensatz zum Fachwissenstest Physik (Items im geschlossenen Format) wurden die Items für den *Test zur Rechenfähigkeit* im offenen Format konstruiert.

### Testdesign

Die Hauptstudie findet vom Winter 2013 bis zum Winter 2014 jeweils zu Beginn und am Ende der Semester statt. Die gesamte Testlänge beträgt 90 Minuten; es werden zwei Testhefte eingesetzt. Jedes Testheft enthält einen Test zu den kognitiven Fähigkeiten (*KFT*), den Fachwissenstest zur Mechanik und die Erfassung von Personenmerkmalen (demografische Daten). Beim *KFT* werden die verbalen Skalen V1 und V3 eingesetzt. Der Fachwissenstest beinhaltet 40 Aufgaben im Multiple-Choice-Format (Single Select). Lehramtsstudierende der Physik bilden die Zielgruppen, Bachelorstudierende der Physik (sog. „Vollfach“) und Übungsgruppenleiter(innen) der Physik die Vergleichsgruppen.

### Pilotstudie

Im Sommersemester 2013 fand die Pilotstudie mit insgesamt 436 Studierenden der Physik (davon 96 weiblich) an 6 Universitäten statt. Es wurden 6 verschiedene Testhefte im Multi-Matrix-Format eingesetzt. Die Rasch-Analyse der Daten erfolgte mit dem Programm R, in Abb. 2 ist die Person-Item-Map für den Fachwissenstest Mechanik dargestellt. Aufgrund von schlechten MNSQ-Werten und/oder schlechten t-Werten mussten 18 der insgesamt 145 Aufgaben ausgeschlossen werden.

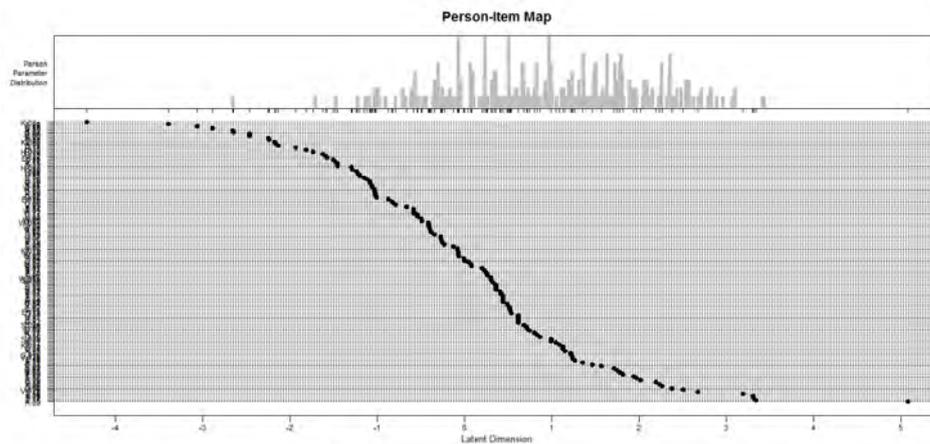


Abb. 2: Person-Item-Map für den Fachwissenstest Mechanik

### Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* (9), 469-520.
- Blömeke, S., Kaiser, G., Lehmann, R. (Hrsg.) (2008). *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer*. Münster: Waxmann.
- 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.
- Kirsch, A. (1987). *Mathematik wirklich verstehen: Eine Einführung in ihre Grundbegriffe und Denkweisen*. Köln: Aulis.
- Klein, F. (1933). *Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus*. Berlin: Springer.
- 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 3/4, 223-258.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. (Hrsg.) (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.
- Prenzel, M., (Hrsg.) (2006). *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule*. Münster: Waxmann.
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.
- Riese, J. & Reinhold, J. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 16, 167-187.
- Schoppmeier, F., Borowski, A., Fischer, H. E. (2012). *Mathematische Bereiche in Leistungskursklausuren*. *Phydid A – Physik und Didaktik in Schule und Hochschule* Nr. 11. Band 1.

## DaWis: Teilprojekt Fachdidaktisches Wissen

### Problemstellung und Ziele

Im Rahmen des Verbundprojekts Profile-P (vgl. Kulgemeyer et al., 2012) sollen die Zusammenhänge von Fachwissen (FaWis), Erklärungswissen (EWis) und dem fachdidaktischen Wissen (DaWis) angehender Physiklehrkräfte untersucht werden. Diese sollen sowohl auf globaler Ebene als auch bezüglich der inneren Struktur der drei Wissensbereiche aufgeklärt werden. Um Aussagen über die innere Struktur von fachdidaktischem Wissen (FDW) zu machen, mangelt es jedoch sowohl an einem Konsens über die generellen Inhalte des fachdidaktischen Wissens als auch an Testinstrumenten, die die innere Struktur empirisch abbilden können. Ausgehend von dieser Problematik wurde im Projekt DaWis ein möglichst breit angelegtes Modell der inneren Struktur des universitären Fachdidaktischen Wissens von Lehramtsstudierenden und Übungsleitern entwickelt und auf dessen Grundlage ein Testinstrument konstruiert. Das Testinstrument, Validierungsschritte und erste Ergebnisse einer Pilotierungsstudie werden im Folgenden vorgestellt.

### Modell, Modellentwicklung und Operationalisierung

Ausgehend von einer Analyse verschiedener Konzeptualisierungen von Fachdidaktischem Wissen (FDW) und pedagogical content knowledge (PCK) wurde ein eigenes Modell Fachdidaktischen Wissens mit dem Schwerpunkt des an der Universität erwerbbareren Wissens entwickelt. Dieses ordnet sich in die gängigen heuristischen Modelle professioneller Handlungskompetenz in Anlehnung an Baumert und Kunter (2006) ein, wobei das Fachdidaktische Wissen als Teilfacette des Professionswissens und damit als Teil der kognitiven Dispositionen betrachtet wird. Als Basis für die Modellentwicklung dienten unterschiedliche Ansätze (u.a. internationale Strukturierungen, quantitative Forschung und normative Setzungen), die analysiert und miteinander verglichen wurden (vgl. Gramzow, Riese, & Reinhold, 2013). Für die Operationalisierung wurde das zunächst breit angelegte Modell gekürzt (vgl. ebd.) und an die Erklärungsszenarien des EWis-Projekts angepasst (s. Beitrag von Tomczyszyn, Kulgemeyer, & Schecker, in diesem Band). Die physikalischen *Inhalte* wurden auf die Mechanik beschränkt sowie die vier fachdidaktischen *Facetten* „Instruktionsstrategien“, „Schülervorstellungen“, „Experimente und Vermittlung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses“ sowie „Fachdidaktische Konzepte“ ausgewählt.

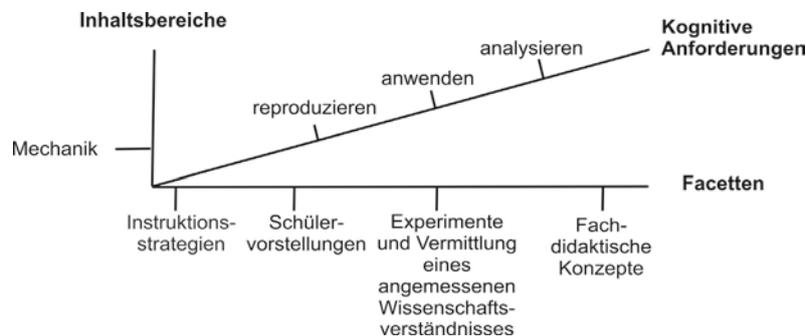


Abb. 1: Modell für die Itementwicklung

Des Weiteren wurde dem Modell für die Itementwicklung (Abb.1) als dritte Dimension die *Kognitive Aktivität* hinzugefügt, die die Anforderungen der jeweiligen Items in die Bereiche „Reproduzieren“, „Analysieren“ und „Anwenden“ unterteilt (vgl. Anderson & Krathwohl, 2001). Anhand dieses Modells wurden 50 Aufgaben mit insgesamt 91 Items entwickelt, die in einer ersten Erhebung mithilfe von 2 Testheften pilotiert werden konnten.

### Validierungsschritte

Zur Validierung des Testinstruments wurden eine Analyse fachdidaktischer Lehrbücher (z. B. Wiesner, Schecker, & Hopf, 2011) sowie eine Expertenbefragung zur curricularen Validität der Inhalte durchgeführt. Des Weiteren wurde eine Lautes-Denken-Studie implementiert. Diese lieferte Indizien dafür, auf welchen Wissensbestand die Probanden bei Beantwortung der Items tatsächlich zurückgreifen und ob folglich die zugrunde gelegte Struktur des Modells vertretbar ist.

Ferner wurde überprüft, ob die Zuordnung der Items zu den *Facetten* und den *Kognitiven Anforderungen* valide ist. Hierfür wurden 3 Experten (2 Fachdidaktiker und 1 Pädagoge) herangezogen, die anhand eines Manuals zur Beschreibung des Modells die einzelnen Items jeweils einer *Kognitiven Anforderung* und einer *Facette* zuordnen sollten. Dabei zeigt sich eine erfreuliche hohe Übereinstimmung der Zuordnungen bezüglich der *Facetten* (Cohens  $\kappa$  zwischen .73 und .89) und eine akzeptable Zuordnung der Fachdidaktiker bezüglich der *Kognitiven Anforderungen* (Cohens  $\kappa$  zwischen .63 und .81). Bei letztgenannter Zuordnung divergiert jedoch die Einschätzung des Pädagogen gegenüber denen der Fachdidaktiker (Cohens  $\kappa$  zwischen .25 und .32). Vermutlich ist es schwierig, die kognitiven Anforderungen der Items einzuschätzen, wenn kein physikalisches Fachwissen oder fachdidaktisches Wissen vorliegt.

### Ergebnisse der Pilotierung

Im Rahmen der Pilotstudie konnten bis zum Zeitpunkt der Jahrestagung 197 Personen aus 10 Universitäten und 7 Bundesländern befragt werden. Die Charakteristik der Stichprobe findet sich in der folgenden Tabelle:

Tab.1: Charakteristik der Pilotstichprobe. Angegeben sind jeweils Mittelwerte.

	N	Note Abitur	Weiblich	Fachsemester	Erworbene Creditpoints (CP) in physikdidaktischen Veranstaltungen
<b>HR Lehramt</b>	58	2,5	39 %	4,5	8,5
<b>Gym Lehramt</b>	116	2,0	45 %	5,0	8,8
<b>Gesamt</b>	197	2,2	43 %	4,8	8,3

Die Wrightmap (Abb. 2) zeigt, dass der Test zu schwer und die Varianz zu gering ist (.32). Der Itemfit ist bei 89 von 91 Items jedoch gut ( $0.8 < \text{MNSQ} < 1.2$  und  $-1.9 < T < 1.9$ ), ebenso auch Cronbachs  $\alpha$  für die jeweiligen Testhefte (Testheft A:  $\alpha = .81$ ; Testheft B:  $\alpha = .79$ ) und die EAP-Reliabilität für den gesamten Test (.85).

Der Modellvergleich zwischen einem 1D-Rasch-Modell und einem 4D-Rasch-Modell, das in die fachdidaktischen Facetten „Instruktionsstrategien“, „Schülervorstellungen“, „Experimente und Vermittlung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses“ sowie „Fachdidaktische Konzepte“ aufspaltet, zeigt, dass das 4D-Modell hochsignifikant besser passt ( $\chi^2$ -Test). Eine Trennung der vier Facetten ist somit auch statistisch vertretbar. Allerdings fällt die Modellgüte des 4D-Modells in den jeweiligen Dimensionen gegenüber

der des 1D-Modells ab: „Instruktionsstrategien“ (EAP-Reliabilität: .60, Varianz: .32), „Schülvorstellungen“ (EAP-Reliabilität: .71, Varianz: .43), „Experimente und Vermittlung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses“ (EAP-Reliabilität: .73, Varianz: .40) sowie „Fachdidaktische Konzepte“ (EAP-Reliabilität: .78, Varianz: .60).

Neben den allgemeinen Teststatistiken wurde auch ein Regressionsmodell bezüglich der Personenfähigkeiten gerechnet. Trotz der geringen Varianz des Tests können 27,5 % der Fähigkeiten aufgeklärt werden. 16% der Aufklärung wird allein durch die erworbenen Creditpoints in Fachdidaktik-Veranstaltungen erreicht, die weiteren Prozente ergeben sich durch die Hinzunahme der Abiturnote, ob Physik im Abitur belegt wurde und eines Standorteffekts. Geschlecht, Fachsemester, Studiengang und Lehrerfahrung sind nicht signifikant.

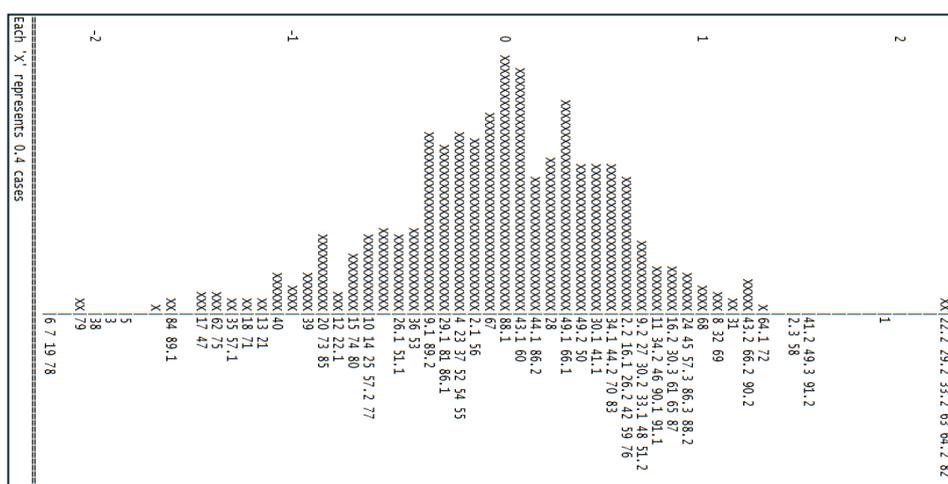


Abb. 2: Wrightmap. Links befinden sich leichte Items und weniger fähige Personen, rechts schwere Items und fähige Personen

### Zusammenfassung und Ausblick

Es konnte ein Test entwickelt werden, der eine modellkonforme innere Struktur des Fachdidaktischen Wissens in Physik empirisch abbilden kann. Des Weiteren konnten die Items den *Facetten* weitestgehend valide zugeordnet werden. Der Test scheint diesbezüglich somit für die o.g. Ziele des Verbundprojekts ProfiLe-P geeignet. Das Instrument ist jedoch zu schwer und in seiner jetzigen Form zu lang. Für die Haupterhebung im WS13/14 wird eine Testkürzung auf insgesamt etwa 60 Minuten angestrebt. Dazu wird das Testinstrument überarbeitet und eine Itemauswahl aufgrund von Erkenntnissen aus den Validierungsstudien und statistischer Merkmale (z. B. Item-Rest-Korrelationen) getroffen.

### Literatur

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing. A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469-520.
- Gramzow, Y., Riese, J., & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 7-30.
- Kulgemeyer, C., Borowski, A., Fischer, H., Gramzow, Y., Reinhold, P., Riese, J., ... Walzer, M. (2012). ProfiLe-P – Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik. Vorstellung des Forschungsprojekts. PhyDid B – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.
- Wiesner, H., Schecker, H., & Hopf, M. (Hrsg.) (2011). Physikdidaktik kompakt. Köln: Aulis.

## Diagnostik des Erklärungswissens von Physikstudierenden

In der didaktischen Literatur wird verständliches Erklären als eine der wichtigsten Fähigkeiten von Lehrerinnen und Lehrern beschrieben (z. B. Wellenreuther, 2005), dennoch gibt es nur wenig empirische Forschung auf diesem Gebiet. Im Projekt *EWis* (Erklärungswissen von Physikstudierenden) gehen wir der Frage nach, wie man die Fähigkeit guten Erklärens von angehenden Physiklehrkräften modellieren und in handlungsnahen Situationen valide erheben kann. Eingebunden ist *EWis* in das Verbundprojekt *ProfiLe-P* (Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik; Bremen, Paderborn, Essen, Potsdam). Ziel ist es, Zusammenhänge zwischen dem Erklärungswissen und dem Fachwissen sowie dem fachdidaktischen Wissen zu analysieren (siehe auch die Beiträge von *FaWis* und *DaWis* in diesem Band).

### Erklären

Zum Begriff *Erklären* kann man zwischen zwei Auffassungen unterscheiden. In beiden steht das Verstehen im Mittelpunkt. Bei der *wissenschaftstheoretischen* Sichtweise geht es um die Struktur und Funktionsweise von Erklärungen (z. B. Hempel & Oppenheim, 1948). Auf der anderen Seite gibt es eine *unterrichtsorientierte* Sicht, bei der der Kommunikationsprozess und die beteiligten Personen im Vordergrund stehen (Treagust & Harrison, 1999). Dieser zweiten Sichtweise ist auch das Projekt *EWis* zuzuordnen. Im Kern geht es darum, für jemanden einen Sachverhalt verständlich zu machen – und zwar vor allem verbal (Gage et al., 1968). Mit Erklärungswissen ist also das deklarative Wissen und das Handlungswissen gemeint, das benötigt wird, um einen Sachverhalt für einen bestimmten Adressaten so darzustellen zu können, dass der Sachverhalt für ihn verstehbar wird. Die Konstruktion von Bedeutung aus der Erklärung muss natürlich vom Adressaten selbst vorgenommen werden.

Dies ist anschlussfähig an Shulman (1986), der das Erklären als Teilaspekt des Pedagogical Content Knowledge (PCK) beschreibt und dabei auch das „Verständlichmachen“ eines Sachverhalts in seiner Beschreibung von PCK aufführt. Demnach umfasst PCK das Wissen über „...the most powerful analogies, illustrations examples, explanations and demonstrations – in a word, the ways of representing and formulating the subject that make it comprehensible to others“ (S. 9).

### Ein Modell dialogischen Erklärens

Bei der Modellierung der Erklärungsfähigkeit knüpfen wir an das Modell zur Kommunikationskompetenz bei Schülerinnen und Schülern von Kulgemeyer und Schecker (2013) an. Voraussetzung für eine Erklärungssituation sind mindestens zwei Personen, wobei eine Person (Erklärer) einen Wissensvorsprung zu einem bestimmten physikalischen Sachverhalt hat und diesen Sachverhalt einer zweiten Person (Adressat) verständlich machen will (Abb. 1). Betrachtet man zunächst den Erklärer, muss dieser diverse Annahmen über die Eigenschaften des Adressaten treffen, um ein erstes attraktives Erklärungsangebot zu produzieren. Dabei trifft er eine Entscheidung darüber, welche *Sprachebene* (z. B. Fachsprache) und *Mathematisierungen* (z. B. Formeln) er verwendet und mit welchen *Beispielen* und *Darstellungsformen* er arbeitet. Der Adressat nimmt dies zunächst wahr und versucht für sich Bedeutung daraus zu konstruieren, indem er die Information mit seinem Vorwissen und seinen Interessen abgleicht. Aus der Reaktion des Adressaten kann der Erklärer auf den Erfolg seiner Erklärung schließen. Bei einer Ablehnung (im einfachsten Fall sagt der Adressat: „Das verstehe ich nicht.“) hat der Erklärer die Möglichkeit, Sprachebene, Mathematisierung-

gen, Beispiele oder Darstellungsformen zu variieren, um die Erklärung so zu gestalten, dass der Adressat wahrscheinlicher Bedeutung aus dem Erklärungsangebot konstruieren kann (Kulgemeyer, im Druck). Neben der Adressatengemäßheit, muss der Erklärer auch darauf achten, dass die Erklärung sachgerecht bleibt. Dazu zählt z. B., dass die möglichen Elementarisierungen fachlich vertretbar sind.

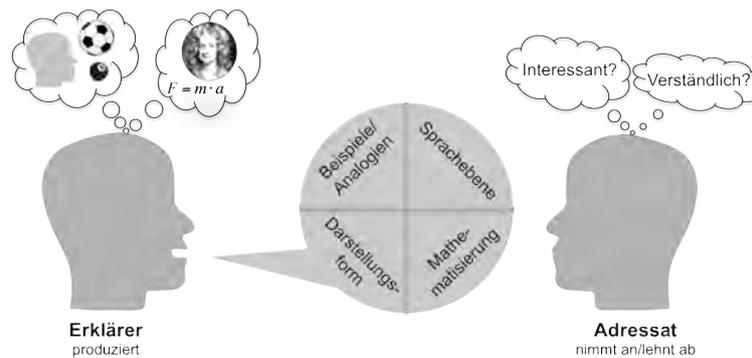


Abb.1: Modell diagnostischen Erklärens (nach Kulgemeyer, im Druck)

### Erhebungsmethode

Um das Erklärungswissen zu erheben, haben wir ebenfalls aus der Kommunikationsforschung bei Schülerinnen und Schülern (Kulgemeyer & Schecker, 2013) ein qualitatives, videobasiertes Testinstrument adaptiert. Dabei werden Studierende in einem standardisierten Lehr-Lern-Rollenspiel in die Situation gebracht, einem Schüler der 10. Klasse einen vorgegebenen Sachverhalt in zehn Minuten zu erklären. Die Erklärungssituation wird gefilmt. Eine Standardisierung der Situation wird durch die Vorgabe des Themas, der Vorbereitungs- und Erklärungsdauer, einiger zur Verfügung gestellter Darstellungsformen sowie eines speziellen Adressatentrainings realisiert. Bei diesem Training werden die Adressaten darauf trainiert, sich in jeder Erklärungssituation vergleichbar zu verhalten und die gleichen Fragen zu stellen. Die Eindeutigkeit der Fragen und die Authentizität des Szenarios wurden im Rahmen einer Masterarbeit an der Universität Bremen (Felchow, 2013) untersucht. Dafür wurden Stimulated Recalls, Expertenratings und kurze, leitfadenbasierte Interviews durchgeführt. Mit dem Lehr-Lern-Rollenspiel kann die Erklärungsfähigkeit im Prozess erhoben werden. Somit spielen neben kognitiven Aspekten auch motivationale und volitionale Aspekte eine Rolle, wie Weinert (2001) sie bei der Definition von Kompetenz beschrieben hat. Ein weiterer Vorteil gegenüber schriftlichen Tests ist die Nähe zur realen Unterrichtssituation.

### Qualitätsmaß für Erklärungswissen

Die Videos werden mittels qualitativer Inhaltsanalyse dahingehend ausgewertet, ob die Erklärung sachgerecht und adressatengemäß ist. Die Kategorien zum adressatengemäßen Erklären sind unter zwei Gesichtspunkten entstanden. Einerseits gibt es Kategorien, die festhalten, ob der Erklärer die Erklärungsart an den Adressaten anpassen kann. Dafür wird durchgehend die Art zu erklären (Sprachebene etc.) kodiert, sodass nach einer entsprechenden Rückmeldung durch den Adressaten (z. B. „Kannst du das auch leichter erklären?“) zu sehen ist, ob der Erklärer variieren kann. Es wird dem Erklärer beispielsweise positiv angerechnet, wenn er auf den oben genannten Impuls hin weniger Fachbegriffe verwendet oder eine Formel durch ein Zahlenbeispiel ersetzt. Andererseits gibt es Kategorien zu allgemeinen Kriterien, die in der Literatur als verständnisförderlich beschrieben werden. Beispiele dafür

sind das Nutzen von Darstellungsformen, das Nennen von alltagsnahen Beispielen und das dialogische Einbeziehen des Adressaten in die Erklärung.

Erste Ergebnisse mit Daten aus der Pilotierung zeigen, dass es allein mit den verständnisförderlichen Elementen möglich ist, gute von schlechten Erklärungen zu unterscheiden. Dafür wurden Experten Videopaare gezeigt und in einem hochinferenten Rating gefragt, wer in den Videos der bessere Erklärer ist. Jedes der acht Videopaare wurde von fünf Experten eingeschätzt. Die Experten waren sich fast immer einig über den besseren Erklärer. Die prozentuale Übereinstimmung der Experten ist 95% und Fleiss' Kappa beträgt  $\kappa = 0,798$ , was als eine sehr gute Übereinstimmung betrachtet werden kann (Wirtz & Caspar, 2002).

Alle Expertenurteile können mit einem quantitativen Maß vorhergesagt werden. Dieses Maß beruht auf 26 Kategorien bzw. Elementen von Erklärungen. Die daraus gebildete Skala weist eine gute Reliabilität von Cronbach's Alpha  $\alpha = 0,735$  auf. Diese erste Näherung an ein Maß für Erklärungsfähigkeit wird durch die Summe aller verständnisfördernden Elemente minus der verständnishindernden Elemente (z. B. Äußerungen des Adressaten unterbrechen oder ignorieren) erzeugt.

In den nächsten Schritten wird das Maß noch weiter ausdifferenziert. Dafür liegen Expertenurteile zu weiteren Fragen vor (z. B. „In welcher Erklärung ist der Einsatz von Beispielen besser gelungen?“). Außerdem wird das Maß um die Einschätzung ergänzt, ob der Erklärer in der Lage ist, seinen Erklärungsansatz gemäß dem Erklärungsmodell zu variieren, wenn der Adressat eine Notwendigkeit dazu signalisiert. Dies geschieht, indem die Art zu erklären vor und nach einer entsprechenden Reaktion durch den Adressaten verglichen wird.

Das Ziel ist ein Maß, mit dem über Paarvergleiche von Erklärungen hinaus die Erklärungen nach ihrer Qualität zumindest rangskaliert werden können.

### **Aktueller Stand und Ausblick**

Die Entwicklung der Lehr-Lern-Rollenspiele ist abgeschlossen. Anhand von 64 Videos aus einer Pilotstudie ist ein Kodiermanual entwickelt worden. Aktuell wird das Qualitätsmaß für Erklärungsfähigkeit weiterentwickelt. Im Wintersemester 2013/14 beginnen die Haupterhebungen an den Standorten aller Projektpartner. Zwei Kohorten werden im Längsschnitt untersucht. Eine Kohorte wird am Anfang und am Ende des ersten Semesters und eine weitere Kohorte am Anfang des dritten Semesters und am Ende des vierten Semesters – nach Teilnahme an physikdidaktischen Lehrveranstaltungen – hinsichtlich der Erklärungsfähigkeiten der Studierenden getestet. Zudem ist ein Querschnitt bei höheren Semestern geplant.

### **Literatur**

- Felchow, S. (2013). Validierung einer qualitativen Methode zur Diagnostik von Erklärungswissen bei Physikstudierenden. Masterarbeit an der Universität Bremen.
- Gage, N. L., Belgard, M., Dell, D., Hiller, J. E., Rosenshine, B., & Unruh, W. R. (1968). Exploration of the Teacher's Effectiveness in Explaining. Technical Report No.4. Stanford Center for Research and Development in Teaching. Stanford, California.
- Hempel, C.G. & Oppenheim, P. (1948). Studies in the logic of explanation. Reprint. In: C.G. Hempel (1967), Aspects of scientific explanation and other essays in the philosophy of science and other essays in the philosophy of science (pp. 245-290). New York: Free Press.
- Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2013). Students explaining science - assessment of science communication competence. Research in Science Education, DOI: 10.1007/s11165-013-9354-1.
- Kulgemeyer, C. (im Druck). Gelingensbedingungen physikalischer Erklärungen - Zu einer konstruktivistischen Auffassung des Erklärens, PhyDidB – Beiträge zur DPG-Frühjahrtagung.
- Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. Educational Researcher, 15(2), 4-14.
- Teagust, D. & Harrison, A. (1999). The genesis of effective science explanations for the classroom. In J. Loughran (Eds.), Researching Teaching: Methodologies and Practices for Understanding Pedagogy. Abingdon: Routledge, 28-43.
- Wellenreuther, M. (2005). Lehrer und Lernen – aber wie? Empirisch-experimentelle Forschung zum Lehren und Lernen im Unterricht. Baltmannsweiler: Schneider.

## **Erfassung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte im Rahmen des Projekts KiL**

### **Hintergrund**

Der professionellen Kompetenz von Lehrkräften wird eine zentrale Bedeutung für die Gestaltung guten Unterrichts und damit für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zugeschrieben (Bromme, 1997; Magnusson, Krajcik & Borko, 1999; Abell 2007). Dabei stellt das Professionswissen einen wichtigen Teil der professionellen Kompetenz dar (Baumert & Kunter, 2006). National und international hat sich in Anlehnung an Shulman (1986, 1987) eine Einteilung des Professionswissens in die Dimensionen Fachwissen (CK), fachdidaktisches Wissen (PCK) und pädagogisches Wissen (PK) etabliert (vgl. Abell, 2007; Borowski et al., 2010). Diese Einteilung konnte im Rahmen der COACTIV-Studie für das Fach Mathematik empirisch bestätigt werden (Baumert & Kunter, 2006). Zudem konnte ein Einfluss des Professionswissens auf die Unterrichtsqualität nachgewiesen werden (Brunner et al., 2006). Für die naturwissenschaftlichen Fächer wird im Projekt ProwiN auf Basis eines entsprechenden Modells das Professionswissen von Lehrkräften und dessen Einfluss auf deren Unterricht untersucht (Borowski et al., 2010). Da ein Großteil des Professionswissens mutmaßlich im Studium erworben wird, kann jedoch nicht ohne weiteres angenommen werden, dass sich Befunde über das Professionswissen von Lehrern auf Studierende übertragen lassen. Bezüglich des Professionswissens Lehramtsstudierender liegen andererseits im Bereich der Naturwissenschaften nur wenige Befunde vor. Für Physik wären hier die Arbeiten von Riese (2009) zu nennen (vgl. auch Riese & Reinhold, 2010; Woitkowski, Riese & Reinhold, 2011). Die entsprechenden Ergebnisse beruhen jedoch auf einer Fokussierung auf einzelne Aspekte wie die Mechanik und das Experimentieren. Hier setzt das Projekt „Messung professioneller Kompetenzen in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen“ (KiL) an, in dem die Entwicklung des Professionswissens von Lehramtsstudierenden in seiner inhaltlichen Breite erfasst werden soll.

### **Ziele**

Es soll untersucht werden, inwieweit sich Befunde über die Struktur des Professionswissens, zum Beispiel die Zusammenhänge zwischen CK, PK und PCK, von Lehrkräften auf angehende Lehrkräfte übertragen lassen und wie sich diese Struktur gegebenenfalls im Laufe des Studiums entwickelt.

### **Methode und Design**

Bei der Entwicklung von Aufgaben zur Erfassung des Fach- und fachdidaktischen Wissens wurde wie folgt vorgegangen: Im ersten Schritt wurde die fachdidaktische Literatur auf veröffentlichte Aufgaben zur Erfassung des fachlichen und fachdidaktischen Wissens im Bereich der universitären Ausbildung geprüft. Diese Aufgaben wurden auf Basis des verwendeten Modells des Professionswissen (für das Modell siehe Kröger, Neumann & Petersen, 2012) kategorisiert und, wo notwendig, angepasst. Schließlich wurden externe Experten zur Aufgabenentwicklung hinzugezogen, um gezielt Lücken in der Abdeckung des Modells zu schließen. In einem zweiten Schritt wurden die Aufgaben im Rahmen einer bundesweiten Studie pilotiert. Insgesamt wurden 80 Aufgaben zum Fachwissen, 70 Aufgaben zum fachdidaktischen Wissen und 20 Aufgaben zum pädagogischen Wissen getestet. Die Aufgaben wurden – gruppiert nach Bereichen des fachlichen bzw. fachdidaktischen Wissens – in Blö-

cke zu je zehn Aufgaben zusammengefasst und wie folgt auf zwei Testhefte aufgeteilt: Testheft I enthielt vier Blöcke zum Fachwissen (Bereiche: Mechanik, Optik, Festkörperphysik und spezielle Relativitätstheorie) sowie vier Blöcke zum fachdidaktischen Wissen (Bereiche: Schülerkognition, Instruktionsstrategien, Curriculum und Assessment). Testheft II enthielt ebenfalls vier Blöcke zum Fachwissen (Bereiche: Elektrizitätslehre, Thermodynamik, Atom- & Kernphysik und Quantenmechanik), drei Blöcke zum fachdidaktischen Wissen (Bereiche: Schülerkognition, Instruktionsstrategien und Curriculum) sowie einen Block zum pädagogischen Wissen. Ungefähr 75% der Aufgaben hatten ein geschlossenes, 15% ein offenes und 10% ein halboffenes Format. Die Bearbeitungszeit pro Testheft betrug 160 Minuten. Insgesamt konnten  $N = 166$  Studierende des Lehramts mit Hauptfach Physik aus allen Studiensemestern (jeweils 83 Studierende pro Testheft) für die Befragung gewonnen werden. Die Pilotierung dient primär der Untersuchung der Reliabilität sowie des strukturellen und externen Aspekts der Konstruktvalidität (zur Konzeption der Konstruktvalidität siehe Messick, 1995). In einem dritten Schritt wurden die Aufgaben im Rahmen eines Expertenmeetings intensiv diskutiert. Aufgaben, die sich als ungeeignet erwiesen, wurden entweder gestrichen oder, falls möglich, verbessert. In einem vierten Schritt wurden Studierenden gezielt kritische Aufgaben vorgelegt, um für die Optimierung der Aufgaben Erkenntnisse zur kognitiven Validität zu gewinnen. Nach der folgenden Überarbeitungsphase wurden verbliebene Aufgaben zu einem neuen Testheft zusammengestellt, mit dem im Rahmen der Hauptuntersuchung im Sommersemester 2013 bundesweit Daten erhoben werden. Dabei wird eine Stichprobengröße von  $N = 200$  angestrebt. Parallel dazu wurden 24 zufällig gezogene Aufgaben aus den Bereichen CK und PCK im Rahmen einer Think-Aloud-Studie auf ihre kognitive Validität hin überprüft.

### Erste Ergebnisse

Zur Auswertung der Pilotierungsstudie wurden klassische Analysen getrennt für beide Testhefte durchgeführt. Als Maß für die Reliabilität der einzelnen Skalen wurde Cronbachs Alpha berechnet. Die Auswertung ergab  $\alpha = .71$  für Testheft I bzw.  $\alpha = .77$  für Testheft II im Bereich Fachwissen und  $\alpha = .73$  für Testheft I und  $\alpha = .57$  für Testheft II im Bereich fachdidaktisches Wissen. Die Werte der einzelnen Subskalen, lagen beim Fachwissen zwischen  $\alpha = .46$  und  $\alpha = .62$  (mit einem Ausreißer von  $\alpha = .13$ ) und beim fachdidaktischen Wissen zwischen  $\alpha = .29$  und  $\alpha = .59$ . Die durchschnittliche Lösungswahrscheinlichkeit betrug 32% für das Fachwissen und 42% für das fachdidaktische Wissen.

Zur Untersuchung der externen und strukturellen Validität des Tests wurden Zusammenhänge mit der Abiturnote und der Semesterzahl der Probanden berechnet. Zusätzlich wurden kognitive Fähigkeiten der Probanden durch drei Tests erhoben: Ein verbaler Test, ein non-verbaler Test und ein quantitativer Test. Die Korrelationen der Testscores mit den Begleitvariablen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Korrelationen zwischen Testscores und Begleitvariablen

	Testheft I CK	Testheft II CK	Testheft I PCK	Testheft II PCK
Abiturnote	-.22**	-.20 <sup>+</sup>	-.22*	-.15**
Semesterzahl	.36**	.32**	.28*	.20*
V-Test	.30**	.24**	.30**	.25*
N-Test	.33**	.28**	.17	.38**
Q-Test	.33**	-.05	.17*	.16

Zwischen den Testscores beim CK und PCK wurde für beide Testhefte eine Korrelation von .40\*\*\* bestimmt.

Bei der im Rahmen der Untersuchung der kognitiven Validität durchgeführten Think-Aloud-Studie konnte bei 23 von 24 geprüften Aufgaben ein überwiegender Anteil konstruktrelevanter Lösungsstrategien identifiziert werden. Damit kann davon ausgegangen werden, dass die Aufgaben überwiegend die intendierten kognitiven Prozesse evaluieren.

### Diskussion

Da es sich um Ergebnisse einer Pilotierungsstudie handelt, sind die Reliabilitäten der Gesamtskalen größtenteils als zufriedenstellend für diese Phase des Projekts einzustufen. Die Reliabilitäten der Subskalen sind teilweise unzureichend, was vermutlich einerseits in der geringeren Anzahl von Aufgaben pro fachlichem bzw. fachdidaktischem Bereich begründet liegt, andererseits jedoch in einer unzureichenden Trennschärfe einzelner Aufgaben. Die Lösungswahrscheinlichkeiten der einzelnen Bereiche deuten zudem auf ein zu hohes Schwierigkeitsniveau, vor allem im Bereich CK, hin. Hier wurde durch Expertenratings und die Prüfung kritischer Aufgaben auf ihre kognitive Validität hin Abhilfe geschaffen. Die Ergebnisse zur externen und strukturellen Validität erscheinen durchweg plausibel. Inwieweit die Semesterzahl als Prädiktor für PCK herangezogen werden kann ist noch zu prüfen, denn besonders in der Studienanfangsphase liegt der Fokus der Ausbildung an vielen Standorten auf der Vermittlung von Fachwissen.

### Literatur

- Abell, S.K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S.K. Abell (Ed.), *Handbook of research on science teacher education*, 1105-1149.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469-520.
- Borowski, A., Neuhaus, B. J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H. E., Leutner, D., Sandmann, A., & Sumfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 341-349.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Unterrichts und der Schule. Enzyklopädie der Psychologie, Serie I*, Bd. 3, 177-212.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Klusmann, U., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., ... Tsai, Y.-M. (2006). Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Konzeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht – Eine Zwischenbilanz des COACTIV-Projekts (S. 54-82). In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule*. Münster: Waxmann.
- Kröger, J., Neumann, K., & Petersen, S. (2012). Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Hannover 2012*, 533-535.
- Magnusson, S., Krajcik J., & Borko H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Hrsg.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Messick, S. (1995). Validity of Psychological Assessment – Validation of Inferences From Persons' Responses and Performances as Scientific Inquiry Into Score Meaning. *American Psychologist*, 50, 741-749.
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. *Studien zum Physik- und Chemielernen*, Band 97.
- Riese, J., & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 167-187.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.
- Woitkowski, D., Riese, J., & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehegender Physiklehrkräfte, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 289-313 .

## Planungshandeln von Lehrkräften zur Ansteuerung der Erkenntnisgewinnung

Ein Teil der naturwissenschaftlichen Grundbildung ist durch die Auseinandersetzung mit spezifischen Methoden zur Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse charakterisiert. In diesem Zusammenhang ist die experimentelle Methode von zentraler Bedeutung. Für das Fach Chemie werden hierbei neben dem Erwerb manueller Fertigkeiten u.a. Ziele zum Entwickeln naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen und naturwissenschaftlicher Problemlösestrategien verbunden und in den Nationalen Bildungsstandards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung explizit beschrieben. Von den Schülern<sup>1</sup> wird gefordert, die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen mit ihren Grenzen sowie die Bedeutung des Experiments zu erkennen und zu verstehen. Aus fachdidaktischer Sicht kann das Experiment unterschiedliche Funktionen im Unterricht einnehmen. Die Bildungsvorgaben und chemiedidaktische Unterrichtsverfahren fokussieren insbesondere das theorie- und hypothesengeleitete Experimentieren. Letztere zeigen auch Möglichkeiten zur unterrichtspraktischen Umsetzung auf (z. B. Forschend-entwickelndes Unterrichtsverfahren nach Schmidkunz &

Lindemann, 2003). Charakteristische Phasen der Erkenntnisgewinnung mit ihren Denk- und Arbeitsschritten können durch die Abbildung 1 beschrieben werden. Dabei muss der Kreisprozess nicht immer vollständig durchlaufen werden (z. B. Auslassen von Teilprozessen oder Änderungen in der Reihenfolge) (Krüger & Gropengießer, 2006).

Auf unterrichtlicher Ebene haben Studien festgestellt, dass das Experiment in der Unterrichtspraxis jedoch häufig so eingesetzt wird, dass vorrangig die manuellen Fähigkeiten geschult werden. Die Denkschritte vor und nach dem Experiment,



wie die Hinführung über eine Frage, das Aufstellen von Vermutungen, die Planung von Experimenten und die anschließende zielgerichtete Analyse der Daten werden im Vergleich weniger berücksichtigt (Tesch & Duit, 2004).

Ergebnisse aus der empirischen Unterrichtsforschung spiegeln diese Tendenzen auch auf der Ebene der Schülerkompetenzen wider. Hammann (2004) konnte die spezifischen Fehlerquellen der Schüler beim Experimentieren identifizieren, die sich in den obengenannten Dimensionen beschreiben lassen: dem Aufstellen und Testen von Hypothesen, dem Planen von Experimenten und der Datenanalyse. Bei Schülerbefragungen über den Sinn und Zweck von Experimenten in den Naturwissenschaften wurden sowohl national als auch international die gleichen Schülervorstellungen ermittelt. Sie schreiben dem Experimentieren grundlegend keine zielgerichtete Handlung zur Prüfung von Hypothesen oder der Erklärung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu, sondern vielmehr die Bedeutung einen Effekt zu erzielen, etwas

Abb. 1: Der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess (verändert durch Hase 2013 nach Parchmann et al., 2006 und Pfeifer, 2003)

<sup>1</sup> Zur Vereinfachung der Darstellung wird im Weiteren die weibliche Form i. A. unterschlagen; in jedem Fall ist dabei jedoch implizit auch die entsprechende weibliche Person gemeint.

auszuprobieren, etwas herauszufinden und Entdeckungen zu machen (Carey et al., 1989; Meyer & Carlisle, 1996). Es wird davon ausgegangen, dass diese Vorstellungen insbesondere durch die Erfahrungen der Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht geprägt werden. Einer der wichtigsten Aspekte für die Unterrichtsplanung liegt dementsprechend darin, den Experimentierprozess als Erkenntnisgang der Schüler einzubetten und transparent zu machen, welches Ziel mit dem experimentellen Vorgehen verfolgt wird und welche Verbindungen zwischen den einzelnen Phasen des Erkenntnisweges bestehen.

Das vorgestellte Forschungsprojekt zu Prozessen der fachdidaktischen Strukturierung (ProfaS) im Fach Chemie geht deshalb der Frage nach, wie Lehrer ihren Unterricht zur Förderung des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens gestalten und welche Überlegungen zur Unterrichtsstrukturierung und Vorstellungen zum Experimentieren sie bei der Planung leiten. Die identifizierten Lehrervorstellungen über die Unterrichtsstrukturierung zu diesem spezifischen Bildungsziel sollen dann im Sinne der didaktischen Rekonstruktion für die Lehrerbildung als Ansatz für die Entwicklung von Maßnahmen in der Lehreraus- und -weiterbildung dienen (Komorek et al., 2013). Dazu wurde eine qualitative, explorative Studie mit zwölf Lehrkräften durchgeführt, die jeweils über eine Berufserfahrung von über 5 Jahren verfügen. Das Untersuchungsdesign umfasst eine Kombination aus Planungsanalysen und vorstrukturierten Interviews. Dazu planteten die Lehrkräfte eine Unterrichts(doppel-)stunde, die widerspiegelt, wie mit Hilfe des Experiments naturwissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden. Auf Basis der gezielt in Form eines handlungsorientierten Unterrichtsdrehbuchs angefertigten Unterrichtsplanungen fand das Interview mit den Lehrkräften statt. Dabei wurden die Unterrichtsplanungen in Anlehnung an die Methode des Stimulated Recalls genutzt. Neben allgemeinen Fragen zum Experimentieren im Chemieunterricht standen insbesondere die in die Unterrichtsplanung eingeflossenen leitenden Motive und Überlegungen im Fokus.

Die bisherige Datenanalyse umfasst vor allem die deskriptive Analyse der Unterrichtsverläufe, um zu ermitteln, welche Schwerpunkte die Lehrkräfte bei der Planung experimenteller Stunden setzen. Dazu wurden Verlaufsschemata hinsichtlich der geplanten Unterrichtsschritte und Aktivitäten erstellt und die Strukturierungen vor dem Hintergrund der Denk- und Arbeitsschritte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung analysiert. Es konnten diesbezüglich insgesamt drei unterschiedliche Grundstrukturen identifiziert werden, wobei Struktur A mit Abstand am häufigsten zu finden war.

*Struktur A:* Ausgehend von einer naturwissenschaftlichen Fragestellung wird ein Experiment zur Beantwortung vorgegeben und durchgeführt. Der herbeigeführte experimentelle Effekt wird anschließend gedeutet und daraus eine allgemeingültige Erkenntnis abgeleitet.

*Struktur B:* Ausgehend von einer Frage wird das Experiment zur Überprüfung von angestellten Vermutungen durchgeführt. Das Experiment wird entweder vorgegeben oder auch zu Teilen im gelenkten Unterrichtsgespräch geplant. Wie bei Struktur A wird der herbeigeführte Effekt gedeutet und eine allgemeingültige Erkenntnis abgeleitet. Ein expliziter Rückbezug zu den geäußerten Vermutungen erfolgt nicht.

*Struktur C:* Ausgehend von einer Frage werden Vermutungen/Hypothesen aufgestellt, die es zu testen gilt. Als Verknüpfung zwischen Hypothese und Experiment dient die Formulierung einer operationalisierten Hypothese bzw. Voraussage an das Experiment als herausgelöster Zwischenschritt. Das Experiment zur Überprüfung der Vorhersage wird vorgegeben oder auch zu Teilen im gelenkten Unterrichtsgespräch geplant. Wie bei Struktur A und B wird der herbeigeführte Effekt gedeutet. Es folgen ein expliziter Rückbezug zur Hypothese und die Formulierung einer Antwort auf die eingangs gestellte Frage.

Die Struktur C weist demnach einen besonderen didaktischen Zwischenschritt auf, indem eine operationalisierte Hypothese bzw. Voraussage an das Experiment und damit eine Prognose als experimentell prüfbar Vorhersage angesteuert wird. Durch diese Vorhersage werden sinnlich wahrnehmbare und messbare Beobachtungserwartungen an das Experiment

beschrieben. Dieser didaktische Zwischenschritt nimmt laut Aussagen der Probanden mehrere Funktionen ein. Zunächst dient er als logische Verknüpfung zwischen den Vermutungen/ Hypothesen und dem daraufhin geplanten/durchgeführten Experiment. Es werde dadurch besonders deutlich, warum ein bestimmter experimenteller Ansatz gewählt wird, um die Vermutungen/Hypothesen zu überprüfen. Des Weiteren berichten die befragten Lehrkräfte über den Vorteil, dass die Beobachtungen von den Schülern beim Experimentieren fokussierter wahrgenommen werden. In der Auswertungsphase können die Schüler den Probanden zufolge leichter Schlussfolgerungen ziehen, indem sie ihre gewonnenen Versuchsergebnisse mit den zuvor aufgestellten Vorhersagen vergleichen.

Ähnliche Strukturen wie A, B und C wurden auch im Rahmen einer Videostudie experimentellen Unterrichts beschrieben (Kizil & Kattmann, 2013). Hier wird von hypothesengeleitetem, fragegeleitetem und effektgeleitetem, experimentellen Unterricht gesprochen und die vielfältige Bedeutung einer Prognose als experimentell prüfbare Vorhersage hervorgehoben. Dieser Zwischenschritt als Prognose wird u. a. in fachdidaktischen und wissenschaftstheoretischen Aufsätzen zur Beschreibung der experimentellen Methode ebenfalls als operativer Zwischenschritt berücksichtigt (Parthey & Wahl, 1966; Rossa, 1975). Im forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahren findet sich eine Prognosenformulierung lediglich im Spezialfall des deduktiven Vorgehens mit Bestätigungsexperiment. In der Lehrerbildung und der Anwendung des eben genannten Planungsprinzips finden sich solche prognostizierenden Vorhersagen jedoch in der Regel nicht explizit wieder und sind nach unseren Ergebnissen den Lehrkräften auch nicht bewusst. Dieser Zwischenschritt wurde von den Lehrkräften für die Steuerung der Lehr-Lern-Prozesse als wertvoll erachtet. Im Sinne der didaktischen Rekonstruktion soll er nun genutzt werden, um bestehende Vorschläge zur konzeptionellen Einbettung von Experimenten gezielt zu ergänzen.

#### Literatur

- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., & Unger, C. (2007). An experiment is when you try 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), S. 514–529.
- Parchmann, I., Bündler, W., Demuth, R., Freienberg, J., Klüter, R., & Ralle, B. (2006). Lernlinien zur Verknüpfung von Kontextlernen und Kompetenzentwicklung. *Chemkon*, 13(3), 124-131.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open Univ. Press.
- Hase, M. (2013). Analyse von Unterrichtsverläufen experimenteller Stunden im Hinblick auf die Erkenntnisgewinnung. Masterarbeit in der Didaktik der Chemie, Universität Oldenburg.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht*, 57(4), 196-203.
- Kizil, A.; Kattmann, U. (2013). Ein neues Design fürs Experimentieren. In M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign* (S. 187-201). Münster: Waxmann Verlag.
- Komorek, M., Fischer, A., & Moschner, B. (2013). Fachdidaktische Strukturierung als Grundlage für Unterrichtsdesigns. In M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign* (S. 187-201). Münster: Waxmann Verlag.
- Krüger, D., & Gropengießer, H. (2006). Hau(p)tsache Atmung. Beim experimentieren wissenschaftlich Denken lernen. *MNU*, 59(3), 169-176.
- Pfeifer, P. (2003). Was heißt "naturwissenschaftliches Arbeiten"? *Unterricht Chemie*, 14(76/77), 7-11.
- Prenzel, M., & Parchmann, I. (2003). Kompetenz entwickeln. Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. *Unterricht Chemie*, 14(76/77), 15-17.
- Meyer, K., & Carlisle, R. (2007). Children as experimenters. *International Journal of Science Education*, 18(2), 231-248.
- Rossa, E. (1975). *Methodik Chemieunterricht*. Berlin: Volkseigener Verlag.
- Schmidkunz, H., & Lindemann, H. (1976). *Das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. München: List Verlag.
- Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51-69.

## Der Einfluss der professionellen Kompetenz auf die Qualität der Skripte

### Theoretischer Hintergrund

Die professionelle Kompetenz von Lehrpersonen wird als wesentlicher Einflussfaktor auf die Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schülern angesehen (Hattie, 2010). Dabei wird angenommen, dass speziell das Professionswissen die Unterrichtsqualität beeinflusst (Baumert, 2010). Allerdings wird auch davon ausgegangen, dass unmittelbare Entscheidungen im komplexen Handlungsgeschehen des Unterrichts weniger auf dem Professionswissen basieren, sondern vielmehr auf Handlungsrouninen - so genannten Skripten (Borko & Livingston, 1989). Im besten Fall sollten Lehrpersonen diese Skripte auf Basis des Professionswissens entwickeln. Eine Gelegenheit zur bewussten Überführung des Professionswissens in Skripte ist die Unterrichtsplanung. Während der Unterrichtsplanung reflektieren Lehrpersonen ihr Professionswissen zusammen mit ihren Überzeugungen, ihrer Motivation und ihren selbstregulativen Fähigkeiten (Shavelson & Stern, 1981). Der angenommene Transformationsprozess der Unterrichtsplanung ist dargestellt in Abb. 1.

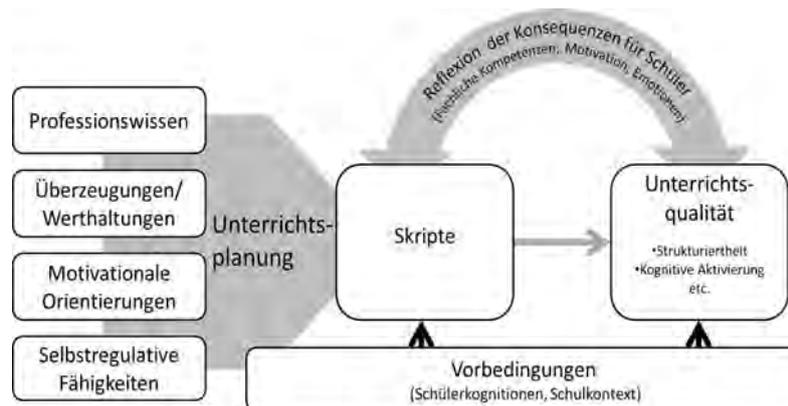


Abb. 1: Das Transformationsmodell der Unterrichtsplanung

Skripte müssen formale und funktionale Kriterien erfüllen, um routiniertes Handeln unterstützen zu können und um zu einer hohen Unterrichtsqualität zu führen. Formale Kriterien charakterisieren wie routiniert ein Lehrer im komplexen Unterrichtsgeschehen handeln kann. Die Skripte von routinierten Lehrern sind einfacher abzurufen, zeigen hohe Abhängigkeiten zwischen Planungsbereichen und sind konkreter (Borko & Livingston, 1989; Zahorik, 1975). Funktionale Merkmale stehen in einem engen Zusammenhang mit der Unterrichtsqualität. So sollten Skripte angepasst sein an Vorbedingungen (Vorwissen der Schüler, Schulkontext) (Shavelson & Stern, 1981). Weiterhin sollten die Entscheidungen für die Unterrichtsstunde kohärent sein und eine kognitive Aktivierung der Schülerinnen und Schüler ermöglichen. Bislang ist allerdings unklar, inwieweit die Qualität von Skripten, die durch diese Kriterien bestimmt wird, von Aspekten der professionellen Kompetenz abhängen. Im Rahmen der hier vorgestellten Studie stellen wir deshalb folgende konkrete Forschungsfrage: Inwieweit beeinflussen die Aspekte der professionellen Kompetenz die Qualität der Skripte?

### Design und Methode

Der Einfluss der professionellen Kompetenz auf die Qualität der Skripte wurde in einer Online-Befragung untersucht. Daran nahmen Studenten/-innen, Referendar/-innen und Lehrpersonen (N=148) teil. Die professionelle Kompetenz wurde mit bereits vorliegenden Skalen gemessen: Fachwissen (Hestenes, Wells & Swackhammer, 1992;  $\alpha=0.68$ ), fachdidaktisches Wissen (Kröger, Petersen & Neumann, 2012;  $\alpha=0.67$ ), Werthaltungen Unterrichtsplanung (Lipowsky, Rakoczy, Buff & Klieme, 2005;  $\alpha=0.79$ ), Selbstwirksamkeit (Baumert, 2009;  $\alpha=0.72$ ), Enthusiasmus (Baumert, 2009;  $\alpha=0.74$ ), konstruktivistische Überzeugungen (Seidel, Prenzel, Duit & Lehrke, 2006;  $\alpha=0.78$ ) und selbstregulative Fähigkeiten (Schwarzer & Jerusalem, 1999;  $\alpha=0.79$ ). Die Qualität der Skripte wurde mit einem selbstentwickelten Instrument erfasst, das Planungsvignetten und ein adaptives Testungsverfahren nutzt. Alle Planungsvignetten fokussieren auf die Unterrichtsplanung für die Mechanik der 9. Jahrgangsstufe. Nach jeder Planungsvignette mussten die Probanden angeben, in welchem Planungsbereich (z.B. Inhalte, Lernziele, Experimente...) sie eine Entscheidung treffen würden und ob ihnen für diesen Bereich direkt etwas eingefallen ist, was sie im Unterricht umsetzen wollen. Damit wurde die Abrufbarkeit erfasst. Anschließend wurden die Probanden gebeten, anzugeben, was ihnen konkret eingefallen ist. Hierzu wurden Fragen mit einem offenen Antwortformat eingesetzt. Im nächsten Schritt wurde gefragt, ob Entscheidungen in diesem Planungsbereich von Entscheidungen in anderen Planungsbereichen abhängen würden. Falls dies der Fall ist, sollten die Probanden zusätzlich angeben, welcher Planungsbereich von dem erst genannten Planungsbereich abhängt und ob ihnen für den abhängigen Planungsbereich spontan etwas eingefallen ist. Damit wurde die Abhängigkeit erfasst. Danach hatten die Probanden die Möglichkeit konkret zu benennen, was ihnen eingefallen ist. Hierzu wurden wiederum Fragen mit einem offenen Antwortformat eingesetzt. Alle Antworten auf die Fragen mit offenen Antwortformaten dienten dazu, die Konkrettheit, die Angepasstheit, die Kohärenz und die kognitive Aktivierung der Skripte zu erfassen. Hierzu wurde ein Rating eingesetzt, um zu beurteilen, inwieweit das jeweilige Merkmal bei der Antwort zutrifft. Die Beurteilerübereinstimmungen beim Rating für Konkrettheit ( $\kappa=0.64$ ), Angepasstheit ( $\kappa=0.71$ ), Kohärenz ( $\kappa=0.66$ ) und kognitive Aktivierung ( $\kappa=0.66$ ) liegen in akzeptablen bis guten Bereichen (Wirtz, 2002). Die Reliabilitäten der Skalen für die Erfassung der Qualität der Skripte können als akzeptabel betrachtet werden: Abrufbarkeit ( $\alpha=0.76$ ), Abhängigkeit ( $\alpha=0.63$ ), Konkrettheit ( $\alpha=0.62$ ), Angepasstheit ( $\alpha=0.69$ ), Kohärenz ( $\alpha=0.62$ ) und kognitive Aktivierung ( $\alpha=0.70$ ).

### Ergebnisse

Um zu untersuchen, inwieweit die professionelle Kompetenz die Qualität der Skripte beeinflusst, wurden Strukturgleichungsmodelle (SEM) eingesetzt. Dabei wurde angenommen, dass alle gemessenen Merkmale der Lehrperson manifeste Indikatoren des latenten Faktors der professionellen Kompetenz bilden. Gleichzeitig wurde angenommen, dass die Qualität der Skripte durch formale und funktionale Merkmale der Skripte repräsentiert wird. Dieses ursprüngliche Modell zeigte einen inakzeptablen Fit ( $\chi^2(64)=84.75$ ,  $p=0.04$ ; CFI=0.83; TLI=0.79; RMSEA=0.046; SRMR=0.09). Als Konsequenz daraus wurden alle nicht signifikanten Pfade nacheinander entfernt. Gleichzeitig zeigte sich ein starker direkter Effekt zwischen dem Enthusiasmus und der Qualität der Skripte ( $\beta=0.41$ ,  $p<0.005$ ). Deswegen wurde ein direkter Pfad zwischen dem Enthusiasmus und der Abrufbarkeit von Skripten in das Modell eingefügt. Der Fit des resultierenden Modells ist sehr gut ( $\chi^2(25)=25.23$   $p=0.45$ ; CFI=0.99; TLI=0.99; RMSEA=0.01; SRMR=0.07). Die Ergebnisse des SEM-Modells, das auf diesen Restriktionen basiert, sind in Abb. 2 dargestellt.

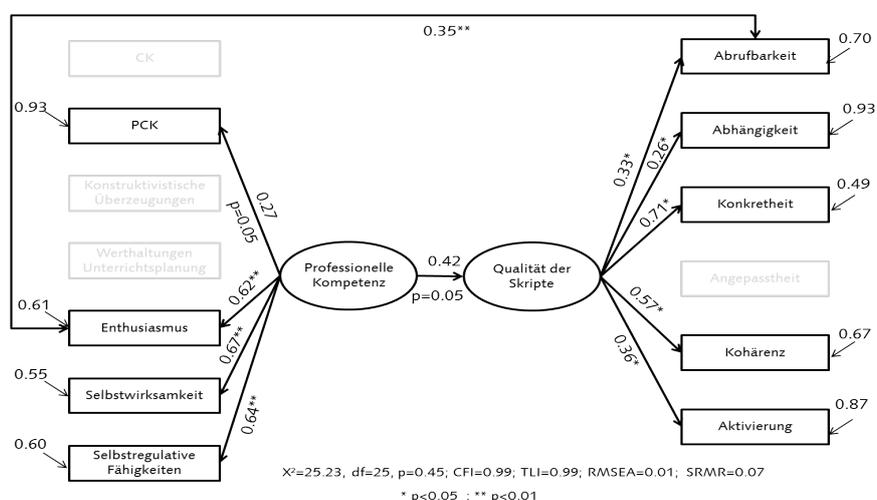


Abb. 2: SEM Modell: Einfluss der professionellen Kompetenz auf die Qualität der Skripte

### Diskussion

Im Rahmen der hier vorgestellten Studie wurde untersucht, inwieweit die professionelle Kompetenz die Qualität der durch die Unterrichtsplanung entwickelten Skripte beeinflusst. Die Ergebnisse zeigen, dass Aspekte der professionellen Kompetenz und die Qualität der Skripte mit den in dieser Studie eingesetzten Instrumenten reliable und valide erfasst werden konnten. Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass die Qualität der Skripte von der professionellen Kompetenz abhängt. Dabei wird die professionelle Kompetenz vor allem durch die Motivation, die Selbstwirksamkeit und die selbstregulativen Fähigkeiten einer Lehrperson gebildet. Nur ein geringer Anteil bildet das fachdidaktische Wissen.

### Literatur

- Baumert, J. (2009). Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente. Berlin: Max-Planck-Inst. für Bildungsforschung.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., et al. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180.
- Borko, H., & Livingston, C. (1989). Cognition and Improvisation: Differences in Mathematic Instruction by Expert and Novice Teachers. *American Educational Research Journal*, 26(4), 473–498.
- Hattie, J. A. C. (2010). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement* (Reprinted.). London: Routledge.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141–158.
- Lipowsky, F., Rakoczy, K., Buff, A., & Klieme, E. (2005). Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis". Frankfurt am Main: DIPF.
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (1999). Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen: Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen. Berlin: R. Schwarzer.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., & Lehrke, M. (2006). Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“. Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Shavelson, R. J., & Stern, P. (1981). Research on Teachers' Pedagogical Thoughts, Judgments, Decisions, and Behavior. *Review of Educational Research*, 51(4), 455–498.
- Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität: Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen. Göttingen: Hogrefe.
- Zahorik, J. A. (1975). Teachers' planning models. *Educational Leadership*, 33(2), 134–139.

Rainer Wackermann<sup>1</sup>  
 Silke Grafe<sup>2</sup>  
 Markus Kuhlmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ruhr-Universität Bochum  
<sup>2</sup>Julius-Maximilians-Universität Würzburg

## **Videobasierte Reflexion von Physikunterricht aus interdisziplinärer Perspektive**

### **Einleitung, Hintergrund und Forschungsziel**

Lernprozessanregende Aufgaben spielen für die Qualität von Unterricht eine bedeutsame Rolle (vgl. z. B. Blömeke, Risse, Müller, Eichler & Schulz, 2006). Die Fähigkeit, das lernprozessanregende Potenzial von Aufgaben einschätzen zu können, ist daher bedeutsam für professionelles Lehrerhandeln im Kompetenzbereich Unterrichten und sollte bereits in der ersten Phase der Lehrerbildung entwickelt und gefördert werden (vgl. KMK, 2004). Die hier berichtete Arbeit hat zum Ziel, diese Fähigkeit bei Lehramtsstudierenden mit dem Fach Physik zu fördern. Dazu wird im Rahmen der vorliegenden Studie theoriegeleitet ein Seminarkonzept für Lehramtsstudierende mit dem Unterrichtsfach Physik im Master of Education zur Förderung der Fähigkeit zur Analyse lernprozessanregender Aufgaben entwickelt und empirisch hinsichtlich der Zielerreichung evaluiert. Die leitenden Forschungsfragen lauten:

- Wie sollte auf der Basis theoretischer und empirischer Annahmen ein Seminarkonzept für Studierende der Didaktik Physik im Master of Education zur Förderung der Fähigkeit zur Analyse lernprozessanregender Aufgaben gestaltet sein?
- Welche Lernergebnisse und möglichen Nebenwirkungen lassen sich beim Einsatz des Seminarkonzepts feststellen?

### **Theoretischer und empirischer Rahmen sowie lehr- und lerntheoretische Annahmen**

Als ein Modell zur Analyse der Qualität von Aufgaben aus didaktischer Sicht wird ein allgemeines Modell von Blömeke et al. (2006) verwendet (vgl. dazu auch Tulodziecki, Herzig & Blömeke, 2009). Didaktische Merkmale hoher Aufgabenqualität lassen sich demnach in neun Kategorien fassen. Für diese Pilotstudie wurden die folgenden sechs Merkmale ausgewählt (z.T. eigene Formulierung):

- Herstellen von Bezügen zur Erfahrungs- und Vorstellungswelt der Lernenden
- Aufgabe spiegelt hinreichend komplexe Anwendungssituationen (Kontext) wider
- Ansprache von Interessen der Schülerinnen und Schüler
- Ansprache eines Bedürfnisses der Schülerinnen und Schüler (z. B. nach Maslow)
- Exemplarische Erschließung eines gesellschaftlich relevanten Bildungsinhalts
- Förderung genereller intellektueller Fähigkeiten

Es wird dabei davon ausgegangen, dass diese allgemeinen Merkmale von Aufgabenqualität auch für das Fach Physik relevant sind.

Im Sinne der Forschungsmethodik einer praxis- und theorieorientierten Entwicklung und Evaluation von Konzepten für pädagogisches Handeln (vgl. Tulodziecki, Grafe & Herzig 2013) wurden die Merkmale des entwickelten Seminarkonzepts theorie- und empiriebasiert hergeleitet. Zentral sind diesbezüglich strukturierte Reflexionen von digitalen Videovignetten mit Beschreibung, Analyse und Entwicklung von Handlungsalternativen (vgl. Herzig, Grafe & Reinhold 2005; Nicolas, 2013) und Moodle als digitaler Lernplattform mit Nutzung von Lektionen, Wikis und Streaming-Videos (vgl. z.B. Höbarth 2007). Dieses Blended-Learning-Konzept für kooperatives interdisziplinäres Lernen kam in zwei physikdidaktischen Präsenzsitzungen und in drei interdisziplinären Präsenzsitzungen mit Studierenden eines erziehungswissenschaftlichen Seminars zum Einsatz sowie in Form zusätzlicher Übungen zur Analyse von Videovignetten. Weiterhin erfolgte eine Verzahnung von Theorie und Praxis durch Einbezug einer videographierten Lehrperson, die in einer der interdisziplinären

nären Präsenzsitzungen anwesend war sowie an der virtuellen Diskussion teilnahm. Auf der Basis dieser Merkmale kann als Zusammenfassung einer lehr- und einer lerntheoretischen Annahme der folgende Voraussetzung-Ziel-Mittel-Satz formuliert werden:

Um das Ziel zu erreichen, dass Studierende der Didaktik der Physik – die als Voraussetzung eine geringe Fähigkeit aufweisen, die Qualität von Aufgaben einschätzen zu können – nach dem Seminarkonzept die Fähigkeit weiterentwickelt haben, die Qualität von Aufgaben einschätzen zu können, sind folgende Lernaktivitäten ein geeignetes Mittel: Kooperative, strukturierte Reflexion von Videovignetten aus dem Physikunterricht unter Nutzung einer digitalen Lernumgebung (Wikis, Lektionenordner, Videostreaming) und unter Einbezug einer Physiklehrkraft. Um die Lernaktivitäten zu entwickeln, werden folgende Lehrhandlungen als notwendig erachtet: Konfrontation mit Videovignetten unterschiedlicher Ausprägung an Aufgabenqualität, Bereitstellung einer digitalen Lernumgebung für asynchronen Austausch; Moderation von fachbezogenen und interdisziplinären Präsenzdiskussionen.

### **Untersuchungsdesign und Untersuchungsinstrumente**

Durchgeführt wurde eine Untersuchung mit quasi-experimentellem Prä-Posttestdesign mit Gelegenheitsstichprobe und nicht-äquivalenter Kontrollgruppe. Die Interventionsgruppe besteht aus Studierenden des Seminars „Vorbereitung des Schulpraktikums Physik“ an der Ruhr-Universität Bochum (n = 8, drei weiblich, fünf männlich, Studiengang Master of Education, Lehramt Gymnasium und Gesamtschule). Als Kontrollgruppe dienen Studierende der Veranstaltung „Planung und Gestaltung von Physikunterricht“ an der Universität Duisburg-Essen (n = 8, drei weiblich, fünf männlich, vorwiegend Studiengang Lehramt GHR im Hauptstudium). Die Intervention wurde im Sommersemester 2013 durchgeführt.

Die Fähigkeit der Studierenden, lernprozessanregende Merkmale von Aufgaben einschätzen zu können, wird operationalisiert als mittlere, absolute Differenz zu einer Experteneinschätzung. Gemessen wird an einem selbst entwickelten Instrument, welches aus sechs Videovignetten und jeweiliger Single-Item-Einschätzung (4er Likert-Skala) von sechs ausgewählten Kriterien nach Blömeke et al. (2006) besteht. Zur Verwendung kommen Vignetten von Physikunterricht der Mittel- und Oberstufe, je 2-7 Minuten lang, viermal mit lernprozessanregender Aufgabenstellung und zweimal mit Vernetzungsaufgabenstellung zum Ende eines Lernprozesses. Die Vignetten weisen verschiedene Ausprägungen in der Aufgabenqualität auf. Die Experteneinschätzung stammt von den beiden Hauptautoren dieses Beitrags. Bezüglich der Reliabilität lieferte eine unabhängige Einschätzung der Merkmale der Vignetten durch beide Experten eine Interraterübereinstimmung von 89% bzw. Kendalls  $\tau=0,96$ . Eine Reliabilitätsprüfung auf Seiten der Testteilnehmer ist auf Grund vignettenspezifischer Ausprägung der Untersuchungsmerkmale nicht möglich. Eine zusätzliche Kodierung der Vignetten nach dem Tiefenstrukturinstrument von Trendel, Wackermann & Fischer (2007) liefert eine positive Korrelation von  $r>0,8$  zwischen Merkmalsausprägung und mittlerer Umsetzungsstufe in der Vignette und kann als externe Validierung angesehen werden.

### **Erste Ergebnisse**

Zum Zeitpunkt des Prätests weisen die Studierenden der Interventionsgruppe eine mittlere Abweichung von 1,05 und die Studierenden der Kontrollgruppe eine mittlere Abweichung von 0,90 von der Experteneinschätzung auf (4er Likert-Skala, siehe Untersuchungsdesign und -instrumente bzw. Tab. 1). Damit unterscheiden sich die beiden Untersuchungsgruppen nicht signifikant voneinander in Bezug auf die Abweichung von der Musterlösung, d. h. der Fähigkeit, lernprozessanregende Merkmale von Aufgaben einschätzen zu können. Zum Zeitpunkt des Posttests zeigen die Studierenden der Interventionsgruppe eine geringere Abweichung von der Expertenlösung von im Mittel 0,67 bei gleichzeitig verringerter Standardabweichung, während sich bei den Studierenden in der Kontrollgruppe keine Veränderungen zeigten. T-Tests und U-Tests auf Unterschiede zwischen Vor- und Nachtest werden

nur für die Interventionsgruppe signifikant mit hoher Effektstärke ( $t(7)=4,7$ ;  $p<0,5$ ;  $d=2,7$ ). Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse in der Übersicht.

*Tab. 1: Die Fähigkeit von Studierenden zur Einschätzung lernprozessanregender Aufgabenmerkmale als mittlere Abweichung zur Experteneinschätzung (4er Likert-Skala)*

	Mittlere Abweichung zur Experteneinschätzung im Vortest	Mittlere Abweichung zur Experteneinschätzung im Nachtest
IG	1,05 ± 0,17	0,67 ± 0,11
KG	0,90 ± 0,21	0,89 ± 0,21

Eine explorative Prozessevaluation der Videoaufzeichnungen der Seminarstunden sowie der Wiki-Beiträge zeigt, dass die interdisziplinären Diskussionen zwischen den Studierenden der Didaktik der Physik und den Studierenden des erziehungswissenschaftlichen Seminars mit Interesse und Engagement geführt wurden. Dabei nahmen die Studierenden ohne naturwissenschaftliche Fächer in den Diskussionen eher die Perspektive von Schülerinnen und Schülern ein und leisteten insbesondere kritische Beiträge hinsichtlich der Bedeutsamkeit der Aufgaben, sinnvoller Anwendungssituationen, sowie der Ansprache von Interessen und Bedürfnissen der Schülerinnen und Schüler. Die ebenfalls angestrebte Entwicklung von Handlungsalternativen stellte für alle Studierenden eine große Herausforderung dar.

### Fazit und Diskussion

Die Ergebnisse dieser Pilotstudie zeigen, dass die Förderung der Fähigkeit zur Analyse von Aufgabenqualität mit Hilfe des entwickelten Seminarkonzepts möglich ist. Allerdings wäre eine Durchführung mit größerer (Zufalls-)Stichprobe notwendig, um generalisierbare Aussagen zu ermöglichen. Wünschenswert wäre darüber hinaus der Einbezug weiterer Qualitätsmerkmale von Aufgaben. Der Einfluss einzelner Merkmale des Seminarkonzepts ist mit diesem Design nicht feststellbar. Aber die genaue Beschreibung der Lernvoraussetzungen sowie der Lehr- und Lernaktivitäten des entwickelten pädagogischen Konzepts videobasierter, interdisziplinärer Reflexion von Aufgaben im Physikunterricht soll eine Replikation ermöglichen.

### Literatur

- Blömeke, S., Risse, J., Müller, C., Eichler, D., & Schulz, W. (2006). Analyse der Qualität von Aufgaben aus didaktischer und fachlicher Sicht. *Unterrichtswissenschaft*, 34(4), 330-356.
- Herzig, B., Grafe, S., & Reinhold, P. (2005). Reflexives Lernen mit digitalen Videos. Ein Beitrag zur didaktischen Bearbeitung des Theorie-Praxis-Verhältnisses in der Lehrerbildung. In M. Welzel & H. Stadler (Hrsg.), *Nimm' doch mal die Kamera! Zur Nutzung von Videos in der Lehrerbildung - Beispiele und Empfehlungen aus den Naturwissenschaften* (S. 45-64). Münster u.a.: Waxmann.
- Höbarth, U. (2007). *Konstruktivistisches Lernen mit Moodle*. Boitzenburg: Hülsbusch.
- Kleinknecht, M., & Schneider, J. (in press, 2013). What do teachers think and how do they feel when they analyze videos of themselves teaching and of other teachers teaching? *Teaching and Teacher Education*.
- KMK (2004). Standards für die Lehrerbildung. Beschluss der KMK vom 16.12.2004.
- Nicolas, Michael (2013). *Allgemeine Unterrichtsprinzipien im Kontext professionellen Lehrerhandelns. Entwicklung und Evaluation eines didaktischen Designs zur Steigerung der Reflexionskompetenz im Lehramtsstudium*. München: AVM Verlag
- Seidel, T., Stürmer, K., Blomberg, G., Kobarg, M., & Schwindt, K. (2011). Teacher learning from analysis of videotaped classroom situations: does it make a difference whether teachers observe their own teaching or that of others? *Teaching and Teacher Education*, 27, 259-267.
- Trendel, G., Wackermann, R., & Fischer, H. (2007). Lernprozessorientierte Lehrerfortbildung in Physik. *ZfDN*, 13, 9-31.
- Tulodziecki, G., Herzig, B., & Blömeke, S. (2009). *Gestaltung von Unterricht*. Bad Heilbrunn/Stuttgart: Klinkhardt/UTB.
- Tulodziecki, G., Grafe, S., & Herzig, B. (2013). *Gestaltungsorientierte Bildungsforschung und Didaktik. Theorie – Empirie – Praxis*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

## Entwicklungsprozesse während der zweiten Phase der Lehrerausbildung

### Ausgangslage

Die Lehrkraft mit ihrer professionellen Kompetenz ist ein zentraler Bedingungsfaktor für die Schülerleistung (Hascher, 2011). Vor diesem Hintergrund rücken seit einigen Jahren, auch angetrieben durch internationale Vergleichsuntersuchungen wie PIRLS, TIMSS und PISA die professionelle Kompetenz von Lehrkräften und ihre Ausbildung stärker in den Fokus der empirischen Bildungsforschung (Blömeke, 2011). In Deutschland untergliedert sich die Lehrerausbildung in drei Phasen: Studium, Vorbereitungsdienst sowie Fort- und Weiterbildung im Schuldienst (KMK, 2012). Dieser Beitrag nimmt die zweite Ausbildungsphase, den Vorbereitungsdienst, in den Fokus, beschreibt seine Wirksamkeit und umreißt ein Forschungsprojekt, das sich mit der Entwicklung der Qualität der Planung, Durchführung und Reflexion von Sachunterricht im Verlauf des Vorbereitungsdienstes beschäftigt (vgl. auch Hasenkamp, Windt & Rumann in diesem Band).

### Wirksamkeit des Vorbereitungsdienstes

Bislang beschäftigen sich nur wenige Studien mit der Wirksamkeit des Vorbereitungsdienstes. Davon beruft sich die Mehrzahl auf das Modell der professionellen Handlungskompetenz aus der COACTIV-Studie (z. B. Krauss et al., 2004). Demnach setzt sich die professionelle Handlungskompetenz zusammen aus den Überzeugungen und Werthaltungen einer Lehrkraft, ihren motivationalen Orientierungen, ihren selbstregulativen Fähigkeiten und ihrem Professionswissen. Letzteres untergliedert sich in diesem Modell wiederum in pädagogisches Wissen, Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, Organisations- und Beratungswissen.

Verschiedene Studien untersuchen, wie sich einzelne Aspekte der professionellen Handlungskompetenz über den Verlauf des Vorbereitungsdienstes verändern. Die Studie von Borowski, Olschewski und Fischer (2010) nimmt z. B. in den Blick, wie das fachdidaktische Wissen von Lehrkräften im Vorbereitungsdienst aus Gymnasium und Gesamtschule im Fach Physik ausgeprägt ist. Die Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst mit viel Unterrichtserfahrung wiesen ein signifikant höheres fachdidaktisches Wissen auf als jene mit wenig und mittlerer Unterrichtserfahrung, was für einen Anstieg über den Verlauf des Vorbereitungsdienstes spricht. Auch das Fachwissen (Mutke & Tepner, 2013) und das Wissen über Klassenführung (Voss, 2010) steigen im Verlauf des Vorbereitungsdienstes signifikant an. Dies gilt aber nicht für alle Aspekte der professionellen Handlungskompetenz. So ließ sich z. B. keine Entwicklung im Bereich der lerntheoretischen Überzeugungen nachweisen (Voss, 2010). Der Vorbereitungsdienst ist also hinsichtlich der Entwicklung unterschiedlicher Aspekte der professionellen Handlungskompetenz wirksam.

Andere Studien gleichen einzelne Aspekte der professionellen Handlungskompetenz angehende Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst mit der Performanz ihres professionellen Handelns ab. Vogelsang und Reinhold (2013) erhoben z. B. das Professionswissen von Lehrkräften im Vorbereitungsdienst und Studierenden, ihre Überzeugungen und Werthaltungen, ihre motivationalen Orientierungen und zusätzlich die Qualität ihres Unterrichts in den Facetten *Motivierung, kognitive Aktivierung, Strukturierung, Adaptivität, Klassenführung* und *Umgang mit Experimenten*. Signifikante Korrelationen zwischen Aspekten der professionellen Handlungskompetenz und der Unterrichtsqualität ergaben sich ausschließlich zwischen dem pädagogischem Wissen und allen Dimensionen für die Unterrichtsqualität außer der Adaptivität. Dieses Ergebnis zeigt, dass hinsichtlich der Passung zwischen der Operationalisierung

der professionellen Handlungskompetenz und der Unterrichtsqualität noch weitere Forschung erforderlich ist.

Studien, die die Entwicklung der Performanz professionellen Handelns von angehenden Lehrkräften im Vorbereitungsdienst in den Blick nehmen, sind gar nicht zu finden. Baer et al. (2011) untersuchten das professionelle Handeln von Studierenden der Primarstufe in der Schweiz. Diese Studie ist in diesem Kontext deswegen von Interesse, da es in der Schweiz keinen Vorbereitungsdienst gibt, sondern eine große Anzahl an Praxisphasen in das Studium integriert sind, deren Wirksamkeit Hinweise auf die Wirksamkeit des Vorbereitungsdienstes geben kann. Baer et al. erhoben das Wissen über das Planen von Unterricht und die Qualität des Unterrichts über den Verlauf der unterschiedlichen Praxisphasen. Beide Aspekte stiegen vom Anfang zum Ende des Studiums signifikant an mit mittleren Effektstärken. Es ist also zu vermuten, dass sich auch die Performanz professionellen Handelns über den Verlauf des Vorbereitungsdienstes entwickelt.

### **Fazit & Forschungsdesiderat**

Die dargelegten Studien zeigen, dass die Struktur professioneller Handlungskompetenz bereits stärker erforscht ist als ihre Entwicklung. Hinsichtlich der Entwicklung lässt sich festhalten, dass die Entwicklung der professionellen Handlungskompetenz als Disposition bereits stärker erforscht ist als die Performanz professionellen Handelns. Dies gilt insbesondere für die Entwicklung in der zweiten Phase der Lehrerbildung und für den Sachunterricht, für den bislang keine Studien vorliegen.

Daraus lassen sich verschiedene Forschungsdesiderata ableiten. Eines ist, dass die Entwicklung der Performanz professionellen Handelns in der zweiten Phase der Lehrerausbildung im Sachunterricht erforscht werden sollte.

### **Eigenes Forschungsprojekt**

Das Forschungsprojekt, das im Folgenden beschrieben ist, widmet sich genau diesem Forschungsdesiderat. Eine zentrale Kompetenz, die angehende Lehrkräfte in der zweiten Ausbildungsphase entwickeln müssen, ist das Unterrichten. Es untergliedert sich in Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht (MSW NRW, 2012). Für den Sachunterricht ist wie auch für viele andere Fächer weitgehend ungeklärt, wie die Entwicklung dieser Kompetenz verläuft und wie sie unterstützt werden sollte. Deswegen fokussiert das Projekt auf die Kompetenz des Unterrichtens.

#### *Ziele des Projektes*

Im Detail verfolgt das Projekt folgende Ziele:

- Entwicklung von drei Instrumenten zur Bewertung der Qualität der Planung, Durchführung und Reflexion von Sachunterricht
- Betrachtung von Entwicklungsverläufen angehender Lehrkräfte hinsichtlich der Qualität ihrer Planung, Durchführung und Reflexion von Sachunterricht über den Zeitraum der zweiten Phase der Lehrerausbildung
- Untersuchung der Abhängigkeiten zwischen der Qualität der Planung, Durchführung und Reflexion von Sachunterricht

#### *Methoden & Design*

Die Instrumente zur Bewertung der Qualität der Planung und der Durchführung von Sachunterricht wurden auf Grundlage der Merkmale für guten Unterricht (z. B. Helmke, 2004) erstellt und sachunterrichtsspezifisch ausdifferenziert. Im Sachunterricht muss zum Beispiel der Bildungsanspruch des Faches, „die jungen Menschen zu kompetentem Handeln in gegenwärtigen und zukünftigen Lebenssituationen zu befähigen“ (Kahlert, 2006, S. 544) einbezogen werden. Die Instrumente umfassen die Merkmale *Klassenführung, Klarheit und*

*Strukturiertheit, Angebotsvielfalt, Aktivierung, lernförderliches Klima und Umgang mit Heterogenität*, die jeweils in etwa 10 Facetten aufgefächert sind. Das Instrument zur Bewertung der Qualität der Reflexion befindet sich noch in der Entwicklung. Mit Hilfe der drei Instrumente lassen sich die Qualität der Planung, Durchführung und Reflexion von Sachunterricht bewerten, Entwicklungsverläufe angehender Lehrkräfte in den drei Bereichen verfolgen sowie Abhängigkeiten zwischen den drei Bereichen untersuchen.

Um Aussagen über die Entwicklungsverläufe treffen zu können, werden die angehenden Lehrkräfte längsschnittlich über die Zeit ihres Vorbereitungsdienstes verfolgt. In NRW, wo die Studie durchgeführt wird, dauert dieser derzeit 18 Monate. In dieser Zeit absolvieren die angehenden Lehrkräfte in jedem Fach fünf Unterrichtsbesuche. Der erste, dritte und fünfte Unterrichtsbesuch im Sachunterricht sollen als Messzeitpunkte dienen. Für die Analyse der Qualität der Sachunterrichtsplanung wird auf die schriftlichen Unterrichtsentwürfe zurückgegriffen, die die angehenden Lehrkräfte im Rahmen der Unterrichtsbesuche anfertigen. Um die Qualität der Durchführung des Sachunterrichts analysieren zu können, werden die Unterrichtsstunden videographiert. Audioaufnahmen der Reflexionsgespräche im Anschluss an diese Unterrichtsstunden ermöglichen Einsichten in die Qualität der Reflexion des Sachunterrichts.

Für die Untersuchung der Qualität der Sachunterrichtsplanung werden 75 angehende Lehrkräfte aus zwei Zentren für schulpraktische Lehrerausbildung, also den Studienseminaren, untersucht. Für die Untersuchung der Qualität der Durchführung und der Reflexion von Sachunterricht wird eine Substichprobe von 25 angehenden Lehrkräfte aus einem Zentrum für schulpraktische Lehrerausbildung herangezogen.

#### Literatur

- Baer, M., Kocher, M., Wyss, C., Guldemann, T., Larcher, S. & Dörr, G. (2011). Lehrerbildung und Praxiserfahrung im ersten Berufsjahr und ihre Wirkung auf die Unterrichtskompetenzen von Studierenden und jungen Lehrpersonen im Berufseinstieg. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 14(1), 85-117.
- Blömeke, S. (2011). Forschung zur Lehrerbildung im internationalen Vergleich. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 345-360). Münster: Waxmann.
- Borowski, A., Olschewski, J. & Fischer, H. (2010). Fachdidaktisches Wissen von Physikreferendaren. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, 63(5), 260-263.
- Hascher, T. (2011). Forschung zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 418-440). Münster: Waxmann.
- Helmke, A. (2004). *Unterrichtsqualität: Erfassen, Bewerten, Verbessern*. Seelze: Klett-Kallmeyer
- Kahlert, J. (2006). Sachunterricht. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Hrsg.), *Handbuch Unterricht* (S. 543-551). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., & Neubrand, M. (2004). COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischen Kompetenzen. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Die Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 31-53). Münster: Waxmann.
- Kultusministerkonferenz (2012). *Sachstand in der Lehrerbildung*. Berlin
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2012). *Kerncurriculum für die Ausbildung im Vorbereitungsdienst für Lehrämter in den Zentren für schulpraktische Lehrerausbildung und in den Ausbildungsschulen*. Düsseldorf.
- Mutke, S. & Tepner, O. (2013). Entwicklung des Professionswissens im Fach Chemie in den ersten sechs Monaten des Referendariats. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen* (S. 512-514). Kiel: IPN.
- Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2013). Die Rolle des universitären Wissens für das Unterrichtshandeln. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen* (S. 242-244). Kiel: IPN.
- Voss, T. (2010). *Generelles pädagogisch-psychologisches Wissen und lerntheoretische Überzeugungen von Lehrkräften als Aspekte der Lehrkompetenz*. Dissertation. Freie Universität Berlin.

## Entwicklung professionellen Wissens von Referendarinnen und Referendaren im Fach Chemie

### Theoretischer Hintergrund

In den letzten Jahren ist die Frage nach der Wirksamkeit der Lehrerbildung nicht nur in den bildungspolitischen, sondern insbesondere auch in den Fokus der empirischen Bildungsforschung gerückt. Kernanliegen der Lehrerbildung ist es, angehende Lehrkräfte auf die beruflichen Anforderungen vorzubereiten und ihnen anschlussfähiges fachwissenschaftliches, fachdidaktisches sowie pädagogisches Wissen zur eigenständigen Gestaltung von „Lern- und Bildungsprozessen“ zu vermitteln (KMK, 2008). Diese Aufgabe rückt gerade auch bedingt durch die Verkürzung des Referendariats in NRW von 24 auf 18 Monate neuerlich in den Vordergrund der Diskussion. Im *Modell der Determinanten und Konsequenzen der professionellen Kompetenz von Lehrkräften* heben Kunter et al. (2011) insbesondere die Bedeutung der (genutzten) Lerngelegenheiten für die Entwicklung der professionellen Kompetenz hervor. Dies wird für den Erwerb fachspezifischen Professionswissens in zahlreichen Arbeiten, z. B. im Kontext von COACTIV oder MT21, betont. In diesem Zusammenhang werden die Ausbildung im Studienseminar (Kleickmann et al., 2013), die vermehrt eigenständige Erteilung von Unterricht (Borowski et al., 2010) sowie „Learning from Teaching“ (De Jong & Van Driel, 2004) als Prädiktoren für die Entwicklung des Professionswissens genannt. Insgesamt ist die Befundlage hinsichtlich des Einflusses der zweiten Ausbildungsphase auf die Entwicklung des Professionswissens eher spärlich.

### Ziele der Arbeit

1. Erfassung der Entwicklung von chemiespezifischem Fachwissen (CK) und fachdidaktischen Wissen (PCK) im Referendariat
2. Untersuchung der Auswirkungen der Verkürzung des Referendariats zum November 2011 auf die Entwicklung des CK bzw. PCK im Referendariat
3. Untersuchung des Einflusses der Schulform, an der aktuell unterrichtet wird, auf den Erwerb von CK bzw. PCK im Referendariat

### Design und Methoden

Die eingesetzten Testinstrumente zur Erfassung des chemiespezifischen Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens (Dollny, 2011) wurden während der ersten Phase des ProWiN-Projekts (Tepner et al., 2012) entwickelt. Die Papier-Bleistift-Tests dienen dazu, den Wissensstand von nordrhein-westfälischen Chemiereferendaren<sup>1</sup> mit 24- bzw. 18-monatiger zweiter Ausbildungsphase im Längsschnitt zu messen (Abb. 1). Der Zeitraum zwischen den ersten beiden Messzeitpunkten entspricht hierbei der Phase des Ausbildungsunterrichts bis zum Beginn des eigenverantwortlichen, bedarfsdeckenden Unterrichts (Zeitraum zwischen

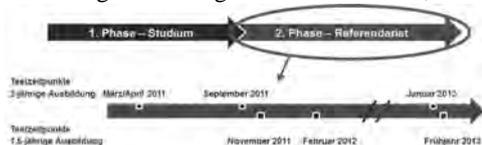


Abb. 1: Studiendesign

zweitem und drittem Messzeitpunkt). Um außerdem den Einfluss der Schulform zu untersuchen, werden in der Stichprobe zwei Gruppen unterschieden. Neben Referendaren mit einem gymnasialen (Sek. 2) Lehramtsstudium umfasst die Stichprobe

<sup>1</sup> Zu Gunsten der Lesbarkeit wird sowohl für die männliche als auch die weibliche Form im Folgenden das generische Maskulinum verwendet.

ebenfalls angehende Lehrkräfte mit einem nicht-gymnasialen Lehramtsstudium (Sek. 1).

Tab. 1: Klassifikation der Längsschnitt-Stichprobe

	Schulform	N	Alter (SD)	Geschlecht
1. Kohorte (2 Jahre)	Sek. 1	19	29.13 (5.64)	57.7% ♀
	Sek. 2	52	28.30 (2.60)	
2. Kohorte (1,5 Jahre)	Sek. 1	11	28.82 (5.06)	66.7% ♀
	Sek. 2	49	27.69 (2.38)	

Insgesamt haben an der Studie 205 angehende Lehrkräfte, die im Februar 2011 ihr Referendariat begonnen haben sowie 107 Referendare des Jahrgangs November 2011 teilgenommen. Statistische Grundlage für die folgenden Ergebnisse bilden allerdings nur diejenigen, von denen zu allen drei Messzeitpunkten Daten vorliegen. Tabelle 1 zeigt neben biographischen Charakteristika der Längsschnitt-Stichproben ebenfalls die Zusammensetzung der jeweiligen Kohorte nach Schulform.

### Ergebnisse

Für beide Wissensdimensionen wurden einfaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung berechnet. Mit Bezug auf Forschungsfrage 1 lassen sich für die Gesamtstichprobe über den Verlauf des Referendariats signifikante Zuwächse im Fachwissen ( $F(2, 258)=28.179$ ;  $p<.001$ ;  $\eta_p^2=.179$ ) mit einem großen Effekt berichten. Keine bedeutsamen Veränderungen zeigen sich in beiden Kohorten im fachdidaktischen Wissen. Unter Berücksichtigung der Kohorte als Zwischensubjektfaktor in Forschungsfrage 2 gehen die drei Messzeitpunkte als dreistufiger Faktor in die Berechnungen ein. Sowohl im Fachwissen als auch im fachdidaktischen Wissen zeigen sich keine bedeutsamen Effekte hinsichtlich der Länge des Referendariats, sodass sich auf Basis der quantitativen Analyse die Verkürzung des Referendariats nicht negativ auf die Entwicklung des Professionswissens auswirkt. Zur Evaluation des Einflusses der Schulform, an der aktuell unterrichtet wird, wird diese als Zwischensubjektfaktor in der Varianzanalyse berücksichtigt. Für die Beantwortung der Forschungsfrage 3 wurden beide Kohorten hinsichtlich der Entwicklungen des Professionswissens getrennt betrachtet. In den Tabellen 2 und 3 sind die mittleren prozentual erreichten Punkte im Test zum Fachwissen (Tab. 2) und zum fachdidaktischen Wissen (Tab. 3) sowie deren Standardabweichungen je Kohorte dargestellt. Die Ergebnisse des CK-Tests zeigen erwartungsgemäß für beide Kohorten einen höchst signifikanten Einfluss der Schulform mit mittleren bis starken Effekten zu Gunsten der Referendare mit gymnasialem Ausbildungshintergrund (1. Kohorte:  $F(1,69)=15.382$ ;  $p<.001$ ;  $\eta_p^2=.182$ ; 2. Kohorte:  $F(1,58)=20.581$ ;  $p<.001$ ;  $\eta_p^2=.262$ ). Dieser Effekt kann mit der höheren Anzahl an fachwissenschaftlichen Lerngelegenheiten während des Studiums erklärt werden.

Tab. 2: Ergebnisse des Tests zum Fachwissen

	Schulform	1. MZP	2. MZP	3. MZP
1. Kohorte	Sek. 1	48.82% (16.23)	49.18% (18.67)	50.64% (17.85)
	Sek. 2	63.53% (17.36)	66.25% (16.84)	68.77% (16.22)
2. Kohorte	Sek. 1	40.13% (15.29)	42.32% (14.96)	48.59% (13.75)
	Sek. 2	58.13% (15.05)	62.28% (15.35)	68.82% (12.69)

Hinsichtlich der Entwicklung des Fachwissens zeigt sich in der 1. Kohorte ausschließlich bei den gymnasialen Referendaren ein signifikanter Effekt des Messzeitpunkts ( $F(2, 102)=6.907$ ;  $p=.002$ ;  $\eta_p^2=.119$ ), während keine Veränderungen im Fachwissen der

nicht gymnasialen Referendare zu berichten ist. Im Gegensatz dazu zeigt sich über beide Gruppen der 2. Kohorte ein Gesamteffekt des Messzeitpunkts mit mittlerer Effektstärke  $F(2, 116)=12.754$ ;  $p<.001$ ;  $\eta_p^2=.180$ ). Bei den Ergebnissen zum PCK-Test (Tab. 3) lässt sich über beide Kohorten hinweg kein signifikanter Einfluss des Messzeitpunkts feststellen.

Tab. 3: Ergebnisse des Tests zum fachdidaktischen Wissen

	Schulform	1. MZP	2. MZP	3. MZP
1. Kohorte	Sek. 1	61.81% (7.23)	60.38 % (9.59)	61.81% (9.46)
	Sek. 2	65.80% (10.43)	65.85% (10.40)	66.66% (11.24)
2. Kohorte	Sek. 1	59.10% (9.77)	56.63 (15.74)	60.20% (11.97)
	Sek. 2	66.85% (8.77)	64.89% (9.07)	66.57% (10.12)

Überraschenderweise zeigt sich jedoch ein statistisch bedeutsamer Einfluss der Schulform (1. Kohorte:  $F(1, 69)=4.219$ ;  $p=.044$ ;  $\eta_p^2=.058$ ; 2. Kohorte:  $F(1, 58)=8.021$ ;  $p=.006$ ;  $\eta_p^2=.121$ ). Unter Einbezug des Fachwissens als Kovariate ist dieser Unterschied jedoch statistisch nicht mehr bedeutsam.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ein signifikanter Anstieg der mittleren Testleistung im Fachwissen gefunden wurde. Ebenfalls konnte der in der Literatur berichtete bedeutsame Effekt der Schulform repliziert werden (Baumert et al., 2010). Die Verkürzung des Referendariats von 24 auf 18 Monate hat quantitativ betrachtet keinen Einfluss auf die Entwicklung des Professionswissens. Hinsichtlich der nicht messbaren Veränderungen des fachdidaktischen Wissens liegt die Vermutung nahe, dass das Testinstrument möglicherweise eher das „theoretisch-formale Wissen“ (Fenstermacher, 1994; Baumert & Kunter, 2013) statt des ‚Handlungs-‘ bzw. ‚Reflexionswissens‘ („Practical Knowledge“) als Aspekte des PCK misst, das sich vermehrt im Referendariat entwickeln könnte. Ergänzend zu den quantitativen Daten sollen aus einer qualitativen Fallstudie einer Teilstichprobe (in Form von Unterrichtsvideos und leitfadengestützten Interviews) weitere Informationen zu Veränderungen speziell im Unterrichtshandeln der Chemiereferendare extrahiert werden.

#### Literatur

- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A. et al. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180.
- Borowski, A., Olszewski, J., Fischer, H.E. (2010). Fachdidaktischen Wissen von Physikreferendaren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 63(5), 260–263.
- De Jong, O.; van Driel, J. (2004). Exploring the development of student teachers' PCK of the multiple meanings of chemistry topics. In: *International Journal of Science and Mathematics Education* 2(4), 477–491.
- Dollny, S. (2011). Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften. Berlin: Logos Verlag.
- Fenstermacher, G. D. (1994). The knower and the known: The nature of knowledge in research on teaching. *Review of Research in Education* 20(1), 3–56.
- 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.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2008). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2013). – URL: [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) (Download: 23.09.2013).
- Tepner, O., Borowski, A., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., Leutner, D. et al. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7–28.

## Analyse der professionellen Kompetenz von Referendaren

### Einleitung

Durch die Möglichkeit des Quereinstiegs durchläuft nur noch ein Teil der künftigen Physiklehrkräfte die universitäre Phase der Lehrerbildung (Lamprecht, 2011). Welche Folgen dieser Umstand auf die „*professionelle Kompetenz*“ (Shulman, 1986; Baumert & Kunter, 2006) der künftigen Physiklehrkräfte besitzt, ist empirisch noch nicht ausreichend belegt. Im Projekt proΦ werden die Kompetenzunterschiede von 368 Physikreferendaren mit verschiedenen universitären Ausbildungswegen beschrieben:

- 153 Referendare mit einem gymnasialen Lehramtsstudium,
- 69 Referendare mit einem Haupt-, Real- und Gesamtschullehramtsstudium (HRGe),
- 74 Quereinsteiger im Referendariat mit einem Physikstudium,
- 72 Quereinsteiger im Referendariat mit einem Chemie- oder Ingenieurstudium.

### Messung der professionellen Kompetenz

Für diese Studie wurden zur Messung von Überzeugungen, fachdidaktischem und pädagogischem Wissen sowie Fachwissen Items und Aufgaben aus etablierten Instrumenten verwendet, um an die aktuelle, empirische Diskussion anzuschließen.

*Überzeugungen:* Maßgeblich für die Erfassung der professionellen Überzeugungen ist das Messinstrument von Fennema, Carpenter und Loef (1990). Die dort erfasste professionelle Überzeugung wurde von Staub und Stern (2002) als „*Cognitiv Constructivist Orientation*“ bezeichnet. Dieses Messinstrument ist im Rahmen der Erhebung der professionellen Überzeugungen ein zentraler Bestandteil vieler Studien geworden, wobei oft eine rezeptartige/transmissive und eine selbständige/konstruktivistische Subkategorie verwendet werden, die sich auf andere Instrumente übertragen lassen (Oettinghaus, Lamprecht, & Korneck, 2012). Hierdurch entsteht eine doppelte Verwendung des Konstruktivismus-Begriffs. Die selbständige/konstruktivistische Subkategorie erfasst die Überzeugung zur Schülerorientierung, die im Rahmen von proΦ „*Überzeugung zum selbständigen Lernen der Schüler*“ genannt wird. Die rezeptartige/transmissive Subkategorie hat für das Verständnis der Schüler eine wichtige Bedeutung (Dubberke, Kunter, McElvany, Brunner, & Baumert, 2008). Lehrkräfte, die sich nicht nur auf einen Lösungsweg oder eine Erklärung beschränken, erwarten, dass sich Schüler zwischen Lösungswegen entscheiden und verschiedene Erklärungsmodelle abwägen. Um diese Perspektive positiv zu betonen, wird in proΦ die rezeptartige/transmissive Skala umgepolt und „*Überzeugung zur fachlichen Variation im Unterricht*“ genannt. Die zwei Subkategorien haben theoretisch und empirisch eine komplexe Zusammenhangsstruktur, da ein verständnisorientierter Unterricht nur schwer ohne Schülerorientierung auskommen kann, jedoch ist das selbständige Lernen auch ohne Verständnisorientierung möglich (Carpenter, Fennema, Loef-Franke, & Levi, 2000).

*Professionswissen:* Eine Herausforderung bei der Messung und Interpretation des Professionswissens stellt das fachdidaktische Wissen dar. Für die Physikdidaktik wurde das Spektrum dieses Wissens detailliert dargestellt (Gramzow et al., 2013), jedoch bietet der Ansatz von Ball, Thames und Phelps (2008) einen für proΦ geeigneteres Raster, da Fachwissen und fachdidaktisches Wissen hier ineinander übergreifend betrachtet werden. Unter der Annahme, dass es ein „*fachliches Unterrichtswissen*“ gibt, das sich aus fachlichen und

fachdidaktischen Elementen zusammensetzt, misst der in proΦ verwendete Test zum „*fachdidaktischen Wissen*“ von Riese (2009), fachliche wie fachdidaktische Fähigkeiten. proΦ interpretiert das in diesem Test gemessene Wissen, in Anlehnung an Ball und Kollegen (2008) und von Riese abweichend, als eine Form des *fachlichen Unterrichtswissens*.

### Ergebnisse aus einem Strukturgleichungsmodell

Im Folgenden wird ein mehrdimensionales und multivariates Regressionsmodell ( $\chi/df=1.06$ ; RMSEA =.02; CFI= .99) berichtet, das vier Kompetenzmerkmale enthält und diese bezüglich der Referendargruppen mit verschiedenen Ausbildungswegen differenziert. In diesem Modell wurden noch keine Kontrollvariablen, wie Bundeslandunterschiede, aufgenommen. Die Abbildungen zeigen die aus einer Regressionsanalyse abgeleiteten Gruppenmittelwerte mit Standardfehlern. Die ausführliche methodische und inhaltliche Diskussion der Ergebnisse und Modelle wird demnächst veröffentlicht.

*Überzeugungen:* Abbildung 1 stellt die professionellen Überzeugungen der verschiedenen Referendargruppen zum *selbständigen Lernen* und zur *fachlichen Variation* dar. Die höchste Überzeugungsausprägung zum *selbständigen Lernen* zeigen die HRGe-Referendare, die im Mittel 15 Semesterwochenstunden (SWS) fachdidaktische und 28 SWS bildungswissenschaftliche Studienanteile haben. Die untersuchten Referendare mit einem gymnasialen Lehramtsstudium hingegen haben im Mittel nur 7 SWS Fachdidaktik und 8 SWS Bildungswissenschaften absolviert, was die etwas geringere Ausprägung erklärt. Das überraschend hohe Abschneiden der Chemikergruppe kann nicht durch Studienanteile erklärt werden.

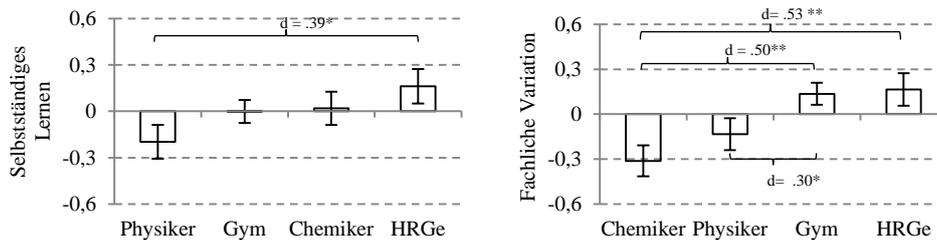


Abb. 1: Unterschiede in den professionellen Überzeugungen der Referendare<sup>1</sup>

Im Bereich der *Überzeugung zur fachlichen Variation im Unterricht* zeigen alle Referendargruppen erwartungskonforme Kompetenzausprägungen, die auf unterschiedliche fachdidaktische und fachliche Lerngelegenheiten zurückzuführen sind.

*Professionswissen:* Abbildung 2 zeigt das *pädagogische* und *fachliche Unterrichtswissen*, wobei Ersteres entsprechend der unterschiedlichen Studienanteile ausgebildet ist.

Der Test für das *fachliche Unterrichtswissen* misst stärker die fachliche als die fachdidaktische Fähigkeit, dementsprechend besitzen Physiker hohe Merkmalsausprägungen. Wird in weiterführenden Analysen das fachdidaktische Wissen vom Fachwissen separiert betrachtet<sup>2</sup>, zeigt sich, dass die Referendare beider Lehrämter und die Physiker ein

<sup>1</sup> Die normierte Standardabweichung der Skala ist eins und der Mittelwert gleich 0; d := Effektstärke nach Cohen, wobei für die Stichprobenvarianz die Residualvarianz des Regressionsmodells ( $\delta^2 = 1 - R^2$ ) verwendet wurde; d = .2 sind kleine Effekte; d = .5 sind mittlere Effekte; d = .8 sind große Effekte; \* := signifikante Unterschiede; \*\* := hoch signifikante Unterschiede;

<sup>2</sup> Der Testwert des *fachlichen Unterrichtswissens* wird im Rahmen einer multiplen Regression als Summe aus dem Fachwissen und dem fachdidaktischen Wissen interpretiert.

vergleichbares fachdidaktisches Wissen haben. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen persönlichen Voraussetzungen der Referendare, wie beispielsweise die schlechtere durchschnittliche Abiturnote der HRGe-Absolventen, kann die Vermittlungsleistung des HRGe-Studiengangs bewertet werden. Unter dieser statistischen Perspektive wird im HRGe-Studiengang das höchste fachdidaktische Wissen ausgebildet.

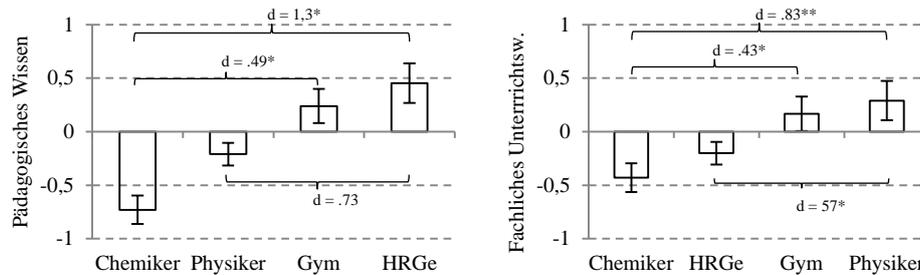


Abb. 2: Unterschiede im professionellen Wissen der Referendare<sup>1</sup>.

**Fazit:** Die Ergebnisse zeigen eine komplexe, ineinander verschränkte Struktur der gemessenen Kompetenzen. Quereinsteiger aus der Physik haben das höchste fachliche Unterrichtswissen, wobei dennoch der fachdidaktische Anteil dieser Kompetenzkomponente ähnlich stark wie bei den Lehramtsabsolventen ausgeprägt ist. Dem stehen eine schwache Ausprägung der professionellen Überzeugungen und des pädagogischen Wissens entgegen. Inwieweit sich diese Kompetenzprofile auf den Unterricht auswirken, wird im Projekt *Factio* untersucht (siehe hierzu die Artikel von Korneck sowie Krüger in diesem Band).

#### Literatur

- Ball, D., Thames, M., & 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 Handlungskompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, Heft 4, 469-520.
- Carpenter, T. P., Fennema, E., Loef-Franke, M., & Levi, L. E. (2000). *Cognitively Guided Instruction: A Research-Based Teacher Professional Development Program for Elementary School Mathematics*. Research Report. Madison: NCISLA, Wisconsin Center for Education Research, University of Wisconsin, School of Education.
- Dubberke, T., Kunter, M., McElvany, N., Brunner, M., & Baumert, J. (2008). Lerntheoretische Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22(3-4), 193-206.
- Fennema, E., Carpenter, T., & Loef, M. (1990). Teacher belief scale: Cognitively guided instruction project. *Advances in Research on Teaching and Learning*, 1, 195-221.
- Gramzow, Y., Riese, J., & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.
- Lamprecht, J. (2011). *Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz*. Berlin: Logos verlag Berlin GmbH.
- Oettinghaus, L., Lamprecht, J., & Korneck, F. (2012). Überzeugungen zum Unterrichtsfach und zur Wissenschaft Physik - Ein Skalenvergleich. In V. Nordmeier, & H. Grötzebach (Hrsg.), *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Mainz*.
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Staub, F. C., & Stern, E. (2002). The nature of Teachers' Pedagogical Content Beliefs Matters for Students' Achievement Gains: Quasi-Experimental Evidence From Elementary Mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 344-355.

Friederike Korneck<sup>1</sup>  
 Mareike Kunter<sup>1</sup>  
 Lars Oettinghaus<sup>1</sup>  
 Jan Lamprecht<sup>1</sup>  
 Michael Sach<sup>2</sup>

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

## Analyse von Unterrichtshandeln in komplexitätsreduzierten Sequenzen

Die Schwerpunkte der beiden Frankfurter Studien pro $\Phi$  (Lamprecht, 2011; Oettinghaus et al., in diesem Band) und  $\Phi$ actio lassen sich in das „Modell der Determinanten und Konsequenzen der professionellen Kompetenz“ (Abb.1) einordnen: Während pro $\Phi$  auf der Determinanten-Seite die Auswirkungen der Ausbildungswege auf die professionelle Kompetenz zukünftiger Physiklehrkräfte zu Beginn ihres

Vorbereitungsdienstes analysiert, hat  $\Phi$ actio das Ziel, auf der Konsequenzen-Seite die Auswirkungen der fachbezogenen Kompetenzkomponenten „Überzeugungen“ und „Professionswissen“ auf das Unterrichtshandeln und die Unterrichtsqualität zu analysieren.

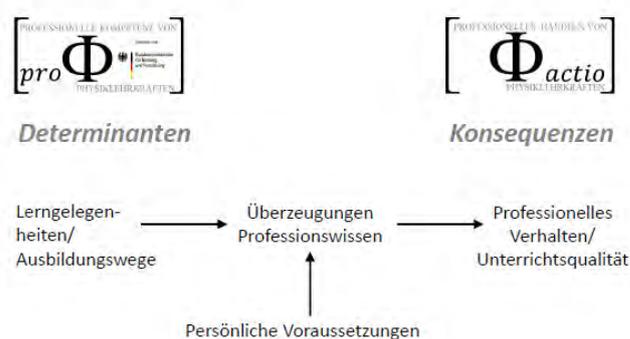


Abb. 1: Einordnung der Studien pro $\Phi$  und  $\Phi$ actio in das „Modell der Determinanten und Konsequenzen der professionellen Kompetenz“ (Kunter et al., 2011)

### Ausgangspunkt der Videostudie $\Phi$ actio

Die Studie konzentriert sich zunächst auf die Zusammenhänge der Überzeugungen der Lehrkräfte und den Qualitätsmerkmalen des Unterrichts. Bezüglich dieser Zusammenhänge existieren bisher heterogene Befunde: Die COACTIV-Studie (Kunter et al., 2011; Dubberke et al., 2008) erhob die Überzeugungen von Mathematiklehrkräften sowie die Qualitätsmerkmale ihres Unterrichts mit dem Ergebnis, dass Lehrkräfte mit transmissiven Lernüberzeugungen den Unterricht weniger herausfordernd und aktivierend sowie eher Fehler vermeidend gestalten. Die geringere kognitive Aktivierung wirkte sich in dieser Studie auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler aus. Die Qualitätsmerkmale des Unterrichts wurden in der COACTIV-Studie von Schülerinnen und Schülern durch Fragebögen eingeschätzt. Aktuelle Veröffentlichungen (Kunter et al., 2013) belegen bei univariater Analyse einen Zusammenhang zwischen den konstruktivistischen Überzeugungen der Lehrkräfte und den Mathematikleistungen der Schülerinnen und Schüler, bei multivariaten Modellen wurde der Effekt nicht mehr nachgewiesen. Übrig bleibt lediglich ein negativer Zusammenhang (-.27) mit der Qualitätsdimension „Klassenführung“. Die IPN-Videostudie (Seidel et al., 2008) analysierte Unterrichtsvideos im Bereich des Physikunterrichts. Sie fand keine systematischen Zusammenhänge zwischen den Überzeugungen der Physiklehrkräfte mit den beobachteten Unterrichtsmustern sowie mit dem inhaltlichen Wissen und dem Interesse der Schülerinnen und Schüler. Mögliche Ursachen für die unterschiedlichen Ergebnisse können sowohl in der Erhebungsmethodik zur Unterrichtsqualität (Schülerfragebögen, Videoanalysen) liegen als auch in den Fachspezifika der Lehrerüberzeugungen. Auf letzteres deuten die Ergeb-

nisse der Referendarsstudie (Lamprecht et al., 2011) im Rahmen von proΦ hin: Während sowohl die IPN- als auch die COACTIV-Studie von den beiden Überzeugungsmustern „constructivist view“ und „transmission view“ ausgehen, fand die Referendarsstudie zusätzlich ein drittes stabiles Überzeugungsmuster, das konstruktivistische und transmissive Überzeugungen vereinigt. Auf der Basis dieser Befunde hat die Studie Φactio das Ziel, den Zusammenhang mehrperspektivisch zu untersuchen. Gleichzeitig verfolgt sie die forschungsmethodische Frage, ob Unterrichtsqualitätsmerkmale auch in komplexitätsreduzierten Unterrichtssequenzen nachgewiesen und damit Videostudien ökonomischer gestaltet werden können.

### Erhebungen im Rahmen des Lehr-Lern-Arrangements „Komplexitätsreduzierter Unterricht“

Die Erhebungen der Studie Φactio erfolgen im Rahmen der phasen- und schulformübergreifenden Veranstaltung „Unterrichtsversuche mit Videofeedback“, das in Kooperation mit dem Studienseminar Oberursel konzipiert und angeboten wird. Zielgruppe sind Studierende des Haupt- und Realschul-, des Gymnasiallehramts sowie Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst (LiV). Eingangsvoraussetzungen für die Studierenden sind abgeschlossene schulpraktische Studien. Die LiV befinden sich im ersten Modul ihres Referendariats. An jeder Veranstaltung, die zwei- bis dreimal jährlich angeboten wird, nehmen 18 Studierende und LiV teil.

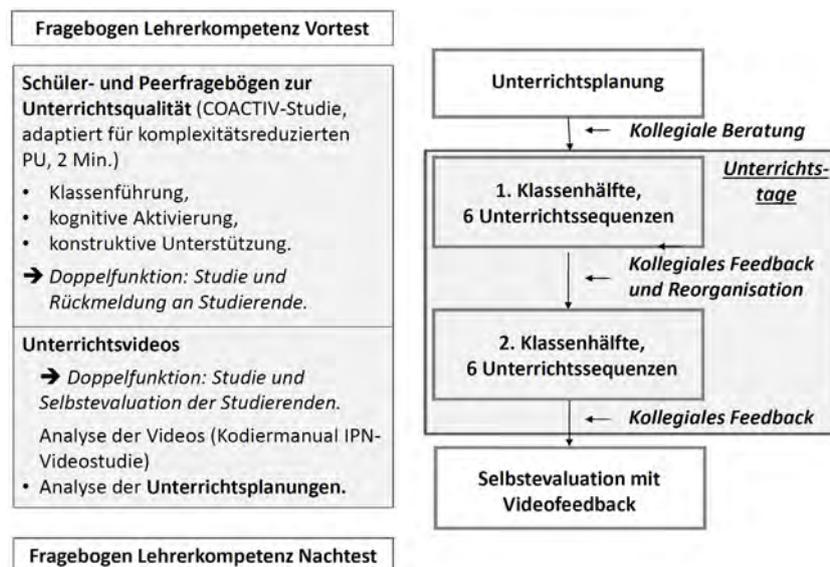


Abb. 2: „Unterrichtsversuche mit Videofeedback“ - Erhebungsmethodik und Setting

Das Setting besteht aus drei Elementen (Abb. 2): Der Unterrichtsvorbereitung mit kollegialer Beratung, den Unterrichtstagen und der Selbstevaluation mit Hilfe der aufgezeichneten Unterrichtsvideos. Zentrales Element sind die Unterrichtstage, an denen die Teilnehmer komplexitätsreduzierte Physiksequenzen unterrichten. Die Komplexitätsreduzierung bezieht sich zum einen auf die Unterrichtszeit, die pro Teilnehmer 12 bis 15 Minuten beträgt, und auf die Klassengröße, indem nur mit halber Klassenstärke unterrichtet wird. Thematisch stehen Freihandexperimente aus der Mechanik im Zentrum der Sequenzen. Jede Veranstaltung beinhaltet drei Unterrichtstage, an denen sechs Studierende oder LiV ihre vorbereiteten Sequenzen je einmal in den 1./2. und 5./6. Unterrichtsstunden unterrichten. An verschiedenen Stellen des Settings finden kollegiale Beratungen statt. Datenerhebungen für die Studie

begleiten das Lehrangebot: Vor Beginn der Veranstaltung findet eine Fragebogenerhebung zu Komponenten der professionellen Lehrkompetenz (Lamprecht, 2011; Riese, 2009), zu Personenmerkmale und Lerngelegenheiten sowie zu physikdidaktischen Selbstwirksamkeitserwartungen (Rabe et al., 2013) statt. Der Nachtest wird drei Monate nach der Veranstaltung durchgeführt und ist auf Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartungen beschränkt. Eine Besonderheit des Projekts ist, dass während der Unterrichtstage sowohl die Schülerinnen und Schüler als auch die hospitierenden Studierenden und LiV nach jeder Sequenz die Unterrichtsqualität bezüglich der drei Basisdimensionen „Klassenführung“, „Kognitive Aktivierung“ und „Konstruktive Unterstützung“ bewerten. Dazu wurde der Schülerfragebogen der COACTIV-Studie für den komplexitätsreduzierten Physikunterricht und zwei Minuten Bearbeitungszeit überarbeitet. Jede der 2 mal 18 Sequenzen wird von ca. 12 Schülern und 11 Studierenden/LiV geratet. Da die Peers an zwei Unterrichtstagen teilnehmen, raten sie ca. 22 Sequenzen. So entsteht ein komplexer Datensatz. Erste Ergebnisse zur Qualität dieser Fragebögen aus den Daten von sechs Unterrichtstagen werden im vorliegenden Band vorgestellt (Krüger et al., 2013). Zusätzlich zu den Fragebögen werden die videografierten Unterrichtssequenzen ausgewertet. Eine erste Videoanalyse von zunächst acht Unterrichtssequenzen erfolgte mit Hilfe des Kodiermanuals der IPN-Videostudie unter der forschungsmethodischen Frage, ob die komplexitätsreduzierten Unterrichtssequenzen in Bezug auf Sichtstrukturen (Arbeitsformen und Unterrichtsphasen) und auf vertiefte Analysen (Lernbegleitung, Zielorientierung, Experiment) mit Hilfe der operationalisierten Unterrichtsmerkmale der IPN-Videostudie auswertbar sind. Die Ergebnisse (Korneck et al., 2013) der Sichtstrukturanalysen zeigen sehr gute Übereinstimmungswerte der Beobachter und in der Tiefenstrukturanalyse des zweiten Kodierdurchgangs gute, mit den Ergebnissen der IPN-Videostudie vergleichbare Übereinstimmungswerte. Lediglich im hoch-inferenten Rating des dritten Kodierdurchgangs erreichen die Items nicht die Kriteriumswerte. Dies gilt allerdings in geringerem Maße auch für die IPN-Videostudie und ist sicher auch der geringen Anzahl der ausgewerteten Videos und dem kurzen Beobachtertraining geschuldet. Im nächsten Schritt werden das Kodiermanual Hypothesen geleitet überarbeitet, weitere Videos analysiert und das Beobachtertraining erweitert.

#### Literatur

- Dubberke, T., Kunter, M., McElvaby, N., Brunner, M., & Baumert, J. (2008): Lerntheoretische Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. Einflüsse auf die Unterrichtsgestaltung und den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22, 193 - 206.
- Korneck, F., Kohlenberger, M., Oettinghaus, L., Kunter, M., & Lamprecht, J. (2013): *Phiactio - Überzeugungen und Unterrichtshandeln von Physiklehrkräften*. phydid b, eingereicht.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. (2011): Die professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann.
- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T., & Hachfeld, A. (2013). Professional competence of teachers: Effects on instructional quality and student development. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 805-820. doi: 10.1037/a0032583
- 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.
- Rabe, T., Krey, O., Meinhardt, C. (2013): Physikdidaktische Selbstwirksamkeitserwartungen zukünftiger Physiklehrkräfte I. In S. Bernholt (Hrsg.): *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012. Münster: LIT, S. 635-637.
- Riese, J. (2009): *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Lehrkräften*. Dissertation. Berlin: Logos Verlag.
- Seidel T., Schwindt K., Rimmel R. & Prenzel M. (2008): Konstruktivistische Überzeugungen von Lehrpersonen: Was bedeuten sie für den Unterricht? In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 10, Sonderheft 8/2008, S. 259 - 276.
- Seidel T., Prenzel M., Duit R., Lehrke M. (2003): *Technischer Bericht zur Videostudie, Lehr- und Lernprozesse in der Physik?*, IPN-Materialien, IPN Kiel.

Eva Cauet<sup>1</sup>  
 Sven Liepertz<sup>2</sup>  
 Sophie Kirschner<sup>3</sup>  
 Andreas Borowski<sup>4</sup>  
 Hans E. Fischer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>RWTH Aachen  
<sup>3</sup>Justus-Liebig Universität Gießen  
<sup>4</sup>Universität Potsdam

## **Professionswissen von Physiklehrkräften und Schülerleistung**

### **Zielsetzung und Ausgangspunkt**

Das Professionswissen von Lehrkräften wird seit langem als mögliche Schlüsselqualifikation für effektives Unterrichten diskutiert (Peterson, Carpenter & Fennema, 1989; Abell, 2007; Fischer, Borowski & Tepner, 2012). In den meisten deutschen Studien werden u.a. die Dimensionen Fachwissen (CK), fachdidaktisches Wissen (PCK) und pädagogisches Wissen (PK) untersucht (vgl. Baumert & Kunter, 2006). Über die Operationalisierung der Dimensionen herrscht allerdings kein Konsens (Kirschner, eingereicht). Sicher ist lediglich, dass ohne Bezug zur Schülerleistung keine Aussage darüber möglich ist, was eine Lehrkraft wissen muss. Die vorgestellte Studie ist Teil des ProwiN Projektes, das sich die Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Professionswissen von Lehrkräften, dem beobachtbaren Lehrerhandeln und Schülerleistung- und motivation in den Fächern Physik, Chemie und Biologie zum Ziel gesetzt hat (Borowski et al., 2010).

### **Forschungsfrage & Hypothese**

Es soll untersucht werden, ob ein direkter Zusammenhang zwischen den einzelnen Dimensionen des Professionswissens von Physiklehrkräften und Schülerleistung besteht.

*Hypothese:* Unter Kontrolle der kognitiven Fähigkeiten der Lernenden und des Zeitraums für Lerngelegenheiten gibt es signifikante Korrelationen ( $p < 0.05$ ) zwischen dem CK, PCK, PK der Lehrkräfte und dem mittleren Leistungszuwachs der Lernenden in ihren Klassen.

### **Design und Instrumente**

Das Untersuchungsdesign umfasst die Erhebung des Professionswissen von Physiklehrkräften an Gymnasien und Gesamtschulen, die Messung des Leistungszuwachses ihrer Klassen über die gesamte Unterrichtseinheit Mechanik und die Videographie zweier Unterrichtsstunden innerhalb der Einheit.

Das Professionswissen der Physiklehrkräfte wurde mit einem in der ersten Projektphase entwickelten und validierten Papier- und Bleistift-Test erfasst (ProwiN I, Kirschner, Borowski & Fischer, 2012). Der CK- und PCK-Test bestehen aus 12 bzw. 13 Items, die deklaratives, prozedurales und konditionales Wissen abfragen und sich hauptsächlich auf Themen der klassischen Mechanik beziehen. Alle Aufgaben wurden mit zufriedenstellender Übereinstimmung doppelt kodiert (CK:  $ICC_{2-fact, unjust} \geq 0.96$ ; PCK:  $ICC_{2-fact, unjust} \geq 0.77$ ). Der PCK-Test behandelt die Facetten Experimente, Konzepte und Schülervorstellungen. Der PK-Test besteht aus einem Test zum deklarativen Wissen (PK<sub>D</sub>) mit 45 Multiple-Choice Items und einem Test zum konditional-prozeduralen Wissen (PK<sub>KP</sub>) mit 171 Items, in denen Handlungsoptionen bewertet werden müssen. Beide Tests beziehen sich auf die Facetten Klassenführung, Unterrichtsmethoden, Lernprozesse und Leistungsbeurteilung.

Der Schülerleistungszuwachs wurde mit einem Multiple-Choice Test im Prä-Post Design (2 Testhefte mit je 24 Items, 9 Ankeritems) zum Fachwissen in Mechanik mit Fokus auf Kraft erhoben (SCK „Student Content Knowledge“ Test). Als Kontrollvariablen wurden die kognitiven Fähigkeiten (KFT) der Lernenden und die Länge der Unterrichtseinheit (Anzahl an Stunden mal Stundenlänge) erhoben.

### Analyse und vorläufige Ergebnisse

Bisher wurde eine Stichprobe von 20 Physiklehrkräften (30% weiblich,  $M_{\text{Alter}}=43.5$  Jahre, 95% Gymnasium) und ihren Klassen bezgl. Professionswissen und Schülerleistungszuwachs ausgewertet. 537 Lernende (52% weiblich,  $M_{\text{Alter}}=13.9$  Jahre) waren sowohl beim Prä- als auch beim Post-Test anwesend.

*Analyse:* Lehrer- und Schülerfähigkeiten wurden im Rahmen eines Raschmodells geschätzt und mit Winsteps 3.73.3 als Personenfähigkeiten berechnet. Items mit signifikantem Misfit wurden entfernt. Wegen der geringen Stichprobengröße wurde die Lehrerstichprobe für die Rasch-Analyse mit rekodierten Daten aus ProwiN I auf  $N=109$  erweitert (NRW, 35% weiblich,  $M_{\text{Alter}}=43.7$  Jahre, 96% Gymnasium). Um SCK Prä- und Post-Test Measures auf einer Skala berechnen zu können, wurden die Item Measures aus dem Post-Test für die Prä-Test Analyse fixiert. Tabelle 1 zeigt die Reliabilitäten der eingesetzten Instrumente.

Tab. 1: Rasch Personen und Item Reliabilitäten

	Lehrerinstrumente				Schülerinstrumente		
	CK	PCK	PK <sub>D</sub>	PK <sub>KP</sub>	SCK <sub>Prä</sub>	SCK <sub>Post</sub>	KFT
Pers. Rel.	0.72	0.57	0.58	0.72	0.43	0.66	0.84
Item Rel.	0.98	0.96	0.96	0.95	0.99	0.99	0.99

Es ist zu beachten, dass Rasch Personen Reliabilitäten in der Regel kleiner als Cronbachs Alpha sind (vgl. Linacre, 2011). Die geringe SCK<sub>Prä</sub> Reliabilität kann daraus resultieren, dass das Schülerwissen beim Prä-Test noch unstrukturiert ist und die Lernenden häufiger raten. Außerdem wird im Schülertest mit der Mechanik ein relativ heterogenes Konstrukt getestet, das aus mehreren Unterthemen besteht.

Der Schülerleistungszuwachs, gebildet als Differenz zwischen Prä- und Post-Test Measures, beträgt im Mittel eine halbe Standardabweichung in Bezug auf den Prä-Test ( $M=30$ ,  $SD_{\text{Schülerebene}}=90$ ,  $SD_{\text{Klassenebene}}=27$ ). Ein Lernzuwachs von einer Standardabweichung bedeutet, dass ein Lernender, dessen Prä-Test Measure im Mittelwert der Stichprobe liegt, im Post-Test lediglich eine Fähigkeit erreicht, die die besten 15,9% der Lernenden bereits im Prä-Test erreichten. Für 45% der Klassen ist der Leistungszuwachs nicht signifikant. Abbildung 1 zeigt die Schülerleistungszuwächse für alle Klassen.

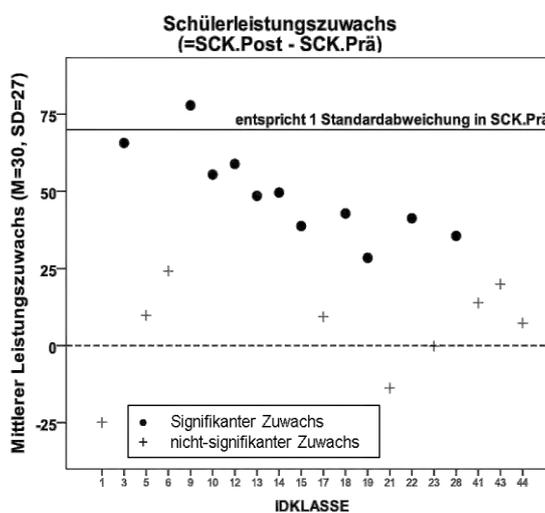


Abb. 1: Schülerleistungszuwächse für alle Klassen

Um den effektiven Schülerleistungszuwachs unter Kontrolle der kognitiven Fähigkeiten der Lernenden und der Länge der Unterrichtseinheit zu berechnen, wurde in einem ersten Schritt eine Regression auf Individualebene gerechnet. Hier konnten 28% der Varianz im Post-Test durch Prä-Test und KFT erklärt werden ( $N=537$ ,  $\beta_{\text{stand.,Prä}}=0.49$ ,  $p<.001$ ,  $\beta_{\text{stand.,KFT}}=0.19$ ,  $p<.001$ ). Die Residuen aus Regression I, d.h. die nach Kontrolle des Vorwissens und der kognitiven Fähigkeiten verbleibende Varianz im Post-Test, wurden auf Klassenebene über

Mittelwertbildung aggregiert. In einer zweiten Regression wurde geprüft, welcher Anteil der verbleibenden Varianz durch die Unterrichtslänge erklärt werden kann ( $N=20$ ,  $\beta_{\text{stand., Unterrichtslänge}}=0.73$ ,  $p<.001$ ,  $R^2=0.53$ ). Die jetzt noch verbleibende Varianz im Post-Test (=Residuen aus Regression II) wurden als effektiver Schülerleistungszuwachs definiert. Für die Berechnung der Korrelationen zwischen effektivem Schülerleistungszuwachs und dem CK, PCK bzw. PK der Lehrkräfte wurde Klasse 13 ausgeschlossen, da es Anzeichen für eine falsche Angabe zur Länge der Unterrichtseinheit durch die Lehrkraft gab. Die Ergebnisse für die Korrelationen sind in Tabelle 2 zu finden.

*Tab. 2: Pearson Korrelationen zwischen effektivem Schülerleistungszuwachs und Professionswissen der Lehrkräfte*

N=19 (ohne ID 13)		CK	PCK	PK <sub>D</sub>	PK <sub>KP</sub>
Effektiver	r	.27	-.07	.25	.28
Schülerleistungszuwachs	p	.259	.782	.307	.245

### Diskussion und Interpretationsansätze

Es konnte kein bedeutsamer Zusammenhang zwischen dem in dieser Studie gemessenen CK, PCK und PK von Physiklehrkräften und dem mittleren Leistungszuwachs ihrer Klassen gefunden werden. Dieses Ergebnis könnte dahingehend interpretiert werden, dass das schriftlich abprüfbare Wissen einer Lehrkraft keinen Einfluss auf Unterricht hat und damit auch kein Zusammenhang zur Schülerleistung besteht. Bevor eine derartige Schlussfolgerung getroffen werden kann, ist allerdings abzuklären, inwieweit die geringe Varianz in der Schülerleistung und die relativ niedrige Reliabilität der Schülertests die Ergebnisse der statistischen Analysen beeinflussen. Auch sei darauf hingewiesen, dass in der untersuchten Stichprobengröße lediglich große Korrelationen ( $>0.6$ ) signifikant werden können. Weiterhin könnten die fehlenden Korrelationen zur Schülerleistung ein Hinweis darauf sein, dass die Testinstrumente zur Messung des Professionswissens, die auf in der Community breit akzeptierten, aber normativ gesetzten Facetten basieren, trotz Validierung kein unterrichtsrelevantes Wissen messen. Letzteres soll über eine Analyse der Unterrichtsvideos in Bezug auf die Sichtbarkeit des im Professionswissenstest abgefragten Wissens, sowie einen qualitativen Vergleich des Unterrichts von Lehrkräften mit hohen und niedrigen PCK untersucht werden.

### Literatur

- Abell, S. K. (2007). Research on science teachers' knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 1105–1149). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Baumert, J. & Kunter, M. (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., et al. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN): Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16.
- Fischer H. E., Borowski A., & Tepner, O. (2012). Professional Knowledge of Science Teachers. In B. Fraser, K. Tobin & C. McRobbie (Hrsg.), *Second International Handbook of Science Education*. New York: Springer.
- Kirschner, S. (Eingereicht). Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften.
- Kirschner, S., Borowski, A., Fischer, H.E. (2012). Das Professionswissen von Physiklehrkräften: Ergebnisse der Hauptstudie. In D. Höttecke (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011. Münster: Lit.
- Peterson, P.L., Carpenter, T.P. & Fennema, E. (1989). Teachers' knowledge of students' knowledge in mathematics problem solving: Correlating and case analysis. *Journal of Educational Psychology*, 81, 558-569.
- Linacre, J. M. (2011). *A User's Guide to WINSTEPS® MINISTEP: Rasch-Model Computer Programs* (3.72.3th ed.): Winsteps.com.

Pia Altenburger<sup>1</sup>  
 Erich Starauschek<sup>2</sup>  
 Markus Wirtz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
<sup>3</sup>Pädagogische Hochschule Freiburg

## Mehrebenenanalytische Modelle zum Physiklernen im Sachunterricht

### Einleitung

Das Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2005) ist ein allgemein akzeptierter theoretischer Rahmen, um die Variablen und Zusammenhänge zu ordnen, die den Lernerfolg von Schülern beeinflussen. Dieser Rahmen wurde in Teilen empirisch untersucht. Für den naturwissenschaftlichen und speziell physikalischen Sachunterricht liegen bisher nur wenige belastbare Untersuchungen in diesem Rahmen vor (Abell & Ledermann, 2007). Modelle, die Schülerwissen mit Lehrer- und Unterrichtsvariablen sowie personenbezogenen Schülervariablen beschreiben, sind ebenfalls rar. Wir haben derartige Modelle für den Sachunterricht zu physikalischen Themen untersucht.

Generell zeigt sich in den Modellen, dass ein Großteil der Schulleistungsvarianz auf Schülerene über die fachspezifischen Vorkenntnisse und die kognitive Leistungsfähigkeit erklärt werden kann (Marzano, 2000). Auch scheint der Einfluss der Lehrkraft und des Unterrichts auf die Schülerleistungen größer zu sein als bisher angenommen (z. B. Lipowsky, 2007). Erste Untersuchungen verweisen dabei auf die Bedeutsamkeit des Fachwissens der Lehrkräfte in Verbindung mit Drittvariablen (z.B. Baumert et al., 2010; Ohle, 2010). Aber auch andere Lehrervariablen sind bedeutungsvoll. Ohle (2010) konnte zeigen, dass das selbstbezogene Selbstvertrauen der Lehrkräfte den Lernerfolg der Schüler unterstützt.

Welche Unterrichtsvariablen sind bedeutsam? Hier ist die Unterrichtszeit zu nennen. Jedoch ist der Stand der Forschung inkonsistent: Anderson (1995), Fisher (1995), Helmke (2005) und Lange (2010) finden einen positiven Einfluss der Unterrichtszeit auf den Lernerfolg der Schüler. Hosenfeld et al. (2002) kommen zum gegenteiligen Ergebnis.

Weiterhin gelten im physikalischen Sachunterricht der Primarstufe aus normativer Sicht (Schüler-)Experimente als entscheidend für den Lernerfolg (z. B. GDSU, 2013). Belastbare Ergebnisse zum Einfluss von Experimenten auf den Lernerfolg der Schüler liegen jedoch weder für die Primar- noch für die Sekundarstufe vor.

### Forschungsfrage und Design

Wie präzisieren die tatsächliche für physikalische Themen verwendete Unterrichtszeit in Klasse 3 und 4 und das physikalische Wissen der Primarstufenlehrkräfte das physikalische Schülerwissen im regulären Sachunterricht der Primarstufe? Beeinflussen das physikalische Selbstkonzept der Primarstufenlehrkräfte, das naturwissenschaftliche Selbstkonzept und die kognitiven Fähigkeiten der Schüler und die Anzahl an durchgeführten physikalischen Experimenten im Sachunterricht das physikalische Wissen der Schüler? An dieser Stelle setzt unsere Evaluationsstudie an und untersucht die gestellten Fragen mehrebenenanalytisch.

### Methodisches Vorgehen

Unseren Mehrebenenanalysen<sup>1</sup> liegt eine Stichprobe mit N= 30 Schulklassen und n=555 Schülern aus Baden-Württemberg zu Grunde. Das Schüler- und das Lehrerwissen sowie die personenbezogenen Merkmale der Schüler und Lehrkräfte wurden mit Fragebögen erhoben und mit Skalen gemessen, die den klassischen psychometrischen Gütekriterien genügen. Die

<sup>1</sup>Die Modellentwicklung der Mehrebenenanalyse erfolgt nach Hox (2002) schrittweise. Dabei werden in einer Entwicklungsstufe nur signifikante Prädiktoren des voran gehenden Analyseschritts (sukzessive Hinzunahmen zusätzlicher Ebenen und entsprechender Interaktionen) wieder in das Mehrebenenmodell aufgenommen, um die Komplexität der Modelle zu reduzieren und die Stabilität zu gewährleisten.

tatsächliche Unterrichtszeit für physikalische Themen wurde mittels einer Klassenbuchanalyse in der Einheit Anzahl an Unterrichtsstunden bestimmt. Die Anzahl der im Unterricht durchgeführten physikalischen Experimente konnte mit einer Analyse des Unterrichtsmaterials rekonstruiert und über Interviews mit den Lehrkräften validiert werden.<sup>2</sup>

### Ergebnisse

Für die vorliegende Evaluationsstudie zeigt sich in einem ersten elementaren Mehrebenenmodell, dass das physikalische Wissen der Primarstufenlehrkräfte das physikalische Schülerwissen signifikant prädiziert ( $\gamma_{ZPhysik\_LK}=0.58$ ;  $p=.012$ ), sich jedoch die tatsächliche Unterrichtszeit für physikalische Themen in Klasse 3 und 4 als nicht signifikant erweist ( $\gamma_{ZPH\_34}=0.04$ ;  $p=.886$ ) (s. Tab.1: Modell 1).

Tab.1: Mehrebenenmodell 1, 2 und 3

Outcome: Physikalisches Wissen Schüler	Modell 1		Modell 2		Modell 3	
	$\gamma$	p	$\gamma$	p	$\gamma$	p
<b>Klassenebene– Prädiktoren:</b>						
Physikalisches Wissen Lehrkräfte (ZPhy-sik_LK)	0.58	.012	0.57	.011	0.57	<.001
Anzahl physikalische Stunden(ZPH_34)	0.04	.886	-	-	-	-
Physikalisches Selbstkonzept Lehrkräfte (ZSK_L)	-	-	-	-	0.57	<.001
Anzahl an physikalischen Experimenten in Klasse 3 und 4 (ZEX_34)	-	-	-	-	0.60	<.001
<b>Schülerebene– Prädiktoren:</b>						
Naturwissenschaftliches Selbstkonzept Schüler <sup>1</sup> (ZSK)	-	-	1.48	<.00	0.79	<.001
Kognitive Fähigkeiten Schüler <sup>1</sup> (ZKFT)	-	-	-	-	2.03	<.001
<b>Interaktion Schüler- / Klassenebene – Prädiktor</b>						
ZPH_34*ZSK	-	-	0.34	.039	0.32	.012
<b>randomvariancecomponents</b>						
INTRCPT, $u_0$ ( $O^2_{u0}$ )			0.68*		0.75**	0.41
Slope, $u_1$ ( $O^2_{u1}$ )			-		0.03	0.24
Slope, $u_2$ ( $O^2_{u2}$ )			-			0.35
Level 1, R ( $O^2_e$ )			14.96		12.77	9.45
$R^2_1$ (Individual-/Schülerebene)			-		0.15	0.53
$R^2_2$ (Klassenebene)			-		0.14	0.37
$R^2_{ZPH\ 34*ZSK}$ (Interaktionsebene)			-		0.73	0 <sup>2</sup>
$R^2_{ZKFT}$ (Steigungsparameter/Slope)			-		-	0 <sup>2</sup>
Anmerkungen: * p < .05; ** p <.001						
<sup>1</sup> Dieser Level 1 Prädiktor wurde um seinen Gruppen Mittelwert zentriert.						
<sup>2</sup> Over-Fit des Modells – keine Varianzaufklärung möglich						

Das Basismodell wurde mit dem naturwissenschaftlichen Selbstkonzept der Schüler modifiziert, auf welche die Unterrichtszeit mit einer Cross-Level-Interaktion wirken könnte (s. Tab.1: Modell 2). Hier zeigt sich, dass das naturwissenschaftliche Selbstkonzept der Schüler ( $\gamma_{ZSK}=1.48$ ;  $p<.001$ ) direkt und über eine Cross-Level-Interaktion mit der Unterrichtszeit das physikalische Wissen der Schüler ( $\gamma_{ZSK*ZPH\_34}=0.34$ ;  $p=.039$ ) signifikant beeinflusst (s. Tab. 1: Modell 2). In diesem Modell zeigt sich wieder das physikalische Wissen der Lehrkräfte

<sup>2</sup> Details bei Altenburger, Staraschek & Wirtz (2012).

( $\gamma_{ZPhisik\_LK}=0.57$ ;  $p=.011$ ) als Prädiktor. Da noch genügend Varianz aufzuklären war, konnte Modell 2 erweitert werden. Folgende signifikanten Prädiktoren fanden sich: Das physikalische Selbstkonzept der Lehrkräfte ( $\gamma_{ZSK\_LK}=0.57$ ;  $p<.001$ ), die Anzahl an physikalischen Experimenten ( $\gamma_{EX\_34}=0.60$ ;  $p<.001$ ) und die kognitiven Fähigkeiten der Schüler ( $\gamma_{ZKFT}=2.03$ ;  $p<.001$ ) (s. Tab. 1: Modell 3).

### Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Evaluationsstudie liefert intuitiv einsichtige, aber relativ komplexe Modelle, um das physikalische Wissen von Schülern am Ende von Klasse 4 mit Unterrichts-, Schüler- und Lehrervariablen zu präzisieren. Das physikalische Wissen der Primarstufenlehrkräfte, das naturwissenschaftliche Selbstkonzept der Schüler und deren kognitive Fähigkeiten haben einen direkten Einfluss auf das Schülerwissen im Bereich Physik am Ende von Klasse 4. Die kognitiven Fähigkeiten der Schüler erweisen sich in Übereinstimmung mit den bisherigen Ergebnissen als stärkster Prädiktor für das physikalische Wissen der Schüler. Zudem konnte explorativ gezeigt werden, dass eine höhere Unterrichtsdauer insbesondere bei Schülern mit hohem naturwissenschaftlichem Selbstkonzept mit einem erhöhten Wissen am Ende der Grundschulzeit korrespondiert. Weiterhin präzisieren das physikalische Selbstkonzept der Primarstufenlehrkräfte und die Anzahl an physikalischen Experimenten in Klasse 3 und 4 das physikalische Wissen der Schüler am Ende von Klasse 4. Insbesondere weist der letzte Befund auf eine mögliche Bedeutsamkeit von Handlungen im Sinne von Experimenten im physikalischen Sachunterricht der Primarstufe hin, auch wenn dieser aufgrund von methodischen Einschränkungen nur als explorativ anzusehen ist. Unsere Modelle liefern eine empirisch fundierte Basis zur empirischen Differenzierung und Erweiterung der geprüften Modelle für Folgestudien in diesem oder verwandten Inhalts- und Anwendungsbereichen.

### Literatur

- Abell, S. K., & Lederman, N. G. (Eds.). (2007). *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Altenburger, P., Staraschek, E., & Wirtz, M. (2012). Beeinflusst der Sachunterricht der Primarstufe den physikalischen Wissenserwerb von Schülerinnen und Schülern? – Teilprojekt 9. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel, & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht*. Münster: Waxmann, 301-318.
- Anderson, L. W. (1995). Time, Allocated and Instructional. In L. W. Anderson (Ed.), *International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education* (2nd ed.). Oxford: Pergamon, 204–207.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A. et al. (2010). Teacher's Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133-180.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU). (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Fisher, C. W. (1995). Academic Learning Time. In L. W. Anderson (Ed.), *International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education* (2nd ed.). Oxford: Pergamon, 430-434.
- Helmke, A. (2005). *Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern* (4. Aufl.). Seelze: Klett Kallmeyer.
- Hosenfeld, I., Helmke, A., Ridder, A., & Schrader, F.-W. (2002). Die Rolle des Kontextes. In A. Helmke & R. S. Jäger (Hrsg.), *Das Projekt MARKUS. Mathematik-Gesamterhebung Rheinland-Pfalz: Kompetenzen, Unterrichtsmerkmale, Schulkontext*. Landau: Empirische Pädagogik, 155-256.
- Hox, J. J. (2002). *Multilevel Analysis: Techniques and Applications*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Lipowsky, F. (2007). Unterrichtsqualität in der Grundschule - Ansätze und Befunde der nationalen und internationalen Forschung. In K. Möller, P. Hanke, C. Beinbrech, A. K. Hein, T. Kleickmann & R. Schages (Hrsg.), *Qualität von Grundschulunterricht entwickeln, erfassen und bewerten* (1st ed., Vol. 11). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, 35-49.
- Marzano, R. (2000). A New Era of School Reform: Going Where Research Takes Us. Retrieved from: <http://qualitylearning.net/community/browsville/resarch/A%20New%20Era%20of%20School%20Reform.pdf>\*[09.10.2013].
- Ohle, A. (2010). *Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement*. Berlin: Logos.

## Fachwissen Physik - Erste Ergebnisse einer deutschlandweiten Erhebung

### Motivation und Zielsetzung

Fachliches Wissen gilt als wesentlicher Teil professioneller Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. Gleichzeitig bildet es die Basis auf der fachdidaktisches Wissen erworben werden kann und ist somit direkt notwendig für die Planung und Durchführung anspruchsvollen Unterrichts (vgl. Shulman, 1986; Baumert & Kunter, 2006; Bromme, 1997; Riese, 2009). Dennoch gelingt die Vermittlung dieses Wissens an deutschen Hochschulen nur eingeschränkt: Unterschiede im Vorwissen können nicht ausgeglichen werden, werden im Laufe des Studiums sogar noch größer (Riese, 2009). Dies macht die Etablierung adaptiver Fördermaßnahmen wünschenswert, die auf einer differenzierten Diagnose der individuellen Stärken und Schwächen einzelner (sowohl Lehramts- als auch Fach-) Studierender aufbaut. Die Entwicklung und Verfügbarmachung eines solchen Diagnoseinstrumentes ist Ziel des vorgestellten Projektes.

### Zu Grunde gelegtes Modell

Das eingesetzte Rahmenmodell (Woitkowski, Riese, Reinhold, 2011) baut auf dem Modell der professionellen Handlungskompetenz von Riese (2009) auf. Im Fokus steht das Fachliche Wissen, neben dem auch Belief Systems und Motivationale Orientierungen erhoben werden. Im Sinne der Bildungsstandards (KMK, 2005) wird hier in zwei Teilmodelle unterschieden: *Nutzung von Fachwissen* und *Nutzung von Experimenten und Modellen* („Erkenntnisgewinnung“). Beide Teilmodelle sind wiederum als dreidimensionale Kompetenzstrukturmodelle ausgestaltet.

### Testinstrument

Für die Haupterhebung wurde das bereits 2011/12 pilotierte Testinstrument (vgl. Woitkowski, Riese, Reinhold, 2012) noch einmal überarbeitet und mit weiteren Demographischen Daten, einem Teil des NOS-Tests von Neumann (2011) sowie Belief- und Motivations-Skalen von Riese (2009) und Lamprecht (2011) angereichert.

Die 87 FW- und 31 EM-Items wurden von 4 unabhängigen Experten auf Qualität und Relevanz geprüft. Zur Antwortkodierung wurden Codebooks für den gesamten Test erstellt. Die Zuordnung einzelner Items zu Matrixzellen des Modells wurde mittels speziell dafür entwickelter Entscheidungsbäume realisiert.

### Stichprobe

Aus der Haupterhebung liegen bisher die Daten von  $N = 295$  Studierenden aus 9 deutschen Universitäten vor. Davon sind 34% Lehramts- und 37% Fach-Studierende. 28% der Stichprobe sind weiblich. Das mittlere Fachsemester liegt bei 2,8 ( $SD = 2,2$ ).

Die Qualität des Instruments bzw. der durch Rasch-Analyse gewonnenen Daten ist für die FW-Skala sind ausgesprochen gut, die der EM-Skala noch akzeptabel. Viele der Belief-Skalen haben akzeptable bis gute Kennwerte. Einzig das NOS-Inventar liefert bei dieser Stichprobe nur schlechte Kennwerte.

### Einflussfaktoren des Wissenserwerbs

Um einen Einblick in die Einflussfaktoren für den Aufbau von Fachwissen, wie es der vor-gestellte Test misst, zu bekommen, werden im Folgenden die Ergebnisse zweier linearer Re-gressionsanalysen vorgestellt. Die erklärte Variable ist dabei der jeweils erzielte Test-Score (Personen-Parameter aus der Rasch-Analyse). Angegeben sind jeweils die standardisierten Regressionsparameter ( $\beta$ ), die erklärte Varianz (korrigiertes  $R^2$ ) sowie deren jeweiligen Signifikanzniveaus (\*\*\*:  $p < 0,001$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*:  $p < 0,05$ ).

### Nutzung von Fachwissen

Wie schon bei Riese (2009; Riese & Reinhold, 2012) zeigt sich hier eine gute Varianzaufklä-rung bereits mit dem Geschlecht (hier gehen wohl auch Selbstkonzept und Selbstwirksam-keitserwartungen mit ein, vgl. Riese & Reinhold, 2012) Abiturnote (die als Indikator für die allgemeine kognitive Leistungsfähigkeit gesehen werden kann) und die im Fach Physik ab-solvierten SWS (als Maß für die Time on Task). Lehrveranstaltungen in der Fachdidaktik oder Laborpraktika sind hier ebenso wie Fach- bzw. Hochschulse-mester nicht signifikant.

Weitere 10% Varianzaufklärung erhält man durch die Aufnahme formaler Merkmale der Schullaufbahn als Indikatoren für das fachbezogene Vorwissen. Die Mathematiknote ist hier nicht signifikant.

Von den geprüften Skalen zu Motivationalen Orientierungen sind der Experiment-bezogene Enthusiasmus und die Leistungsmotivation (beide aus Riese, 2009) signifikant, bringen aber nur noch wenig weitere Aufklärung.

Tab. 1: Regressionsanalytische Aufklärung des FW-Scores.

	Modell 1	Modell 2	Modell 3
Geschlecht	,287 ***	,261 ***	,249 ***
Abiturnote	-,433 ***	-,325 ***	-,272 ***
Fach SWS	,273 ***	,162 **	,160 **
Letzte Physiknote (Schule)		-,175 **	-,182 **
Physik Abiturprüfung		,222 ***	,202 ***
Mathe Abiturprüfung		,139 **	,138 **
AII Exp. Enthusiasmus			-,154 **
CI Leistungsmotivation			,109 *
Modellverbesserung (p)	***	***	***
Varianzaufklärung ( $R^2$ )	37,2%	47,1%	49,3%

### Nutzung von Experimenten und Modellen

Ähnlich wie beim Fachwissen liefert hier bereits ein Modell aus Geschlecht, Abiturnote und Fach-SWS ein recht gutes Modell. Nimmt man die SWS in Laborpraktika dazu, werden die Fach-SWS jedoch aus dem Modell verdrängt, so dass hier mit jenen weiter gerechnet wird.

Aus den Merkmalen der Schullaufbahn ist hier die Mathematiknote und eine Abiturprüfung im Fach Physik signifikant. Diese Merkmale verdrängen die Abiturnote aus dem Modell.

Besonders interessant wird Modell 3, in dem signifikant ist, ob ein Proband sich daran erin-nern kann, sich in der Universität mit Fehlerrechnung, mit Beweisen in den Naturwissen-schaften oder mit der Subjektivität naturwissenschaftlicher Erkenntnis auseinander gesetzt zu haben. Nimmt man nun noch den Score aus dem Testteil *Nutzung von Fachwissen* hinzu ergibt sich das Bild eines Wissensbereiches, der im Wesentlichen, aufbauend auf physikali-schem Fachwissen im engeren Sinne, bei der Explizitmachung gewisser Methoden und Denkweisen der Erkenntnisgewinnung sowie praktischer Labortätigkeit aufgebaut wird.

Tab. 2: Regressionsanalytische Aufklärung des EM-Scores.

	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Geschlecht	,182 **	,181 ***	,213 ***	,072 n.s.
Abiturnote	-,257 ***	-,126 n.s.	-,124 n.s.	,018 n.s.
Laborpraktika SWS	,328 ***	,262 ***	,189 **	,128 *
Letzte Mathenote (Schule)		-,202 **	-,176 *	-,094 n.s.
Physik Abiturprüfung		,156 **	,078 n.s.	-,004 n.s.
Uni: Fehlerrechnung			,235 ***	,163 *
Uni: Beweise			,159 *	,110 (*)
Uni: Subjektivität			-,205 ***	-,187 ***
FW-Score				,447 ***
Modellverbesserung (p)	***	***	***	***
Varianzaufklärung (R <sup>2</sup> )	21,4%	27,0%	33,9%	45,7%

### Fazit und Ausblick

Mit dem vorliegenden Test lässt sich das physikalische Fachwissen und die Nutzung von Experimenten und Modellen sowohl bei Fach- als auch bei Lehramts-Studierenden der Physik erfassen. Die FW-Skala reproduziert i.W. bekannte Ergebnisse. Bei der EM-Skala ergibt sich das Bild eines echt über das Fachwissen hinausgehenden Wissensbereichs.

Von weiterem Interesse wird die Bildung von Kompetenzniveaus für diese beiden Skalen sowie die Beschreibung und Analyse der gefundenen Niveaus sein.

### Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), S. 469–520.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F.E. Weinert (Hrsg.), Enzyklopädie der Psychologie, Bd.3: Psychologie des Unterrichts und der Schule. Göttingen: Hogrefe, S. 177–212.
- KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005). Bildungsstandards im Fach Physik (Chemie / Biologie) für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.
- Lamprecht, J. (2011). Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik. Dissertation. Berlin: Logos Verlag.
- Neumann, I. (2011). Beyond Physics Content Knowledge. Modelling Competence Regarding Nature of Scientific Inquiry and Nature of Scientific Knowledge. Dissertation. Berlin: Logos Verlag.
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Dissertation. Berlin: Logos Verlag.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. Empirische Hinweise für eine Verbesserung des Lehramtsstudiums. In Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, S. 111–143.
- Shulman, L. (1986). Those who Understand: Knowledge Growth in Teaching. In Educational Researcher, 15, S. 4–14.
- Woitkowski, D., Riese, J., Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 17, S. 289–313.
- Woitkowski, D., Riese, J., Reinhold, P. (2012). Messung des Fachwissens von Physikstudenten. Phydid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Mainz.

Cornelia Sunder<sup>1</sup>  
 Maria Todorova<sup>1</sup>  
 Mirjam Steffensky<sup>2</sup>  
 Kornelia Möller<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
<sup>2</sup>IPN Kiel

### **Verbessert das Studium die professionelle Wahrnehmung von Unterricht?**

Der vorliegende Beitrag fokussiert auf die Entwicklung der professionellen Wahrnehmung von angehenden Lehrkräften des Sachunterrichtes im Masterstudium. Dabei werden strukturelle Unterschiede und formale Lerngelegenheiten des Studiums berücksichtigt. Es werden erste Ergebnisse aus einer Längsschnittuntersuchung berichtet.

#### **Professionelle Wahrnehmung: Theoretischer Hintergrund und empirische Evidenz**

Die professionelle Wahrnehmung umfasst das Erkennen und theoriegeleitete Interpretieren lernrelevanter Unterrichtsereignisse (Seidel & Prenzel, 2007; van Es & Sherin, 2002). Sie gilt als ein wichtiger Bestandteil der Lehrerexpertise (Bromme & Haag, 2008) und als bedeutend für das schulische Lernen (Kersting et al., 2012; Roth et al., 2011). Empirische Studien im Kontext des Mathematikunterrichts zeigen, dass die professionelle Wahrnehmung von Lehrkräften mit ihrem fachbezogenen Professionswissen positiv zusammenhängt (Kersting et al., 2010). Es zeigt sich ebenfalls, dass erfahrene Lehrkräfte den Unterricht insgesamt professioneller wahrnehmen als Studierende (Seidel & Prenzel, 2007; van Es & Sherin, 2002). Speziell im Kontext des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts wurden signifikante Unterschiede in der professionellen Wahrnehmung zwischen Lehrkräften bzw. Masterstudierenden und Bachelorstudierenden aufgezeigt (Wolters, Meschede, Steffensky & Möller, eing.). Diese Ergebnisse deuten an, dass die Fähigkeit, Unterricht professionell wahrzunehmen, mit dem fachbezogenen Professionswissen zusammenhängt und sich im Laufe der Zeit durch Ausbildung sowie infolge von Unterrichtspraxis verbessert. Der Aufbau angemessener und anschlussfähiger Vorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht erfordert Lernunterstützung (Vosniadou, Baltas & Vamvakoussi, 2007). Die kognitive Aktivierung der Lernenden und die inhaltliche Strukturierung des Unterrichts stellen wichtige Aspekte der Lernunterstützung dar (Reiser, 2004; Wolters et al., eing.). Damit (angehende) Lehrkräfte lernunterstützende Maßnahmen erfolgreich im Unterricht einsetzen können, benötigen sie Gelegenheiten, diese kennenzulernen, sie in konkreten Unterrichtssituationen zu analysieren sowie im Hinblick auf ihre Angemessenheit zu bewerten. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie gut Studierende des Sachunterrichts die Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Unterricht wahrnehmen und wie sich die entsprechende professionelle Wahrnehmung im Studium entwickelt.

#### **Universitäre Strukturen in der Lehrerausbildung für das Fach Sachunterricht**

Im Hinblick auf die universitäre Ausbildung angehender Sachunterrichtslehrkräfte ist festzustellen, dass Art und Umfang der Ausbildung von Studienort zu Studienort stark variieren (GDSU). Insgesamt liegen jedoch gewisse konzeptuelle und strukturelle Gemeinsamkeiten vor, die zwei Ausbildungstypen erkennen lassen: Das Studium mit einer Schwerpunkt-Ausbildung findet zu einem erheblichen Anteil in einem technisch-naturwissenschaftlichen oder gesellschaftswissenschaftlichen Lernbereich statt bzw. beinhaltet eines oder mehrere Fächer aus dem jeweiligen Bereich. Ergänzt werden diese Studiengänge (meist) durch schwerpunktunabhängige Studien zu allgemeinen sachunterrichtsdidaktischen Inhalten. An Studienorten mit integrativer Ausbildung beinhaltet das Studium hingegen Inhalte sowohl aus dem naturwissenschaftlich-technischen und dem gesellschaftswissenschaftlichen Lernbereich, sowie allgemeinen sachunterrichtsdidaktischen

Inhalten. Die unterschiedlichen Studienstrukturen lassen vermuten, dass damit unterschiedliche formale Lerngelegenheiten für den Erwerb von natur- und gesellschaftswissenschaftlichem Professionswissen einhergehen.

Die Fragestellungen der vorliegenden Studie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Wie entwickelt sich die professionelle Wahrnehmung von naturwissenschaftlichem Grundschulunterricht im Masterstudium des Sachunterrichts?
- Begünstigt das Studium mit einem Schwerpunkt in Naturwissenschaften die professionelle Wahrnehmung von naturwissenschaftlichem Grundschulunterricht?
- Bestehen Unterschiede in der Wahrnehmung von Maßnahmen der kognitiven Aktivierung und der inhaltlichen Strukturierung?

### Methoden

Die professionelle Wahrnehmung bezüglich Maßnahmen der kognitiven Aktivierung und der inhaltlichen Strukturierung von Studierenden des Sachunterrichts ( $N = 84$ ) wurde im WS 2011/12 zu Beginn und im SoSe 2012 am Ende des Masterstudiums mithilfe eines standardisierten Videotests (Wolters et al., eing.) erfasst. Dieser besteht aus sechs kurzen Unterrichtsszenen zu den inhaltlichen Themen „Schwimmen und Sinken“ und „Aggregatzustände“. Das Durchschnittsalter der Studierenden lag bei 24 Jahren ( $SD_{\text{Alter}} = 3$ ), 89% waren weiblich. An sieben von acht beteiligten Universitäten wurden die Studierenden mit einem Schwerpunkt in einem natur- bzw. gesellschaftswissenschaftlichen Lernbereich bzw. Fach ausgebildet (73,8% der Stichprobe). Die übrigen Studierenden erhielten eine integrierte Ausbildung. Anhand der Studienordnungen der Universitäten und standardisierter telefonischer Interviews wurde der relative Anteil der Ausbildung im studierten Schwerpunkt ermittelt. Dieser macht im Durchschnitt 65% ( $SD = 17$ ;  $Min = 44\%$ ,  $Max = 86\%$ ) des Bachelorstudiengangs aus, der als Vorbereitung auf das Schulfach Sachunterricht dient. Ausgehend von der Angabe eines Lernbereiches bzw. einer fachlichen Vertiefung im Bachelorstudium wurden zwei Gruppen gebildet: Studierende aus Studiengängen mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt (NaWi,  $n = 29$ ) und Studierende aus Studiengängen ohne naturwissenschaftlichen Schwerpunkt bzw. mit einem nur sehr geringen Anteil an naturwissenschaftlichen Inhalten (keinNaWi,  $n = 55$ ). Zusätzlich erfolgte die Erhebung und Auswertung von Indikatoren für formale Lerngelegenheiten vor dem und im Bachelorstudium, bei denen ein Einfluss auf den Erwerb von Fachwissen bzw. fachdidaktischem Wissen in den Naturwissenschaften anzunehmen ist. Dabei wurde auf einer dichotomen Skala der Besuch von Veranstaltungen zu den Themen „Schwimmen und Sinken“, „Aggregatzustände“ und „Aufbau/Veränderung von Vorstellungen im Sachunterricht“ während des Bachelorstudiums erfragt. Zusätzlich wurde der Besuch von Grund-/Leistungskursen in Chemie bzw. Physik in der Schulzeit sowie die Abitur- und die Bachelornote als weitere Kontrollvariablen erhoben.

### Ergebnisse

Eine Varianzanalyse mit den Innersubjekt-Faktoren Zeit (Masterbeginn vs. Masterende) und Art der Lernunterstützung (kognitive Aktivierung vs. inhaltliche Strukturierung) sowie mit dem Schwerpunktbereich im Bachelorstudium als Zwischensubjekt-Faktor (NaWi vs. keinNaWi) weist auf signifikante Effekte von Zeit ( $p = .01$ ) und Art der Lernunterstützung ( $p < .001$ ) sowie ihrer Interaktion ( $p < .05$ ) hin. Der Einfluss des Schwerpunktes ist ebenfalls hoch signifikant ( $p = .001$ ). Die Betrachtung der signifikanten Interaktion zwischen Zeit und Art der Lernunterstützung zeigt, dass sich im Masterstudium nur die professionelle Wahrnehmung bezüglich der inhaltlichen Strukturierung signifikant verbessert, nicht aber bezüglich der kognitiven Aktivierung. Dabei werden Aspekte der inhaltlichen Strukturierung insgesamt besser wahrgenommen als Aspekte der kognitiven Aktivierung. Erwartungsgemäß nehmen Studierende mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt den naturwissenschaftlichen

Sachunterricht professioneller wahr als Studierende ohne diesen Schwerpunkt. Die Entwicklung der professionellen Wahrnehmung bei Studierenden mit und ohne Schwerpunkt in den Naturwissenschaften ist dabei ähnlich. Weiterführende Analysen zeigen zudem, dass Unterschiede im Besuch von Veranstaltungen im Bachelorstudium lediglich bei der fachdidaktischen Veranstaltung zum „Aufbau/Veränderung von Vorstellungen im Sachunterricht“ bestehen. Studierende mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt besuchten diese signifikant häufiger als Studierende ohne naturwissenschaftlichen Schwerpunkt. In Bezug auf die weiteren Kontrollvariablen zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

### Diskussion

Die professionelle Wahrnehmung angehender Sachunterrichtslehrkräfte verbessert sich im Laufe des Masterstudiums bezüglich der inhaltlichen Strukturierung, nicht aber bezüglich der kognitiven Aktivierung. Durch eine Kontrollgruppe in einer parallelen Untersuchung konnte sichergestellt werden, dass es sich bei der Verbesserung im Bereich der inhaltlichen Strukturierung um keine reinen Testwiederholungseffekte handelt, so dass diese Verbesserung sehr wahrscheinlich auf formale oder informelle Lerngelegenheiten im Masterstudium zurückzuführen ist; welche das sind, bleibt noch zu klären. Die Studie zeigt weiterhin, dass Studierende mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht professioneller wahrnehmen. Möglich ist, dass das aufgebaute Fachwissen bzw. fachdidaktische Wissen in den Naturwissenschaften die bereichsspezifische professionelle Wahrnehmung begünstigt. Maßnahmen der kognitiven Aktivierung werden insgesamt schlechter wahrgenommen und diesbezüglich tritt keine Verbesserung im Masterstudium auf. Dies lässt einen Schwachpunkt in der universitären Ausbildung erkennen und legt nahe, dass mehr Lerngelegenheiten bzw. eine gezielte Förderung bezüglich Maßnahmen der kognitiven Aktivierung nötig sind.

### Literatur

- Bromme, R., & Haag, L. (2008). Forschung zur Lehrerpersönlichkeit. In W. Helsper & J. Böhme (Hrsg.), *Handbuch der Schulforschung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 803-819.
- GDSU (2010). Sachunterricht in Schule und Lehrerbildung. Zugriff am 16.10.2013, von <http://www.gdsu.de/wb/pages/sachunterricht-in-der-grundschule-und-in-der-lehrerbildung.php>
- Kersting, N. B., Givvin, K. B., Sotelo, F. L., & Stigler, J. W. (2010). Teachers' analyses of classroom video predict student learning of mathematics: Further explorations of a novel measure of teacher knowledge. *Journal of Teacher Education*, 61(1-2), 172-181.
- Kersting, N. B., Givvin, K. B., Thompson, B. J., Santagata, R., & Stigler, J. W. (2012). Measuring Usable Knowledge Teachers' Analyses of Mathematics Classroom Videos Predict Teaching Quality and Student Learning. *American Educational Research Journal*, 49(3), 568-589.
- Reiser, Brian J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 273-304.
- Roth, K.J., Garnier, H.E., Chen, C., Lemmens, M., Schwille, K., & Wickler, N.I.Z. (2011). Videobased Lesson Analysis: Effective Science PD for Teacher and Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(2), 117-148.
- Seidel, T., & Prenzel, M. (2007). Wie Lehrpersonen Unterricht wahrnehmen und einschätzen – Erfassung pädagogisch-psychologischer Kompetenzen bei Lehrpersonen mit Hilfe von Videosequenzen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 8*, 201-216.
- van Es, E. A., & Sherin, M. G. (2002). Learning to notice: Scaffolding new teachers' interpretations of classroom interactions. *Journal of Technology and Teacher Education*, 10(4), 571-596.
- Vosniadou, S., Baltas, A., & Vamvakoussi, X. (Eds.). (2007). *Reframing the conceptual change approach in learning and instruction*. Oxford: Elsevier.
- Wolters, M., Meschede, N., Steffensky, M., & Möller, K. (eing.). *Professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht - Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung*.

### **Wirkung einer videogestützten Lehrerfort- und -weiterbildung**

Fortbildungen für Lehrkräfte wird meist eine besondere Bedeutung für die Unterrichtsqualität zugeschrieben: Fortbildungen sind notwendig, um dauerhaft einen qualitativen Unterricht zu gewährleisten und die Schulentwicklung positiv zu beeinflussen (OECD, 2009; Oelkers & Reusser, 2008; vgl. Mayr & Neuweg, 2009). Es finden sich Erkenntnisse darüber, welche Aspekte im Zusammenhang mit Fortbildungsangeboten die Teilnahmebereitschaft von Lehrkräften erhöhen oder eine Teilnahme eher verhindern (z. B. Daus, Pietzner, Höhner et al., 2004; Gagarina & v. Haldern, 2010). Darüber hinaus gibt es ebenfalls Erkenntnisse dazu, welche Eigenschaften einer Fortbildung zu ihrer Wirksamkeit beitragen (z. B. Lipowsky, 2011; Schneider & Plasman, 2011). Insbesondere bei deutschen Physiklehrkräften gibt es jedoch eine eher geringe Befundlage dazu, welche Merkmale der Teilnehmer/innen zum Engagement in einer bestimmten Maßnahme führen und wie sich der Kompetenzaufbau der Lehrkräfte während einer solchen Fortbildung vollzieht (vgl. von Aufschnaiter, 2007).

Im Rahmen eines Promotionsprojekts wird die Kompetenzentwicklung und Wahrnehmung von Lehrkräften im Rahmen einer Lehrerbildungsmaßnahme untersucht. Dazu wurden im ersten Halbjahr 2013 eine Fortbildung für Physiklehrkräfte und eine Weiterbildung für das Unterrichtsfach Physik durchgeführt. Aufgrund der Anlage und des Stichprobenumfangs (vgl. folgende Abschnitte) hat die Studie einen explorativen Charakter.

#### **Beschreibung der Maßnahmen und Datengrundlage**

Bei der Fortbildung handelte es sich um eine akkreditierte Fortbildungsmaßnahme für Physiklehrkräfte. Sie erstreckte sich über sechs Termine im Abstand von drei bis vier Wochen. Die Teilnahme erfolgte freiwillig. Bei der Weiterbildung handelte es sich um einen Bestandteil eines Weiterbildungskurses des Landesschulamtes für Quereinsteiger in den Schuldienst. Die Teilnahme war daher verpflichtend. Der Umfang betrug hier lediglich drei Termine, wobei diese inhaltlich identisch zu den ersten drei Terminen der Fortbildung waren. Beide Maßnahmen hatten als Zielsetzung einen Kompetenzaufbau der Lehrkräfte zu den Facetten „Knowledge of Students’ Understanding in Science“ und „Knowledge of Instructional Strategies for Teaching Science“ des fachdidaktischen Wissens (Park & Chen, 2012; vgl. Magnusson, Krajcik & Borko, 1999).

In der Fort- und Weiterbildung wurden der Konzeptaufbau im Lernprozess von Schülerinnen und Schülern nach von Aufschnaiter und Rogge (2010) über die Analyse von Videoaufzeichnungen behandelt, wobei auch eine mögliche Kompetenzorientierung unter Berücksichtigung dieses Konzeptaufbaus thematisiert wurde. Daran anknüpfend wurden in der Fortbildung Möglichkeiten zur Einbeziehung des eigenen Unterrichts (u. a. durch Videoaufzeichnungen) geschaffen.

Das Datenmaterial umfasst für beide Maßnahmen zwei verschiedene Quellen. Zum einen wurden jeweils eine Vor- und Nachbefragung zum fachdidaktischen Wissen, Fachwissen, zu Selbstwirksamkeitserwartungen und Überzeugungen sowie zum individuellen Fortbildungsbedarf der Lehrkräfte durchgeführt. Hierbei wurde größtenteils auf bestehende Instrumente zurückgegriffen und eine auf die Maßnahmen abgestimmte Itemauswahl getroffen. Zum anderen wurden durchgehend Videoaufzeichnungen der Teilnehmer/innen angefertigt.

Im Rahmen dieses Beitrags wird auf ausgewählte Ergebnisse aus der Vor- und Nachbefragung zur Fortbildung fokussiert.

### **Ausgewählte Ergebnisse aus der Vor- und Nachbefragung**

Bei der Teilnehmerzahl (Termin 1:  $N = 22$ ) kam es innerhalb der ersten beiden Termine zu einem deutlichen Rückgang der Beteiligung an der Maßnahme. Von zwölf Teilnehmern/innen liegen vollständige Vor- und Nachbefragungen vor. Es handelt sich um vier Lehrerinnen und acht Lehrer, die an unterschiedlichen Schulformen unterrichten. Das Durchschnittsalter dieser Gruppe liegt bei knapp über 41 Jahren. Diese Lehrkräfte haben an mindestens vier der sechs Fortbildungstermine teilgenommen und werden dementsprechend im Folgenden als regelmäßige Teilnehmer/innen bezeichnet.

Eine erste Frage, für die Fragebogendaten herangezogen werden, ist, ob es Unterschiede zwischen den regelmäßigen Teilnehmern/innen ( $N_R = 12$ ) und den Lehrkräften gibt, die höchstens an den ersten beiden Terminen an der Fortbildung teilgenommen haben ( $N_A = 8$ ). Dazu werden die Bereiche Wünsche und Erwartungen an Fortbildungen, Vorwissen in Bereichen des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens sowie Selbstwirksamkeitserwartungen betrachtet. Es zeigt sich, dass zwischen diesen beiden Gruppen in ihren Wünschen und Erwartungen an Fortbildungen nur einen signifikanten Unterschied bei der Einschätzung des Nutzens von Videoaufzeichnungen (4-stufige Likertskala) gab. Die regelmäßigen Teilnehmer/innen ( $Mdn = 3$ ) erwarten signifikant häufiger einen größeren Nutzen von der Analyse von Videoaufzeichnungen mit Fokus auf die Lehrkraft als die Lehrkräfte ( $Mdn = 2$ ), die die Fortbildung innerhalb der ersten beiden Termine abgebrochen haben ( $p = .001$ ,  $U = 12.00$ ,  $r = -.68$ ). Ein solcher Unterschied ist nicht beim erwarteten Nutzen von Videos mit einem Fokus auf Schüler/innen aufgetreten. In den Gesamtpunktzahlen für das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen hat sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen gezeigt. Ebenso unterscheiden sich die Werte für die allgemeine Selbstwirksamkeit und die Selbstwirksamkeit bezogen auf das Physiklehren nicht signifikant voneinander. Der gefundene Unterschied im erwarteten Nutzen von Videos mit Lehrerfokus erscheint als Grund für den Abbruch wenig plausibel, hier kann am ehesten eine Korrelation mit dem tatsächlichen Grund vermutet werden.

Bei einem Vergleich der Ergebnisse mit der Weiterbildung besteht ebenfalls kein signifikanter Unterschied in den Gesamtpunktzahlen für das abgefragte Fachwissen und das fachdidaktische Wissen zwischen den Teilnehmern/innen der Weiterbildung ( $N_W = 7$ ) und der Fortbildung ( $N = 22$ ).

Im Hinblick auf die Zielstellung der Fortbildung ist die Frage von Interesse, ob sich ein Aufbau von fachdidaktischem Wissen in den Facetten „Knowledge of Students’ Understanding in Science“ sowie „Knowledge of Instructional Strategies for Teaching Science“ nachweisen lässt. Eine Frage aus der Nachbefragung, die sich explizit auf Inhalte der Fortbildung bezieht, zeigt, dass die Lehrkräfte nach der Fortbildung über solches Wissen verfügen. Auch die Ergebnisse zu einer Fragestellung, in der dieses Wissen angewendet werden konnte, zeigt eine deutliche Verbesserung im Vergleich von Vor- und Nachbefragung. Die Teilnehmer/innen der Weiterbildung schneiden in beiden Fällen signifikant schlechter ab, was vor dem Hintergrund des geringeren Umfangs der Weiterbildung nicht verwundert. Durch die noch ausstehende qualitative Auswertung der offenen Antworten auf die fachdidaktischen Fragen sowie vor allem die Analyse der Videodaten werden genauere Aussagen zur Kompetenzentwicklung im Bereich des fachdidaktischen Wissens möglich sein.

Von Interesse bei einer Fortbildung mit fachdidaktischer Ausrichtung ist sicherlich die Frage nach einer Veränderung in der auf das Physiklehren bezogenen Selbstwirksamkeitserwartung. Hier ergibt der Vergleich zwischen Vor- ( $M = 3.16$ ) und Nachbefragung ( $M = 3.34$ ) knapp keinen signifikanten Zuwachs für die Fortbildung zwischen den beiden Erhebungszeitpunkten ( $p = .055$ ,  $Z = -1.60$ ,  $r = -.48$ ). Allerdings zeigt die Teilnehmerin mit der größten absoluten Änderung in dieser Skala gerade eine Abnahme in ihrer Selbstwirksamkeitserwartung.

Eine abschließende Fragestellung im Zusammenhang mit den Befragungen richtet sich auf mögliche Änderungen in den Wünschen der Lehrkräfte an Fortbildungen. Die Wünsche nach den von der Fortbildung abgedeckten Inhalten – Lernprozesse von Schüler/innen, Diagnostik und Kompetenzorientierung – unterscheiden sich nicht nennenswert in der Häufigkeit ihrer Angabe. Einen vergleichsweise starken Anstieg über die Fortbildung verzeichnet der Wunsch nach einem kollegialen Austausch. Dass dieser Aspekt aus Sicht von Lehrkräften eine besondere Rolle spielt, ist bereits in der Literatur dokumentiert (Daus et al., 2004).

### **Zusammenfassung und Ausblick**

In einem ersten Zugang zu den vorliegenden Daten aus einer Fortbildungsmaßnahme wurde geprüft, ob sich Personenmerkmale regelmäßiger Teilnehmer/innen von denen unterscheiden, die die Maßnahme abgebrochen haben. Im Wesentlichen zeigt sich in den Analysen kein Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen. Aus Befragungs- und Testdaten konnte zudem gezeigt werden, dass in der Fortbildung thematisierte Inhalte von den regelmäßigen Teilnehmer/innen für die Bearbeitung fachdidaktischer Aufgaben genutzt werden. Eine qualitative Auswertung von Freitext-Antworten auf fachdidaktische Fragen in den Testungen steht gegenwärtig noch aus.

Ein Schwerpunkt der nächsten Arbeitsschritte wird die Auswertung der Videodaten darstellen, die prozessbasierte Aussagen über einen Verläufe des Kompetenzaufbaus der Lehrkräfte zu über die einzelnen Fortbildungstermine ähnlich angelegten Aufgaben generieren soll. Aufgrund der kleinen Stichprobe ist hier besonders zu bedenken, dass sich nur Hinweise auf Hypothesen ergeben können, die in weiteren Studien an größeren Fallzahlen geprüft werden müssen.

### **Literatur**

- von Aufschnaiter, C. (2007). Lernprozessorientierung als wesentliches Element von Lehrerbildung. In D. Lemmermöhle, M. Rothgangel, S. Bögeholz, M. Hasselhorn & R. Watermann (Hrsg.), *Professionell lehren – erfolgreich lernen* (S. 53-64). Münster: Waxmann.
- von Aufschnaiter, C., & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 95-114.
- Daus, J., Pietzner, V., Höner, K., Scheuer, R., Melle, I., Neu, C., . . . Bader, H. J. (2004). Untersuchung des Fortbildungsverhaltens und der Fortbildungswünsche von Chemielehrerinnen und Chemielehrern. *CHEMKON*, 11(2), 79-85.
- Lipowsky, F. (2011). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und Weiterbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 398-417). Münster: Waxmann.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. Lederman (Hrsg.), *Examining pedagogical content knowledge* (S. 95-132). Dordrecht, Niederlande: Kluwer.
- Mayr, J., & Neuweg, G. H. (2009). Lehrer/innen als zentrale Ressource im Bildungssystem: Rekrutierung und Qualifizierung. In W. Specht (Hrsg.), *Nationaler Bildungsbericht Österreich 2009. Band 2: Fokussierte Analysen bildungspolitischer Schwerpunktthemen* (S. 99-119). Graz: Leykam.
- OECD. (2009). *Creating effective teaching and learning environments: First results from TALIS*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development OECD.
- Oelkers, J., & Reusser, K. (2008). *Qualität entwickeln – Standards sichern – mit Differenzen umgehen. Bildungsforschung Band 27*. [www.bmbf.de/pub/bildungsforschung\\_band\\_siebenundzwanzig.pdf](http://www.bmbf.de/pub/bildungsforschung_band_siebenundzwanzig.pdf) [24.09.2013].
- Park, S., & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922-941. doi: 10.1002/tea.21022.
- Schneider, R. M., & Plasman, K. (2011). Science teacher learning progressions: A review of science teachers' pedagogical content knowledge development. *Review of Educational Research*, 81(4), 530-565. doi: 10.3102/0034654311423382.

Jurik Stiller<sup>1</sup>  
 Philipp Straube<sup>2</sup>  
 Sabrina Mathesius<sup>2</sup>  
 Stefan Hartmann<sup>1</sup>  
 Rüdiger Tiemann<sup>1</sup>  
 Volkhard Nordmeier<sup>2</sup>  
 Dirk Krüger<sup>2</sup>  
 Annette Upmeier zu Belzen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Humboldt-Universität zu Berlin  
<sup>2</sup>Freie Universität Berlin

### **Fachmethodische Kompetenzen im Lehramtsstudium - das Projekt Ko-WADiS<sup>1</sup> -**

#### **Einführung in das Vortragssymposium**

Die Modellierung und -erhebung von Kompetenzen spielt eine herausragende Rolle in der Bildungsforschung. Der bisherige Vorrang der schulbezogenen Kompetenzforschung schlägt sich in der Abwesenheit entsprechender Projekte und Ergebnisse im Bereich der Hochschule nieder (Zlatkin-Troitschanskaia & Kuhn, 2010). In den letzten Jahren jedoch wird die Modellierung und Messung von Kompetenzen zunehmend auf den akademischen Sektor ausgeweitet – auch auf die Lehrerbildung. Die ersten wegbereitenden Arbeiten (TEDS-M und COACTIV) waren in der Mathematikdidaktik angesiedelt (Blömeke, Kaiser, & Lehmann, 2008; Kunter et al., 2013). Struktur und Entwicklung der professionellen Handlungskompetenz Naturwissenschaftslehrender im Verlauf von Studium, Vorbereitungsdienst und Lehrtätigkeit sind jedoch noch wenig aufgeklärt worden. Insbesondere eine domänenübergreifende Modellierung der fachwissenschaftlichen Kompetenzen Naturwissenschaftsstudierender mit besonderer Berücksichtigung der *fachmethodischen* Kompetenzen ist bislang ausgeblieben. Im Projekt Ko-WADiS wird diesem Desiderat begegnet. Im Symposium vertreten waren die Teilprojekte des Verbunds Ko-WADiS aus der Chemie (AG Rüdiger Tiemann) und Physik (AG Volkhard Nordmeier). Die Biologiedidaktik ist in Ko-WADiS mit einem Promotionsprojekt in der Freien Universität Berlin (AG Dirk Krüger) sowie in der Humboldt-Universität (AG Annette Upmeier zu Belzen) beteiligt. In letzterer Gruppe ist ein wissenschaftlicher Mitarbeiter zur Absicherung zusätzlicher psychometrischer Expertise angestellt. Dieser erste Beitrag dient der überblickshaften Darstellung der Motivation und Ausgangslage. Nach der kurzen Einführung werden im folgenden Beitrag die theoretischen Grundlagen erläutert (Straube et al., in diesem Band). Im Anschluss wird das Vorgehen in Bezug auf die Konstruktion von Aufgaben im Projekt expliziert (Straube et al., in diesem Band) und abschließend werden erste Ergebnisse der Pilotierung vorgestellt (Stiller et al., in diesem Band).

Das Projekt Ko-WADiS wird im Rahmen des Forschungsprogramms KoKoHs<sup>2</sup> vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Die erste Förderphase endet 2015.

#### **Ausgangslage und Forschungsstand**

Die professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften umfasst sowohl Überzeugungen und Werthaltungen, motivationale Orientierungen und selbstregulative Fähigkeiten als auch das sogenannte Professionswissen (Baumert & Kunter, 2006). Kompetenzen sind nach Hartig und Klieme (2006) kontextspezifische kognitive Leistungsdispositionen.

<sup>1</sup> Kompetenzmodellierung und -erfassung zum Wissenschaftsverständnis über naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen bei Studierenden (Lehramt) in den drei naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik

<sup>2</sup> Kompetenzmodellierung und Kompetenzerfassung im Hochschulsektor

Das Professionswissen Lehrender und Lehramtsstudierender ist erst in den letzten Jahren verbreitet Gegenstand insbesondere naturwissenschaftsdidaktischer Forschung gewesen. Dabei haben sich die Projekte meist an den fundamentalen Arbeiten Lee Shulmans (1986, 1987) orientiert, der eine heute weitestgehend akzeptierte Strukturierung des professionellen Wissens in Fachwissen (content knowledge<sup>3</sup>), fachdidaktisches Wissen (pedagogical content knowledge) und pädagogisches Wissen (pedagogical knowledge) vorschlägt. Im Sinne von Shulman (1986) sind die verschiedenen Professionswissensfacetten nicht (nur) in der intuitiven Übersetzung – knowledge = (deklaratives) Wissen – zu verstehen<sup>4</sup>. Vielmehr ist eine Unterscheidung in eher deklarative Bestandteile eines Professionswissens und Bestandteile fachwissenschaftlicher, fachdidaktischer und pädagogischer *Kompetenzen* (die Fähigkeit, dieses Wissen anzuwenden) angebracht.

Fachwissen kann weiter in *substantive* und *syntactic* knowledge unterteilt werden (Grossman, Wilson, & Shulman, 1989). Erstere Wissens- und Kompetenzbestände betreffen die Struktur und Anlage des Wissens der jeweiligen Domäne, syntaktisches Wissen und syntaktische Kompetenzen beziehen sich auf fachliche Methoden und Generierung und Beurteilung fachlichen Wissens („the teacher must [...] understand *why* [Hervorh. im Original] it is so, on what grounds its warrant can be asserted, and under what circumstances our belief in its justification can be weakened and even denied“ [Shulman, 1986, S. 9]).

### Projekte in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung

Projekte im deutschsprachigen Raum sind für die naturwissenschaftlichen Fächer angelaufen (eine Übersicht findet sich in Kulgemeyer, 2013). Untersuchungen verfolgen einerseits domänenübergreifende Ansätze: Beispiele sind das Projekt ProwiN<sup>5</sup> (Borowski et al., 2010; Tepner et al., 2012) sowie das Projekt KiL<sup>6</sup> (Kröger, Euler, Neumann, Härtig, & Petersen, 2012). Ein zweiter Schwerpunkt sind domänenspezifische Modellierungen des Professionswissens Lehramtsstudierender. Zwei Projekte der Physikdidaktik seien exemplarisch genannt, die Arbeit von Riese und Reinhold (2010) sowie das Projekt ProfiLe-P<sup>7</sup> (Kulgemeyer, 2013). Zudem modellieren Woitkowski, Riese und Reinhold (2011) in einem etwas abgewandelten Ansatz die fachwissenschaftliche Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. Das Projekt Ko-WADiS ist im Bereich der Erforschung der fachwissenschaftlichen *Kompetenzen*, genauer der *fachmethodischen* Kompetenzen angesiedelt.

### Bedeutung des Fachwissens

Baumert et al. (2010) betonen die Bedeutung einer profunden Fachwissensbasis sowohl für erfolgreichen Unterricht (z.B. im Hinblick auf die Gestaltung von curricular passenden Materialien) als auch für die Ausbildung fachdidaktischen Wissens bzw. fachdidaktischer Kompetenzen (auf Lehrendenseite). Aber auch in normativen Setzungen wie den Bildungsstandards für die Schule (Kultusministerkonferenz [KMK], 2005; dort als Erkenntnisgewinnungskompetenz) und auch für die Ausbildung der Lehrerinnen und Lehrer (KMK, 2010) wird die besondere Bedeutung der fachmethodischen Kompetenzen deutlich. Abell (2007) beschreibt empirische Studien zu fachmethodischen Kompetenzen: Aiello-Nicosia, Sperandeo-Mineo und Valenza (1984) messen den Fähigkeiten der Lehrerinnen und Lehrer, Variablen gezielt zu kontrollieren, hohes prognostisches Potential in Bezug auf die

<sup>3</sup> Content knowledge umfasst nach Shulman (1986) *subject matter knowledge*, *pedagogical content knowledge* und *curricular knowledge* (Kunter et al. (2013) konnte die empirische Trennbarkeit von subject matter knowledge und pedagogical content knowledge nachweisen)

<sup>4</sup> So schreibt Shulman (1986) von einer Erforschung der „teaching competence“ (S. 8).

<sup>5</sup> Professionswissen in den Naturwissenschaften

<sup>6</sup> Messung professioneller Kompetenzen in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen

<sup>7</sup> Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik

Leistung der Schülerinnen und Schüler bei. Taylor und Dana (2003) berichten von inkonsistenter Verwendung der Konzepte wissenschaftlicher Evidenz (und Verwechslungen mit fachinhaltlichen Konzepten). Lawson (2002) beschreibt die Fehler beim Testen von Hypothesen, die besonders häufig in Bezug auf nicht beobachtbare Entitäten auftreten.

#### Literatur

- Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1105–1150). New York: Routledge.
- Aiello-Nicosia, M. L., Sperandio-Mineo, R. M., & Valenza, M. A. (1984). The relationship between science process abilities of teachers and science achievement of students: An experimental study. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(8), 853-858.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469-520.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., ... Tsai, Y.-M (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133-180.
- Blömeke, S., Kaiser, G., & Lehmann, R. (Hrsg.). (2008). Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer – Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare – Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. Münster: Waxmann.
- 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.
- Grossman, P.L., Wilson, S. M., & Shulman, L. S. (1989). "Teachers of substance: Subject matter knowledge for teaching." In M.C. Reynolds (Ed.), *Knowledge base for the beginning teacher*. New York: Pergamon.
- Hartig, J., & Klieme, E. (2006). Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 127–143). Berlin: Springer
- Kröger, J.; Euler, M.; Neumann, K.; Härtig, H. & Petersen, S. (2012). Messung Professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011 (S. 616-618). Berlin: LIT Verlag.
- Kulgemeyer, C. (2013). Professionswissen von Lehramtsstudierenden der Physik und der Chemie - Einführung in das Postersymposium. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 521-523). Kiel: IPN.
- Kultusministerkonferenz. (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. München: Wolter Kluwer.
- Kultusministerkonferenz. (2010). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschlüsse der KMK. München: Wolter Kluwer.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (2013). Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers. Results from the COACTIV project. New York, NY: Springer.
- Lawson, A. E. (2002). Sound and faulty arguments generated by preservice biology teachers when testing hypotheses involving unobservable entities. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 237-252.
- Riese, J., & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 167-187.
- Shulman, L. S. (1986). Paradigms and research programs in the study of teaching: A contemporary perspective. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching*. A project of the American Educational Research Association. New York, NY: Macmillan.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Education Review*, 57(1), 1-22.
- Taylor, J. A., & Dana, T. M. (2003). Secondary school physics teachers' conceptions of scientific evidence: An exploratory case study. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(8), 721-736.
- Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., 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.
- Woitkowski, D., Riese, J., & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 289-313.
- Zlatkin-Troitschanskaia, O., & Kuhn, C. (2010). Messung akademisch vermittelter Fertigkeiten und Kenntnisse von Studierenden bzw. Hochschulabsolventen: Analyse zum Forschungsstand. *Johannes Gutenberg-Universität Mainz: Arbeitspapiere Wirtschaftspädagogik*, Nr. 56.

Philipp Straube<sup>1</sup>  
 Rüdiger Tiemann<sup>2</sup>  
 Annette Upmeyer zu Belzen<sup>2</sup>  
 Dirk Krüger<sup>1</sup>  
 Volkhard Nordmeier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Freie Universität Berlin  
<sup>2</sup>Humboldt Universität zu Berlin

## Ko-WADiS | Theoretische Grundlagen

### Einleitung

Das Projekt Ko-WADiS<sup>1</sup> wird im Rahmen der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Forschungsinitiative KoKoHs<sup>2</sup> angesiedelt. Im Rahmen dieser Initiative werden 23 Forschungsverbünde der unterschiedlichsten Fachrichtungen gefördert. Gemeinsam ist den Verbänden die gemeinsame methodische Ausrichtung im Hinblick auf Modellierung und Erfassung von Kompetenzen. Neben Ko-WADiS beschäftigen sich auch die Projekte Profile-P und EXMO mit naturwissenschaftlicher Lehrerbildung.

### Projektanlage

Der Kompetenzbegriff in KoKoHs, der auch Ko-WADiS zugrunde liegt, bezieht sich unter anderem auf Klieme & Leutner (2006), die Kompetenzen definieren als „kontextspezifische kognitive Leistungsdispositionen, die sich funktional auf Situationen und Anforderungen in bestimmten Domänen beziehen“ (Klieme & Leutner, 2006, S. 4). Trotz der Domänenspezifität wird aber auch auf eine gewisse Generalisierbarkeit der Kompetenzen hingewiesen (Hartig & Klieme, 2006).

Während der Kompetenzbegriff und die damit einhergehende curriculare Umorientierung in der deutschen Schule bereits vor knapp zehn Jahren Eingang gefunden hat und auch entsprechend beforscht wurde (z.B. Walpulis et al., 2010), fand dieser Bereich in der Hochschule zunächst wenig Beachtung. Dies geschah im Widerspruch zur im Zuge der Bologna-Reform kompetenzorientierten Beschreibung der Studiengänge. Forschungsanstrengungen zur Messung von Kompetenzen, wie in der primären und sekundären Bildung, blieben in der akademischen Lehrerausbildung zunächst aus oder beschränkten sich auf Einzelprojekte (z.B. Woitkowski, Riese, & Reinhold, 2011). Für die Hochschule kann somit – jedoch nicht nur auf die Lehrerausbildung beschränkt – eine Forschungslücke konstatiert werden (Zlatkin-Troitschanskaia & Kuhn, 2010).

Im Projekt Ko-WADiS soll diese Lücke zumindest ein Stück weit geschlossen werden, indem ein empirisch fundiertes Messinstrument für den Bereich „Erkenntnisgewinnung“ entwickelt wird. Der Bereich Erkenntnisgewinnung ist ein zentraler Bereich der normativ gesetzten Standards der Lehrerbildung in Deutschland (Kultusministerkonferenz, 2010) und wird auch als ein wichtiger Bestandteil für den Mittleren Schulabschluss (Kultusministerkonferenz, 2005) gesetzt. Weiterhin hat er Bedeutung als ein Teil der Scientific Literacy (Bybee, 2002). Ausgehend von den Arbeiten Shulmans (1986) ist Erkenntnisgewinnung im Bereich des *content knowledge* angesiedelt. Beschrieben wird es unter anderem von Abell (2007) als *science syntactic knowledge* (zur Einordnung des Projekts in die Tradition der Forschung zum Lehrberufswissen siehe auch einleitender Beitrag Stiller et al., in diesem Band).

Mit Hilfe des zu entwickelnden Instruments sollen Struktur und Entwicklung der Kompetenzen Studierender im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung

<sup>1</sup> Kompetenzmodellierung und -erfassung zum Wissenschaftsverständnis über naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen bei Studierenden (Lehramt) in den drei naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik

<sup>2</sup> Kompetenzmodellierung und Kompetenzerfassung im Hochschulsektor

erhoben werden. Das Instrument wird im Rahmen des Projekts entwickelt und validiert. Weitere Fragen, die innerhalb des Projekts geklärt werden sollen, betreffen Unterschiede zwischen Studierenden mit einem und zwei naturwissenschaftlichen Fächern, zwischen Lehramtsstudierenden und Studierenden des jeweiligen Mono-Bachelorstudiengangs. Schließlich soll auch erfasst werden, ob sich die Leistungen Studierenden eines Masters mit 60 Leistungspunkten und eines Masters mit 120 Leistungspunkten unterscheiden. Durch die Erhebung einiger Studierender-Kohorten an den Partneruniversitäten in Wien und Innsbruck soll außerdem der Einfluss eines auf Kompetenzerwerb ausgerichteten Studiums in Deutschland – im Gegensatz zum noch nicht kompetenzorientiert aufgebauten Studium in Österreich – geklärt werden.

Bei der Studie handelt es sich um eine Multikohorten-Studie, die im Längsschnitt durchgeführt wird. Innerhalb des Studienverlaufs gibt es vier Messzeitpunkte – zwei jeweils am Anfang des ersten Bachelor- bzw. Mastersemesters, zwei weitere am Ende des vierten Bachelor- bzw. Mastersemesters. Erfasst werden sollen die Kompetenzen aller Lehramtsstudierender der drei Fächer Biologie, Chemie und Physik an beiden beteiligten Berliner Universitäten. Daraus ergeben sich Stichprobengrößen von ca. 1900 Studierenden in den Bachelorstudiengängen und von ca. 900 Studierenden in den Masterstudiengängen. Hinzu kommen ca. 600 Studierende aus Wien und Innsbruck sowie ca. 900 Studierende aus den Mono-Studiengängen an den Berliner Universitäten.

### **Theorie der Erkenntnisgewinnung**

Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung gliedert sich nach Mayer (2007) in die drei Bereiche Charakteristika der Naturwissenschaften, wissenschaftliche Untersuchungen sowie wissenschaftliche Arbeitstechniken. Im Fokus dieses Projekts stehen die wissenschaftlichen Untersuchungen, die als wissenschaftliches Denken (scientific reasoning) operationalisiert werden. Der Prozess des wissenschaftlichen Denkens wird demnach als ein komplexer Problemlöseprozess verstanden, also „als zielorientiertes Denken und Handeln in Situationen [...], für deren Bewältigung keine routinierten Vorgehensweisen verfügbar sind“ (Mayer, 2007, S. 178). Wissenschaftliches Denken wird durch zwei Variablen beeinflusst, die Prozessvariablen (naturwissenschaftliche Fragen formulieren, Hypothesen generieren, Untersuchungen planen, Daten analysieren, Schlussfolgerungen ziehen) sowie die Personenvariablen (deklaratives Wissen über Konzepte und Methoden, kognitive Fähigkeiten; Mayer, 2007).

Die Grundlage des Projekts Ko-WADiS bildet ein Kompetenzmodell mit den zwei Hauptkategorien „Untersuchungen“ und „Modelle nutzen“. Dieses Modell wurde anhand von bestehenden Modellen adaptiert (Mayer, 2007; Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010). Der Bereich „Untersuchungen“ umfasst dabei sowohl Experimente als auch Beobachtungen. „Beim Experimentieren wird zielgerichtet in einen Ablauf eingegriffen. Es werden zur Aufdeckung von kausalen Zusammenhängen künstlich veränderte Bedingungen kontrolliert, unter denen die zu erforschende Erscheinung verläuft.“ (Wellnitz & Mayer, 2008, S. 137). Beobachten ist eine Methode, „welche sich aus dem systematischen Planen, dem aufmerksamkeitsgeleiteten Beobachten, der systematischen Beschreibung und Aufzeichnung, dem Zählen und der Hinterfragung von Kausalzusammenhängen zusammensetzt. [...] Im Gegensatz zum Experimentieren werden die zu beobachtenden Merkmale oder Eigenschaften nicht künstlich isoliert oder variiert.“ (Wellnitz & Mayer, 2008, S. 135). Die Dimension „Untersuchungen“ ist dabei in vier Subdimensionen unterteilt (siehe Abb. 1). „Modelle Nutzen“ umfasst die Bereiche Zweck, Testen und Ändern von Modellen. Kompetenzen in diesem Bereich „drücken sich in Fähigkeiten zum wissenschaftlichen Denken [...] im Prozess der Erkenntnisgewinnung mit Modellen aus“ (Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010, S. 51; vgl. auch Mayer, 2007).

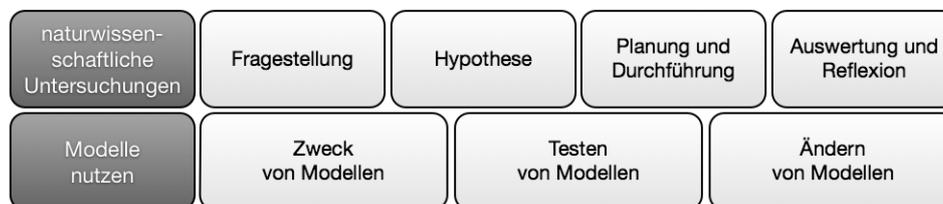


Abb.1: Kompetenzmodell

Aufgaben wurden ausgehend von diesem Kompetenzmodell entwickelt und pilotiert. Der genaue Prozess der Aufgaben Entwicklung findet sich im nachfolgenden Beitrag (Straube et al., in diesem Band).

Das Projekt wird im Rahmen der Initiative KoKoHs durch das BMBF gefördert. Es endet in 2015.

#### Literatur

- Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1105–1150). New York: Routledge.
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Eds.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21–43). Opladen: Leske + Budrich.
- Hartig, J., & Klieme, E. (2006). Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In K. Schweizer (Ed.), *Leistung und Leistungsdiagnostik. Mit 18 Tabellen* (S. 127–143). Heidelberg: Springer Medizin.
- Klieme, E. & Leutner, D. (2006). *Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen: Überarbeitete Fassung des Antrags an die DFG auf Einrichtung eines Schwerpunktprogramms*. Retrieved from <http://kompetenzmodelle.dipf.de/pdf/rahmenantrag>
- Kultusministerkonferenz. (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. München: Wolter Kluwer.
- Kultusministerkonferenz. (2010). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung: Beschlüsse der Kultusministerkonferenz*.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 177–184). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4–14.
- Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41–57.
- Walpulski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E., & Wellnitz, N. (2010). ESNas - Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I. In A. Gehrman (Ed.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle. Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht* (S. 171–184). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Wellnitz, N., & Mayer, J. (2008). Evaluation von Kompetenzstruktur und -niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 7, 129–144.
- Woitkowski, D., Riese, J., & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 289–313.
- Zlatkin-Troitschanskaia, O., & Kuhn, C. (2010). Messung akademisch vermittelter Fertigkeiten und Kenntnisse von Studierenden bzw. Hochschulabsolventen: Analyse zum Forschungsstand. *Arbeitspapiere WP*, (56), 1–33.

Philipp Straube<sup>1</sup>  
 Jurik Stiller<sup>2</sup>  
 Rüdiger Tiemann<sup>2</sup>  
 Volkhard Nordmeier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Freie Universität Berlin  
<sup>2</sup>Humboldt-Universität zu Berlin

## Ko-WADiS | Aspekte der Itemkonstruktion

### Einleitung

Das der Itemkonstruktion im Rahmen des Projekts *Ko-WADiS* zugrunde liegende Kompetenzstrukturmodell (Straube et al. in diesem Band) wurde anhand bestehender Modelle adaptiert (Mayer, 2007; Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010), die deduktiv aus der Theorie abgeleitet wurden. Bei der deduktiven Ableitung werden, ausgehend von theoretischen Überlegungen, die konkreten Handlungen beschrieben und ggf. durch Expertenurteile abgesichert (Hartig & Jude, 2007). Auf Grundlage des Kompetenzmodells wurde im Rahmen des Projektes *Ko-WADiS* ein Testinstrument zur Kompetenzerfassung entwickelt.

Grundsätzlich stehen dabei mehrere Testverfahren zur Verfügung. Dazu zählen unter anderem Selbsteinschätzungen, direkte Beobachtungen oder Paper-and-Pencil-Tests (dazu überblicksartig Hartig & Jude, 2007). Für den Bereich der Erkenntnisgewinnung beschreiben Schreiber, Theyßen, und Schecker (2009) darüber hinausgehend Instrumente, die die aufwändige Beobachtung von Experimentiersituationen durch Simulationsbaukästen am Computer ersetzen. Die Auswahl der Testinstrumente muss jedoch auch immer im Kontext der Stichprobe und der damit verbundenen Kosten gesehen werden (Stecher & Klein, 1997). Die Stichproben im Projekt *Ko-WADiS* umfassen zunächst 150 bis 400 Studierende der beteiligten Fächer an beiden beteiligten Universitäten pro Erhebung. Zusätzlich kommen punktuell die Studierenden der entsprechenden Mono-Bachelor- bzw. -Master-Studiengänge, die als Kontrollgruppe fungieren, hinzu. Der Weiteren werden – ebenfalls punktuell – Studierende der Universitäten in Wien und Innsbruck getestet, um den Einfluss eines nicht-kompetenzorientierten Studiums untersuchen zu können. Daraus ergibt sich eine Gesamtstichprobengröße von bis zu 1000 Studierenden. Ein Einsatz von direkten Beobachtungen ist daher nicht zu realisieren. Eine Selbsteinschätzung der Studierenden ist zwar ökonomischer im Einsatz, jedoch wird der Einsatz im Zusammenhang mit der Kompetenzerhebung kritisch beurteilt (Hartig & Jude, 2007). Der Einsatz der oben genannten Simulationsbaukästen wirft andere Probleme auf. So ist insbesondere fraglich, ob auf Hardwareseite die notwendigen Voraussetzungen erfüllt werden können. Konkret betrifft dies die Frage, ob für Kohorten mit mehreren hundert Studierenden ausreichend Desktop- oder Tablet-PCs zu organisieren sind. Zudem müssen die Simulationen programmiert werden und Aufgaben bestimmter Kompetenzfacetten eignen sich auch nicht für den Einsatz eines Simulationsbaukastens.

Diese Vorbetrachtung führte zu der Entscheidung, in diesem Projekt auf Paper-and-pencil-Tests zurückzugreifen. Auch wenn die Validität gerade im Bereich Experimentieren angezweifelt wird (Schreiber, Theyßen, & Schecker, 2009), so sprechen gerade die durch die hohe Standardisierung gewährleistete Testobjektivität und die ökonomische Einsetzbarkeit in Large-Scale-Studien für dieses Instrument (Hartig & Jude, 2007). Die Validität des Testinstruments wird durch eine gründliche theoretische Vorarbeit, an der sich die Aufgabenentwicklung orientiert, gewährleistet. Zusätzlich wird jede Aufgabe durch Experten beurteilt. Die Wahl fiel auf multiple-choice (single-select) Items (MC). Diese sind schneller auszuwerten, wodurch sie ökonomischer in large-Scale-Studien einzusetzen sind. Zudem weisen sie im Vergleich zu offenen Testaufgaben eine höhere Auswertungsobjektivität auf (Moosbrugger & Kelava, 2012). Durch die Vorgabe von

möglichen Antwortmöglichkeiten wird aber die Validität der Aufgaben in Frage gestellt, weshalb diese auf Grundlage einer gründlichen theoretischen Vorarbeit konstruiert werden müssen (Hartig & Jude, 2007).

### **Konkretes Vorgehen**

Im Projekt Ko-WADiS wurden die Testitems anhand des adaptierten Kompetenzstrukturmodells entwickelt (s.o.). Um eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Items zu erreichen und der oben geforderten gründlichen theoretischen Vorarbeit Genüge zu tun, wurde eine Konstruktionsanleitung für die Items entwickelt. In dieser sind die verschiedenen Zellen des Kompetenzmodells konkret beschrieben und die unterschiedlichen Möglichkeiten der Aufgabenkonstruktion dargestellt. Außerdem wurde für jede Teilkompetenz ein einheitlicher Impuls festgelegt. Beispielhaft sei hier der Bereich *Hypothese* aufgeführt. Hier lautet der Impuls: „Stellen Sie eine naturwissenschaftliche Hypothese zu diesem Phänomen auf.“ Bewusst wird hier nach einer *naturwissenschaftlichen* Hypothese gefragt, um der postulierten fächerübergreifenden *naturwissenschaftlichen* Erkenntnisgewinnungskompetenz gerecht zu werden. Die Bereichs-Spezifität einer Aufgabe ergibt sich erst aus dem entsprechenden Kontext, der eindeutig einem der drei beteiligten Fächer zuzuordnen ist. Der dargestellte Impuls wurde gegebenenfalls geringfügig an die konkrete Aufgabe angepasst, zum Beispiel, wenn die, einer Untersuchung zugrunde liegende, Hypothese genannt werden sollte.

Ausgehend von den sieben Zellen des Kompetenzmodells (Mayer, 2007; Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2010) wurde zunächst angestrebt, pro Fach und Zelle zehn Items zu entwickeln. Dieses führt demnach zu 70 Items pro Fach. Ein gangbarer und auch empfohlener Weg zur Konstruktion von multiple-choice-Items ist der Einsatz von halboffenen Aufgaben (Bortz & Döring, 2006). Aus den Antworten der Studierenden lassen sich dann Distraktoren für MC-Items ableiten. In diesem Projekt wurde eine leicht abgewandelte Form dieser Methode verwendet: Es wurden offene Aufgaben eingesetzt, die den Studierenden mehr Freiheiten in der Gestaltung ihrer Antworten geben. Dadurch sollte eine weitere Bandbreite an Antworten erreicht werden. Die Auswertung der Antworten wird dadurch aber aufwändiger, gleichzeitig müssen umfassendere sprachliche Anpassungen vorgenommen werden (Burton, Sudweeks, Merrill & Wood, 1991). Zu bedenken ist dabei auch, dass die Beantwortung einer offenen Frage deutlich mehr Zeit in Anspruch nimmt, als die Beantwortung einer halboffenen oder geschlossenen Frage. Die Testhefte müssen dementsprechend kurz gehalten werden. Die Testhefte für diese Prä-Pilotierung umfassten 14 bis 15 Aufgaben. Zusätzlich wurden mehrere Fragen zu den einzelnen Aufgaben gestellt, die eine bessere Einschätzung erlauben sollten (Straube & Nordmeier, 2013). Die Bearbeitungszeit reichte von zirka einer halben Stunde bis deutlich über eine Stunde, wobei diese Daten Erfahrungswerte sind und nicht speziell protokolliert wurden. Auch der Zusammenhang zwischen Bearbeitungszeit und Qualität der Antworten wurde nicht weiter untersucht.

Insgesamt wurden über 140 Testhefte bearbeitet. Jede Aufgabe wurde damit mindestens zehn Mal bearbeitet, wobei für einige Aufgaben deutlich mehr Antworten vorlagen, weil eine gleichmäßige Ausgabe der Testhefte nicht immer gelang oder einige Studierende mehrere mögliche Antworten zu einem Item notierten. Die Antworten wurden zunächst auf ihre fachliche Richtigkeit hin analysiert und mehrmals vorkommende Antworten zusammengefasst. Aus den erhaltenen Antworten wurden pro Aufgabe drei Distraktoren und ein Attraktor gewonnen. Teilweise lagen so viele Antworten vor, dass aus einem Item zwei Items mit gleichem Aufgabenstamm (aber unterschiedlichen MC-Optionen) erstellt werden konnten. Die MC-Optionen wurden sprachlich vereinheitlicht (Burton, Sudweeks, Merrill & Wood, 1991). Anschließend wurden sie zunächst durch einen Experten des eigenen Faches, später durch mindestens einen Experten der anderen beteiligten Fächer und einen psychometrisch ausgewiesenen Experten (S. Hartmann, HU Berlin) bewertet und

gegebenenfalls überarbeitet (Schecker & Parchmann, 2006). Die Begutachtung der Items durch die fachfremden Experten sollte sicherstellen, dass diese auch durch Studierende der anderen Fächer prinzipiell – nur durch ‚Einsatz‘ ihrer Erkenntnisgewinnungskompetenz – lösbar sind. Im Anschluss wurden die Items an über 600 Studierenden der beteiligten Fächer pilotiert. Die Items wurden im Sinne des Multimatrix-Designs auf insgesamt 48 Testhefte verteilt.

Die Items wurden anhand von Item- und Modellfitparametern (Itemschwierigkeit, wMNSQ, T-Wert und klassische Trennschärfe) selektiert. Items, die schlechte Itemparameter aufwiesen, wurden aussortiert. Teilweise wurden diese erneut intensiv geprüft und überarbeitet. Außerdem wurde ausgehend von den Ergebnissen der Pilotierung (Stiller et al., in diesem Band) für einige Zellen des Kompetenzmodells Items nachkonstruiert. Dabei konnte auf die Erfahrungen aus der ersten Konstruktionswelle zurückgegriffen werden. So wurden neue Items ausgehend von Items konstruiert, die zufriedenstellende Itemparameter aufwiesen. Diese Items durchlaufen im Wesentlichen die oben dargestellten Qualitätssicherungsschritte und werden anschließend ebenfalls pilotiert.

### Ausblick

Es wird angestrebt, bis zum Ende der längsschnittlichen Erhebung jede der Zellen mit mindestens sechs Items (mit zufriedenstellenden Itemparametern) abzudecken. Eine Pilotierung der nachkonstruierten Items muss zeigen, inwiefern dieses Ziel schon erfüllt ist und an welcher Stelle gegebenenfalls noch weitere Items benötigt werden. Die fertigen Items wurden Ende des Sommersemesters 2013 an Studierenden der beteiligten Fächer normiert. Für das Wintersemester 2013/14 ist eine Erhebung bei Studierenden des 1. Bachelor- und Mastersemesters in den Lehramtsstudiengängen und den beteiligten Fachwissenschaften geplant (Beginn der längsschnittlichen Erhebung). Weitere Erhebungen finden jeweils halbjährig im 1. bzw. 4. Bachelor- und Mastersemester der beteiligten Fächer statt.

Das Projekt wird im Rahmen des Programms „Kompetenzen im Hochschulsektor“ (KoKoHs) durch das BMBF gefördert.

### Literatur

- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin: Springer.
- Burton, S., Sudweeks, R., Merrill, P., & Wood, B. (1991). *How to Prepare Better Multiple-Choice Test Items: Guidelines for University Faculty*: Brigham Young University Testing Services and the Department of Instructional Science.
- Hartig, J., & Jude, N. (2007). Empirische Erfassung von Kompetenzen und psychometrische Kompetenzmodelle. In J. Hartig & E. Klieme (Eds.), *Bildungsforschung: Vol. 20. Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik. Eine Expertise im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung* (pp. 17–30). Bonn, Berlin: BMBF.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiepädagogischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (pp. 177–184). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Moosbrugger, H., & Kelava, A. (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2nd ed.). Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Schecker, H., & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 45–66.
- Schreiber, N., Theyßen, H., & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 8(3), 92–101.
- Stecher, B. M., & Klein, S. P. (1997). The Cost of Science Performance Assessments in Large-Scale Testing Programs. *Educational Evaluation and Policy*, 19, 1–14.
- Straube, P., & Nordmeier, V. (2013). Ko-WADiS – Kompetenzmodell der Erkenntnisgewinnung. In V. Nordmeier & H. Grötzebach (Eds.), *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Upmeyer zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41–57.

Jurik Stiller<sup>1</sup>  
 Philipp Straube<sup>2</sup>  
 Sabrina Mathesius<sup>1</sup>  
 Stefan Hartmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Humboldt-Universität zu Berlin  
<sup>2</sup> Freie Universität Berlin

## Ko-WADiS<sup>1</sup> | Vorläufige Ergebnisse der Pilotierung

### Methodik

Nachdem die im vorhergehenden Beitrag beschriebenen Schritte zur Generierung von Testitems absolviert waren, wurden die 167 Items in Ko-WADiS einer ersten empirischen Überprüfung zugeführt.

### Stichprobe

Es wurde insgesamt 578 Studierenden ein Testheft vorgelegt. 378 studieren an der Freien Universität und 104 an der Humboldt-Universität. Die übrigen 96 Studierenden studieren an verschiedenen Universitäten in Deutschland und Österreich. 84 % (484 Studierende) befinden sich im Bachelorstudium, 76 % im Lehramtsstudium. Der überwiegende Teil der Studierenden studiert im Erst- oder Zweitfach Biologie. Die Studierenden waren zum Testzeitpunkt im Schnitt 24,4 Jahre alt, 60 % der Studierenden sind weiblich.

### Testadministration und Auswertungsmethoden

Für die Testadministration wurde das Multi-Matrix-Design verwendet. Die einzelnen Item-Blöcke wurden auf unterschiedliche Testhefte verteilt, die Testhefte jedoch über Ankerung immer systematisch in Beziehung gesetzt. Die Auswertung basierte auf Methoden der klassischen und probabilistischen Testtheorie. Ziel war die Generierung von Itemkennwerten, auf deren Basis eine Testrevision bzw. Itemselektion geschehen konnte.

Nach erfolgter Präpilotierung konnte die Itemselektion dann anhand des Anwahlverhaltens der Distraktoren sowie der Item-Fits, der gewichteten Abweichungsquadrate (wMNSQ) und der T-Werte durchgeführt werden. Für die Itemselektion wurde zudem die klassische Trennschärfe herangezogen. Auch inhaltliche Aspekte wurden natürlich während des gesamten Prozesses berücksichtigt. Der resultierende Itempool für die Pilotierung umfasste noch 113 Items, die sich relativ gleichmäßig auf die verschiedenen Zellen des Kompetenzmodells verteilen (siehe Abb. 1).

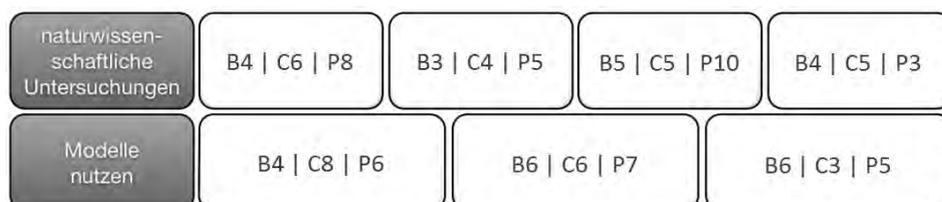


Abb. 1: Verteilung der Items in der Pilotierung auf die Zellen des Kompetenzstrukturmodells

Die EAP/PV-Reliabilität der IRT-Modellierung des Gesamtmodells mit den 113 Items der drei Fächer ist zum aktuellen Zeitpunkt niedrig (Biologie:  $Rel_{EAP/PV} = .455$ ; Chemie:

<sup>1</sup> Kompetenzmodellierung und -erfassung zum Wissenschaftsverständnis über naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen bei Studierenden (Lehramt) in den drei naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik

$Rel_{EAP/PV} = .512$ ; Physik:  $Rel_{EAP/PV} = .471$ ). Auf Basis dieser niedrigen Skalenhomogenität sind alle weiteren Analysen entsprechend mit Vorsicht zu interpretieren.

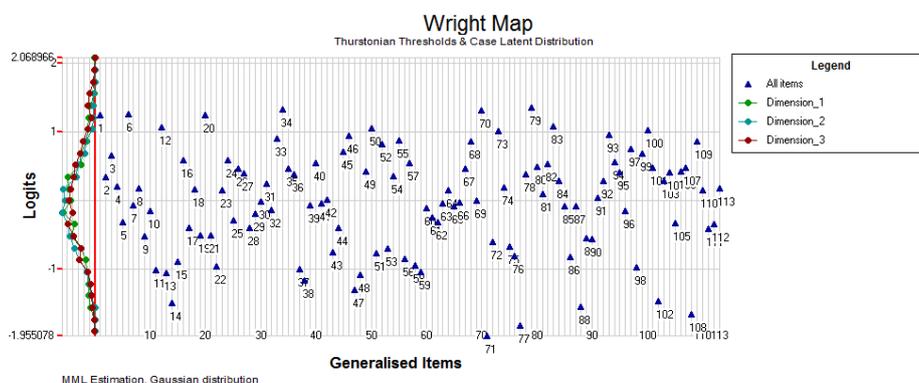


Abb. 2: Person-Item-Map  
(Dimension 1: Biologie, Dimension 2: Chemie, Dimension 3: Physik)

Die Verteilung der Items über den gesamten Schwierigkeitsbereich ist gleichmäßig (Abb. 2). Einzelnen Fähigkeitsbereichen „entsprechen“ nicht in allen Fächern ausreichend Items, eine ausreichend genaue Messung ist jedoch anhand der zu erwartenden noch ansteigenden Reliabilität (siehe Diskussion) wahrscheinlich sichergestellt.

Die Korrelationen zwischen den einzelnen Fächern sind hoch (Abb. 2; Cohen, 1988). Die Varianz besonders der Chemie ist im Vergleich zu den beiden anderen Fächern niedrig.

Tab. 1: Übersicht über die Korrelationen zwischen den Fächern und Varianz

	Biologie	Chemie	Physik
Biologie			
Chemie	0.898		
Physik	0.833	0.892	
Varianz	0.440 (0.026)	0.240 (0.014)	0.381 (0.023)

Zur Erhöhung der Genauigkeit der Messung wurde ein latentes Regressionsmodell mit Hintergrundvariablen spezifiziert. Als abhängige Variable wurde hier der logit-Wert festgesetzt. Als unabhängige (Hintergrund-)Variablen wurden unter anderem verschiedene demographische Daten (wie Alter, Geschlecht, Anzahl der studierten naturwissenschaftlichen Fächer, Universität) angewendet. Der Vergleich der Modellpassung des eindimensionalen Regressionsmodells mit der Modellpassung des dreidimensionalen Regressionsmodells (Dimensionen: Fächer) zeigt, im Gegensatz zur anhand der hohen Korrelationen zu vermutenden Struktur, eine deutlich bessere Passung des dreidimensionalen Modells auf die Daten ( $\chi^2(24, N = 562, p = .01)$ ). Die Modellparameter sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tab. 2: Übersicht über die Modellparameter (3dim: Fächer)

	Deviance	AIC	BIC
1dim	9290	13375	9316
3dim	9067	13384	9275

### Diskussion

Der Kompetenztest zu fachmethodischen Kompetenzen repräsentiert ein objektives und ökonomisches Erhebungsinstrument. Insbesondere in Bezug auf die noch geringe Reliabilität gibt es aber noch Handlungs- und Verbesserungsbedarf. Adams (2005) beschreibt als möglichen Grund den *measurement design effect*. Dieser führt besonders bei zu geringer Item-Anzahl (pro Dimension), zu geringer Populationsgröße, zu homogener Stichprobe, einem heterogenem Konstrukt oder zu geringer Trennschärfe zu entsprechend reduzierter Reliabilität. Im Fall der beschriebenen Pilotierungsstudie ist denkbar, dass sich mehrere dieser Effekte auswirken. Die beiden Dimensionen *Modell nutzen* und *naturwissenschaftliche Untersuchungen durchführen* sind mit jeweils mindestens 14 Items pro Fach (Abb. 1) wahrscheinlich ausreichend abgedeckt. Die Populationsgröße jedoch ist mit 578 Studierenden sicherlich mit ausschlaggebend für die niedrige Reliabilität. Zusätzlich ist die Stichprobe insbesondere in der Chemie in Bezug auf die getesteten Kompetenzen sehr homogen (niedrige Varianz). Dies dürfte hier die Reliabilität zusätzlich reduzieren. Die Annahme eines heterogenen Konstrukts erscheint zudem plausibel, auch dies führt zu einer niedrigeren Reliabilität. Die Trennschärfe der einzelnen Items hingegen ist akzeptabel und somit als Ursache eher nicht anzunehmen.

### Ausblick

Die Person-Item-Map zeigte, dass „unterversorgte“ Schwierigkeitsbereiche bzw. Bereiche der Personenfähigkeit, die bisher schlecht aufgelöst werden können, innerhalb des Kompetenztest existieren. Hier wird mit einer gezielten Nachkonstruktion nachgesteuert. Auch sind die Items insgesamt etwas zu leicht, was vor allem in Anbetracht des geplanten Längsschnittes ggf. problematisch sein könnte. Im Laufe des Studiums müssen ansteigende Fähigkeit erwarten werden, während die Pilotierungskohorten in großer Mehrzahl aus dem Bachelorstudium stammten.

Geplant ist aktuell auch eine Erhebung der kognitiven Grundfähigkeiten, des Wissens im Bereich *Natur der Naturwissenschaften* sowie der Fähigkeiten in einem standardisierten Test zum *analytischen Problemlösen*. Diese Daten sollen mit in das Hintergrundmodell einfließen.

Es steht zudem die querschnittliche Erhebung der Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung im kommenden Semester an, das Projekt selbst hat aber auch die längsschnittliche Modellierung der Kompetenzen zum Ziel. Dies wird insbesondere im Rahmen der angestrebten zweiten Projektförderphase erreicht werden. Zeitnah lassen sich anhand der aktuellen und im kommenden Wintersemester 2013/2014 erhobenen Daten auch noch verschiedene andere Modelle spezifizieren, insbesondere Modelle, die die beiden Kompetenzfacetten unterscheiden, haben in ersten Modellierung eine gute Repräsentation der Daten gezeigt. Ob und inwiefern sich auch noch zellgenaue Modelle spezifizieren lassen, ist aktuell noch nicht endgültig abzusehen.

### Literatur

Adams, R. (2005). Reliability as a measurement design effect. *Studies in Educational Evaluation*, 31, 162-172.  
Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

## **Erhebung prozessorientierter Kompetenzen im Rahmen von Experimentiersituationen**

### **Theoretischer Hintergrund**

Prozessorientierte Kompetenzen sind notwendig, um situationsangemessen entscheiden und effektiv handeln zu können, wobei im naturwissenschaftlichen Unterricht vielfältige fachspezifische Denk- und Arbeitsweisen eingeschlossen sind. In den Bildungsstandards des Faches Chemie (KMK 2004) finden sich die prozessorientierten Kompetenzen in den Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung wieder. Die für die naturwissenschaftlichen Fächer spezifischen Denk- und Arbeitsweisen werden vor allem im Bereich der Erkenntnisgewinnung angesprochen. Sie beschreiben u.a. Aktivitäten im Rahmen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozesses wie bspw. naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen und formulieren oder Ergebnisse vor dem Hintergrund einer Ausgangsfrage prüfen.

Der Erkenntnisgewinnungsprozesses kann in vier Elemente differenziert werden: (1) Fragestellung formulieren, (2) Hypothese generieren, (3) Experiment planen, durchführen, auswerten (4) Ergebnisse unter Bezugnahme auf die Hypothese bewerten.

Die vorgestellte Arbeit ist Teil einer größer angelegten Studie (Böhret & Körner, 2013). Ziel des Teilprojekts ist die Erfassung prozessorientierter Kompetenzen der Lernenden im Rahmen des praktischen Experimentierens mittels eines qualitativen Experimentierbogens.

### **Design & Methodik**

Das Design der Studie sah eine Kompetenzerfassung zu zwei Zeitpunkten mit einem Paper&Pencil-Test und einer praktischen Experimentiersituation vor, um festzustellen, ob vergleichbare Leistungen in beiden Testformaten von den Lernenden erbracht werden. Darüber hinaus erfolgten sechs weitere Teilerhebungen, in denen die Lernenden zu den von ihnen im Unterricht durchgeführten Unterrichtsaktivitäten befragt wurden. Die Erhebung fand innerhalb des regulären Chemieunterrichts in 4 achten und 11 neunten Klassen an Realschulen in Baden-Württemberg statt. Es nahmen 361 Schülerinnen und Schüler teil. Die Durchführung der Studie erfolgte über einen Zeitraum von ca. vier Monaten.

Im Rahmen der beiden 90-minütigen Experimentiersituationen wurden die Schülerinnen und Schüler aufgefordert, in Kleingruppen selbständig zu experimentieren. Ausgehend von einem im Plenum erarbeiteten übergeordneten Problem sollten die Schülerinnen und Schüler selbständig konkrete Fragestellungen und Hypothesen formulieren, die sie experimentell prüfen sollten. In einem zweiten Schritt wurden die Lernenden aufgefordert unter Verwendung ihrer konkreten Fragestellungen geeignete Experimente zu planen, durchzuführen und auszuwerten sowie abschließend die gewonnenen Ergebnisse unter Bezugnahme auf die Hypothese bzw. Fragestellung zu bewerten. Die Fixierung der Überlegungen, die während des Arbeitsprozesses angestellt wurden, erfolgte unter Verwendung des Experimentierbogens. Die Kleingruppen fertigten hierbei selbständig für jedes durchgeführte Experiment einen separaten Experimentierbogen an, der das wissenschaftsmethodische Vorgehen der Schülerinnen und Schüler beim realen Experimentieren abbilden sollte. Die erste Experimentiersituation behandelte den Kontext „Qualitative und halbquantitative Analyse zweier Erfrischungsgetränke“. Der zweite Problemkontext sollte sich nicht grundsätzlich vom ersten unterscheiden, um eine Vergleichbarkeit der Testsituationen zu gewährleisten und behandelte deshalb die

„Qualitative und halbquantitative Analyse zweier Brausepulversorten“. Es wurde darauf geachtet, dass sich beide Experimentiersituationen in Bezug auf die Inhalte, die Gestaltung sowie den Zeitbedarf möglichst ähnelten. Die Erhebungen unterschieden sich somit im Wesentlichen hinsichtlich ihrer Kontexte. Deshalb stammen die Experimente, die zur Beantwortung der übergeordneten Frage sinnvoll sind, einem gemeinsamen Pool. In den Experimentiersituationen wurden den Schülerinnen und Schülern Experimentierboxen zur Verfügung gestellt. Sie enthielten alle Gerätschaften und Chemikalien, die sie für ihre Experimente benötigten. Die Zusammenstellung der Boxen variierte in beiden Experimentiersituationen nur hinsichtlich der Untersuchungsproben. Dabei wurde sichergestellt, dass Gerätschaften und Chemikalien zum Einsatz kommen, die den Schülerinnen und Schülern bereits aus dem bisherigen Unterricht bekannt sind. Dies ermöglicht den Vergleich der Experimentierergebnisse, welche die Schülerinnen und Schüler zu beiden Zeitpunkten erarbeitet haben, in Bezug auf einen möglichen Kompetenzzuwachs in den einzelnen Teilelementen des Erkenntnisgewinnungsprozesses. Erhoben werden die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Lernenden durch einen Experimentierbogen. Inhaltlich bildet er die vier zentralen Elemente des Erkenntnisprozesses ab. Er besitzt ein offenes Antwortformat und stellt den Schülerinnen und Schülern dadurch den notwendigen Gestaltungsspielraum hinsichtlich ihrer Antworten zur Verfügung.

### Auswertung

Der Vergleich der Experimentierbögen beider Experimentiersituationen (ES1, ES2) erfolgte unter Verwendung eines Kategoriensystems. Dieses setzt sich aus vier Hauptelementen und fünf Nebenelementen zusammen (siehe Tab. 1). Jeder Schritt der Erkenntnisgewinnung (Hauptelemente) wird zuerst auf Anwesenheit und systematische Richtigkeit geprüft. Inhaltlich durften die Lernenden falsche Überlegungen anstellen, z.B. nicht zutreffende Hypothesen formulieren. In einem weiteren Schritt wird dann eine vertiefte Analyse der Daten anhand der Nebenelemente des Kategoriensystems vorgenommen. Diese stellen Unterkategorien der Hauptelemente dar. Jedem Hauptelement werden nur bestimmte sachlogische Nebenelemente zugeordnet. Jedes korrekte Hauptelement kann nach Prüfung der Nebenelemente mit maximal einem Punkt bewertet werden. Insgesamt können über alle Hauptelemente vier Punkte erreicht werden.

Tab. 1: Kategoriensystem (Kurzdarstellung des Rasters)

Hauptelemente	Nebenelemente
(1) Fragestellung (F)	- Passung des Objekts (F, H, E, B)
(2) Hypothese (H)	- Viabilität (Umsetzbarkeit) des Objekts (F, H, E)
(3) Experiment (E)	- Differenziertheit des Objekts (H)
(4) Bewertung (B)	- Durchführung des Objekts (E)
	- Interpretation des Objekts (B)

Der Vergleich der quantitativen Ergebnisse aus den Experimentierbögen aller Klassen zu den beiden Experimentiersituationen (ES1, ES2) liefert keine signifikanten Mittelwertunterschiede ( $M_{G\ ES1} = 2,76$ ;  $M_{G\ ES2} = 2,77$ ). Es kann somit keine Änderung der prozessorientierten Kompetenzen im Rahmen der Erfassung in praktischen Experimentiersituationen bei den Lernenden über den Erhebungszeitraum festgestellt werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Ergebnissen aus dem Paper&Pencil-Test. Hier erhielten die Lernenden in der ersten Erhebung 4,53 von 9 möglichen Punkten, wobei sich die Items vor allem auf Erkenntnisprozesselemente bei der Hypothesenbildung, der Experimentplanung und Datenauswertung beziehen. Zum zweiten Testzeitpunkt haben sie im Mittel 4,43 Punkte erzielt. Das vergleichsweise bessere Abschneiden bei der praxisorientierten Erhebung ist vor allem auf den Punktanteil des Hauptelementes

Fragestellung zurückzuführen, der sich im Paper&Pencil-Test nicht in vergleichbarer Weise wiederfindet. Hier erzielen die Lernenden im Mittel 0,91 von 1 Punkt (vgl. Abb. 1). Offensichtlich ist den Schülerinnen und Schülern die Ableitung konkreter Fragestellungen aus der übergeordneten Fragestellung unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Materialien recht leicht gefallen. Während in den Hauptelementen Hypothese und Experiment von den Lernenden ca. drei Viertel der Maximalpunktzahl erreicht werden, führen die Angaben zum Element Bewertung jedoch zu deutlich niedrigeren Werten.

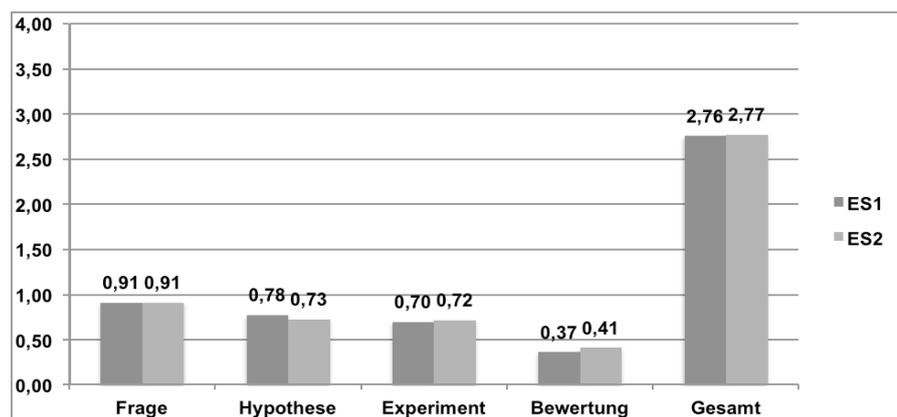


Abb. 1: erreichte Punktwerte, differenziert nach Hauptelementen

#### Literatur

- Böhret, M., & Körner, H.-D. (2013). Einfluss von Unterrichtstätigkeiten auf die Entwicklung prozessorientierter Kompetenzen und der fachbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen* (S. 80-82). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 Kiel: IPN.
- Glug, I. (2009). *Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung*. Kiel: IPN.
- Grube, C. (2010). *Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I*. Kassel: Universität Kassel. Elektronische Dissertation.
- Hof, S. (2011). *Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch Forschendes Lernen. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie*. Kassel: University Press.
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science - The Cognition and Development of Discovery Processes*. Cambridge: The MIT Press.
- KMK (2005). *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz – Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung*. München: Luchterhand.
- Kremer, A., & Schlüter, K. (2006): *Analyse von Gruppensituationen beim forschend-entdeckenden Lernen - Ergebnisse einer ersten Studie*. In H. Vogt, D. Krüger & S. Marsch (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik 5* (S. 145-156). Universitätsdruckerei Kassel.

Christoph Gut  
Pitt Hild  
Susanne Metzger  
Josiane Tardent

Pädagogische Hochschule Zürich

### **Projekt ExKoNawi: Modell für hands-on Assessments experimenteller Kompetenzen**

Die Modellierung und Messung experimenteller Kompetenzen erfordert vier sich gegenseitig beeinflussende a priori-Entscheidungen, die im Hinblick auf bestimmte Ziele gefällt werden. Im Folgenden werden die Ziele des Projekts ExKoNawi (Experimentelle Kompetenzen in den Naturwissenschaften), die daraus resultierenden Modellierungsentscheidungen und der theoretische Rahmen für die Modellvalidierung erläutert. Erste Ergebnisse der Validierung anhand eines Pilottests werden im Beitrag von Metzger et al. (in diesem Band) präsentiert.

#### **Entscheidung 1. Äußere Abgrenzung experimenteller Kompetenz (Kompetenzumfang)**

Mit dem Projekt ExKoNawi sollen vielfältige, für die Praxis des integrierten Naturwissenschaftsunterrichts der Sekundarstufe I relevante hands-on Aktivitäten beschrieben und modelliert werden. Diese umfassen neben Aspekten der Erkenntnisgewinnung auch technische und konstruktive Aspekte des Experimentierens.

#### **Entscheidung 2. Innere Abgrenzung von Teilkompetenzen (Strukturmodell)**

In der Literatur werden zwei Ansätze diskutiert, experimentelle Teilkompetenzen abzugrenzen (Gott & Duggan, 2002). Das Experimentieren wird zum einen als lineare, idealisierte Abfolge von Teilprozessen betrachtet (Fragestellung, Hypothese, Planung und Durchführung eines Experiments, Datenauswertung und Reflexion), die bei korrekter Ausführung zu einer Erkenntnisgewinnung führt. Werden Experimentieraufgaben nach Teilprozessen strukturiert, können zugehörige „skills“ verglichen werden (e.g. Gut, 2012), wobei rein kognitive Teilprozesse mit wenig aufwendigen Papier- und Bleistift-Tests gemessen werden können (e.g. Mayer et al., 2008). Der *Teilprozessansatz* ist insofern problematisch, als experimentelle Handlungen nicht immer eindeutig in Teilprozesse zerlegt werden können und die zugehörigen „skills“ vor allem vom Fachwissen abhängen und keine transferfähigen Fähigkeiten darstellen (Millar & Driver, 1987). Zudem kann der Ansatz das falsche Bild vermitteln, man könne mit einer standardisierten Methode gesicherte Erkenntnis gewinnen (Finley, 1983).

<b>Problemtypen</b>	kategorien-geleitetes <b>Beobachten</b>	Phänomene anhand gegebener Kategorien beschreiben und vergleichen (e.g. Hammann, 2002)
	skalen-basiertes <b>Messen</b>	quantitative Größen mit gegebenen Messinstrumenten genau messen (e.g. Munier et al., 2011)
	fragen-geleitetes <b>Untersuchen</b>	Zusammenhänge zwischen gegebenen Variablen untersuchen (e.g. Millar et al. 1996)
	effekt-basiertes <b>Vergleichen</b>	Objekte anhand einer gegebenen Eigenschaft experimentell (ohne direkte Messung der Eigenschaft) vergleichen (e.g. Ruiz-Primo & Shavelson, 1996)

Abb. 1: Strukturmodell von ExKoNawi (bereits pilotierte Problemtypen)

Ein alternativer Ansatz beschreibt das Experimentieren als Problemlöseprozess, für den kontextspezifisches Fachwissen und transferfähiges Strategiewissen („concepts of evidence“ in Gott & Duggan, 1996) benötigt werden (Millar et al., 1996). Experimentieraufgaben wer-

den demgemäß nach dem Typ des zu lösenden experimentellen Problems differenziert, das mit typenspezifischen Qualitätskriterien bewertet wird (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996). Für das Projekt ExKoNawi bietet der *Problemtypenansatz* den wesentlichen Vorteil, dass hands-on Aktivitäten im Unterricht genauer und umfassender beschrieben werden können. Da ein Teilprozess je nach Aufgabe unterschiedlich viel zur erfolgreichen Bearbeitung beiträgt (Nawrath et al., 2011), sind Teilprozesse über verschiedene Problemtypen hinweg grundsätzlich nicht vergleichbar. Das Strukturmodell in Abb. 1 zeigt die im Projekt ExKoNawi bisher mit jeweils drei Experimentieraufgaben zu einem biologischen, chemischen und physikalischen Kontext pilotierten Problemtypen.

### Entscheidung 3. Modellierung der Kompetenzprogressionen (Progressionsmodelle)

Eine Kompetenz kann sich grundsätzlich in mehreren Dimensionen weiterentwickeln (cf. Gut, 2012). Eine Person kann kompetenter werden, indem sie lernt, komplexere Probleme zu lösen (*Problemkomplexität*), bestimmte Probleme qualitativ besser (*Prozessqualität*) oder eigenständiger (*Eigenständigkeit*) zu lösen, ihre Kompetenz in mehr fachliche Kontexte zu übertragen (*Transfervermögen*) oder bei wiederholten Leistungssituationen stabiler zu beweisen (*Performankestabilität*). Beim Projekt ExKoNawi wird die Kompetenzentwicklung anhand der Prozessqualität gemessen. Je nach Problemtyp werden drei bis fünf spezifische Qualitätsaspekte beurteilt, wobei überprüft wird, ob ein gegebener Qualitätsstandard erreicht wird (*Q-Standards* in Abb. 2). Die Anzahl der zu erreichenden Standards hängt von den Anforderungen der Aufgabenstellung ab («Problemkomplexität»), die gemäß Modell reduziert oder erweitert werden kann. Dieses Vorgehen erlaubt eine praxistaugliche Diagnose individueller Kompetenzausprägungen. Es bedingt jedoch für jeden Problemtyp ein separates Progressionsmodell. Neben der Prozessqualität wird zudem wegen des fächerübergreifenden Ansatzes implizit immer auch das Transfervermögen mitgemessen.

«Problemkomplexität» (Offenheit)	Wahl Messinstrument	Q-Standard erreicht	Q-Standard erreicht	Q-Standard erreicht	Q-Standard erreicht	Q-Standard erreicht	V
	Entscheidung Messwiederholung	Q-Standard erreicht	Q-Standard erreicht	Q-Standard erreicht	Q-Standard erreicht		IV
		Q-Standard erreicht	Q-Standard erreicht	Q-Standard erreicht			III
	Grundproblem: Einzelmessung	Q-Standard erreicht	Q-Standard erreicht				II
		Q-Standard erreicht					I
	präzise messen	Fehlerquellen begründen	Messreihe darstellen	adäquat auswerten	Wahl adäquat begründen	NIVEAU	
<b>Prozessqualität (Qualitätsaspekte)</b>							

Abb. 2: Progressionsmodell für den Problemtyp «skalenbasiertes Messen», bei dem eine Größe möglichst genau gemessen werden soll. Dabei muss ein geeignetes Messinstrument gewählt und dürfen Messungen wiederholt werden.

### Entscheidung 4: Messinstrument und Auswertungsmethode

Beim Projekt ExKoNawi wird die nach Problemtypen strukturierte experimentelle Kompetenz mit Hilfe eines fächerübergreifenden IRT-skalierbaren Experimentiertests gemessen. Jede Experimentieraufgabe wird als ein Item mit einer mehrwertigen Skala (Niveau gemäß Abb. 2) kodiert. Bestimmt man das Niveau als unbedingtes Summenscore (= Anzahl erreichter Qualitätsstandards), geht die Interpretierbarkeit der IRT-skalierten Ergebnisse verloren. Dieser Mangel kann mit Hilfe einer *bedingten Kodierung* (Niveau  $x$  ist genau dann erreicht, wenn alle Qualitätsstandards von 1 bis  $x$  erreicht sind) teilweise behoben werden.

### Modellvalidierung: Empirisch zu überprüfende Modellannahmen

Mit Kompetenzmodellen werden empirische Annahmen zu Kompetenzstruktur und Kompetenzprogression gemacht, die es mit einem zu diesem Zweck zu entwickelnden Messinstrument zu überprüfen gilt. Im Modell von ExKoNawi wird erwartet, dass die Performances zwischen den Problemtypen wegen des benötigten unterschiedlichen Strategiewissens nur mäßig korrelieren. Im Gegensatz zu Messungs- und Untersuchungsaufgaben, hängen Beobachtungen und Vergleiche relativ stark von kontextspezifischem Fachwissen ab. Das Transfervermögen sollte bei diesen Problemtypen geringer ausfallen.

Da die Prozessqualität nur aufgrund einer a priori-Progression beurteilt werden kann, die durch eine IRT-Skalierung stets wiedergegeben wird, müssen entsprechende Progressionsmodelle extern validiert werden. Dabei wird in alters- und stufenhomogenen Personenstichproben unabhängig von der Kodierungsart eine „glockenförmige“ Häufigkeitsverteilung der Niveaus erwartet, deren Maximum in höheren Jahrgangs- und Bildungsstufen zu höheren Niveaus strebt (Abb. 3, links; cf. Mayer et al., 2008). Um die Anwendung der bedingten Niveauekodierung zu rechtfertigen, wird im Modell von ExKoNawi darüber hinaus angenommen, dass a posteriori eine vom unterrichteten Curriculum abhängige Häufigkeits-Hierarchie der Qualitätsstandards derart festgelegt werden kann, dass in verschiedenen Jahrgangs- und Bildungsstufen eine ideale Häufigkeitsverteilung vorliegt (Abb. 3, rechts).

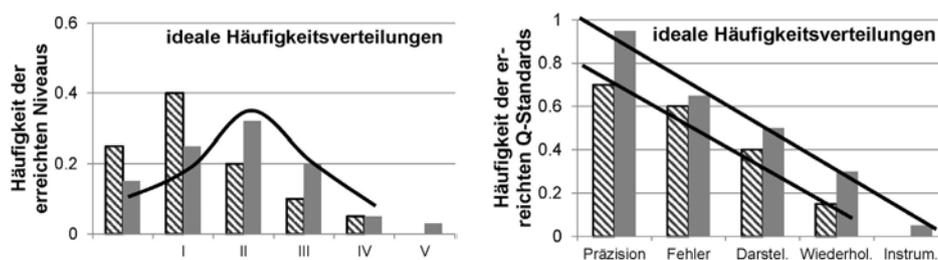


Abb. 3: Modellannahmen zur Prozessqualität: Allgemeine Annahme für beliebige Kodierungen (links), zusätzliche Annahme für die bedingte Kodierung (rechts): gestreifte Balken für tiefe Jahrgangs- / Bildungsstufe; graue Balken für hohe Jahrgangs- / Bildungsstufe

### Literatur

- Finley, F.N. (1983). Science processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 20 (1), 47-54
- Gott, R., & Duggan, S. (1996). Practical work: its role in the understanding of evidence in science. *International Journal of Science Education*, 18 (7), 791-806
- Gott, R., & Duggan, S. (2002). Problems with the assessment of performance in practical science: which way now. *Cambridge Journal of Education*, 32 (2), 183-201
- Gut, C. (2012). Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. Analyse eines large-scale Experimentiertests. Berlin: Logos Verlag
- Hammann, M. (2002). Kriteriengeleitetes Vergleichen im Biologieunterricht. Innsbruck: StudienVerlag.
- Mayer, J., Grube, C., & Möller, A. (2008). Kompetenzmodellierung naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U. Harms & A. Sandmann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Vol. 3, S. 63-79). Innsbruck: Studienverlag
- Millar, R. & Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62
- Millar, R., Gott, R., Lubben, F., & Duggan, S. (1996). Children's performance of investigative tasks in science: a framework for considering progression. In M. Hughes (Hrsg.), *Progression in learning* (S. 82-108). Clevedon: Multilingual Matters
- Munier, V., Merle, H. & Brehelin, D. (2011). Teaching scientific measurement and uncertainty in elementary school. *International Journal of Science Education*, 1-32, iFirst Article
- Nawrath, D., Maisenyenka, V., & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz. Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Physik in der Schule*, 60 (6), 42-48
- 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

Susanne Metzger  
 Pitt Hild  
 Christoph Gut  
 Josiane Tardent

Pädagogische Hochschule Zürich

### **Projekt ExKoNawi: Aufgaben und erste Ergebnisse der hands-on Assessments**

Im Rahmen des Projektes ExKoNawi (Experimentelle Kompetenzen in den Naturwissenschaften) wurde ein Modell zur Erfassung von *hands-on* Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I entwickelt (vgl. Gut et al., in diesem Band). Für die interne Validierung des Modells wurde für jeden der vier Problemtypen „kategoriegeleitetes Beobachten“, „skalenbasiertes Messen“, „fragengeleitetes Untersuchen“ und „effektbasiertes Vergleichen“ je eine Experimentieraufgabe zu biologischen, chemischen und physikalischen Kontexten erarbeitet. Die Konstruktion dieser Aufgaben sowie die ersten Ergebnisse der internen Validierung des Modells werden im Folgenden dargelegt.

#### **Aufgabenstellung**

Alle Aufgaben sind ausschließlich *hands-on* Experimente für die Sekundarstufe I, werden in Einzelarbeit in 20 Minuten gelöst und folgen den gleichen Konstruktionsschemata: Zunächst wird das Problem formuliert (z. B. „Bei dieser Aufgabe sollst Du herausfinden, bei welcher Belastung ein Faden reißt“) und das zur Verfügung stehende Material mit Hilfe eines beschrifteten Fotos vorgestellt (z. B. „Schere, Faden, 2 Federwaagen, Taschenrechner“). Anschließend werden die Jugendlichen aufgefordert, die jeweiligen Beobachtungen, Messungen, Untersuchungen oder Vergleiche durchzuführen und zu protokollieren, was sie konkret gemacht haben. Das Protokoll wird abgeschlossen durch die explizite Frage nach dem Resultat und eine Reflexion über die Durchführung sowie das erhaltene Ergebnis. Abschließend werden diverse Kontrollfragen gestellt, um zu verhindern, dass Informationen durch Ungenauigkeiten im Protokoll verloren gehen (z. B. „Mit welcher Federwaage hast Du gemessen? Kreuze an“ oder „Wie viel Mal hast du gemessen?“).

#### **Kodierung der Lösungen**

Alle Antworten einer Aufgabe werden als Ganzes kodiert. Es kommt dabei nicht darauf an, an welcher Stelle eine „richtige Antwort“ steht. Die Kodierung erfolgt mittels Fragen, welche den Qualitätskriterien für die einzelnen Problemtypen entsprechen (z. B. „Ist das Resultat präzise (Maßzahl innerhalb der Toleranzbreite)?“ oder „Werden alle Messungen und Messergebnisse vollständig dargestellt?“). Mehrere Qualitätskriterien werden dann jeweils zu einem Qualitätsstandard zusammengefasst. Die Qualitätsstandards zu jedem der Problemtypen sind zum größten Teil theoretisch hergeleitet, zum Teil aber auch durch Erfahrungswerte festgelegt worden (z. B. zu „skalenbasiertes Messen“: präzise messen, Fehlerquellen begründen, Messreihen darstellen, adäquat auswerten, Wahl des Messinstruments begründen). Wenn mindestens die Hälfte der zu einem Qualitätsstandard gehörenden Qualitätskriterien erreicht wird, gilt der Qualitätsstandard als erreicht – diese Setzung erfolgte normativ. Die Itempunktzahl kann dann entweder als unbedingtes Niveau (also als Summenscore, der gleich der Anzahl der erreichten Qualitätsstandards ist) oder als bedingtes Niveau (Niveau  $x$  ist genau dann erreicht, wenn alle Qualitätsstandards von 1 bis  $x$  erreicht sind) definiert werden. Der Vorteil der bedingten Kodierung ist, dass die durch die Raschskalierung verlorene Interpretierbarkeit der Itempunktzahl wieder hergestellt werden kann.

### Erster Pilottest

In einem ersten Schritt zur Validierung des Modells wurden Pilottests zur Validierung der Aufgaben zu je zwei Problemtypen durchgeführt. Für den ersten Pilottest wurden je drei Aufgaben (jeweils ein biologischer, ein chemischer und ein physikalischer Kontext) zu „kategorieingeleitetes Beobachten“ und „skalenbasiertes Messen“ nach dem oben beschriebenen Schema entwickelt. Insgesamt nahmen 250 Schülerinnen und Schüler der 7, 8. und 9. Klasse aus jeweils allen nicht gymnasialen Niveaus an den Tests teil. Jede Aufgabe wurde von mindestens 120 Jugendlichen gelöst. Anschließend wurde jede bearbeitete Aufgabe von zwei Personen kodiert, wobei die Rater-Übereinstimmung sowohl auf Ebene der Qualitätskriterien als auch auf Ebene der Qualitätsstandards für alle Aufgaben grösser als 0.8 ist. Für die Kodierung der Aufgaben des Problemtyps „kategorieingeleitetes Beobachten“ ist allerdings mehr Rater-Training nötig. Dies lässt sich damit erklären, dass bei diesem Problemtyp die Sprache eine größere Rolle spielt.

### Ergebnisse

*Generelle Struktur des Modells:* Es wurden nur kleine Korrelationen zwischen biologischen, chemischen und physikalischen Kontexten festgestellt (unbedingte Kodierung: Bi-Ch: .316\*\*, Bi-Ph: .336\*\*, Ch-Ph: .406\*\*); bedingte Kodierung: Bi-Ch: .307\*\*, Bi-Ph: .382\*\*, Ch-Ph: .404\*\*). Dabei ist allerdings zu beachten, dass in diesem Fall nur zwei Aufgaben pro Kontext vorliegen. Im Hinblick auf die Problemtypen wurden ebenfalls nur kleine Korrelationen zwischen „kategorieingeleitetes Beobachten“ und „skalenbasiertes Messen“ gefunden (unbedingte Kodierung: .404\*\*; bedingte Kodierung: .368\*\*; Korrelation aus Vergleich zweier 1-dimensionaler Rasch-Skalierungen).

*Qualitätsstandards und Progression:* Von den a priori für den Problemtyp „kategorieingeleitetes Beobachten“ definierten fünf Qualitätsstandards (korrektes Beobachten, vollständiges Beobachten, Unterschiede identifizieren, Gemeinsamkeiten identifizieren, Beobachtungsinstrumente adäquat verwenden) konnten nur drei gefunden werden: zum einen wurde die Auswahl und das Verwenden eines Beobachtungsinstrumentes bei den Aufgaben bewusst weggelassen, zum anderen konnten das korrekte und das vollständige Beobachten nicht getrennt werden. Somit ergeben sich drei Qualitätsstandards: 1. korrektes und vollständiges Beobachten, 2. Unterschiede identifizieren, 3. Gemeinsamkeiten identifizieren. Beim Problemtyp „skalenbasiertes Messen“ konnten alle fünf a priori gesetzten Niveaus im Test bestätigt werden. Jedoch musste die angenommene Progression der Qualitätsstandards verändert werden, da sich das „Fehlerquellen begründen“ als am weitaus schwierigsten herausstellte: 1. präzise messen, 2. Messreihe darstellen, 3. adäquat auswerten, 4. Wahl des Messinstrumentes begründen, 5. Fehlerquellen begründen. Zur Rechtfertigung der bedingten Niveaueinstufung wurde im Modell eine vom unterrichteten Curriculum abhängige Häufigkeits-Hierarchie der Qualitätsstandards angenommen. Das heisst idealerweise würden die Häufigkeiten der erreichten Qualitätsstandards mit steigendem Standard insgesamt abnehmen und der Anteil wäre umso höher, je höhere die Jahrgangsstufe bzw. das Klasseniveau wäre. Abbildung 1 zeigt die Anteile der Häufigkeitsverteilungen der erreichten Qualitätsstandards beispielhaft für eine Aufgabe.

*Aufgabenvalidität:* Es konnte eine hohe Korrelation zwischen den bedingten und den unbedingten Niveaus gefunden werden („kategorieingeleitetes Beobachten“: .940\*\*; „skalenbasiertes Messen“: .847\*\*). Außerdem fitten die Aufgaben das Modell sehr gut (die angegebenen Werte beziehen sich dabei auf die bedingte Kodierung, die Werte für die unbedingte Kodierung sind ähnlich gut):

- „kategorieingeleitetes Beobachten“: .96 < infit < 1.13; .82 < outfit < 1.24
- „skalenbasiertes Messen“: .81 < infit < 1.22; .76 < outfit < 1.32

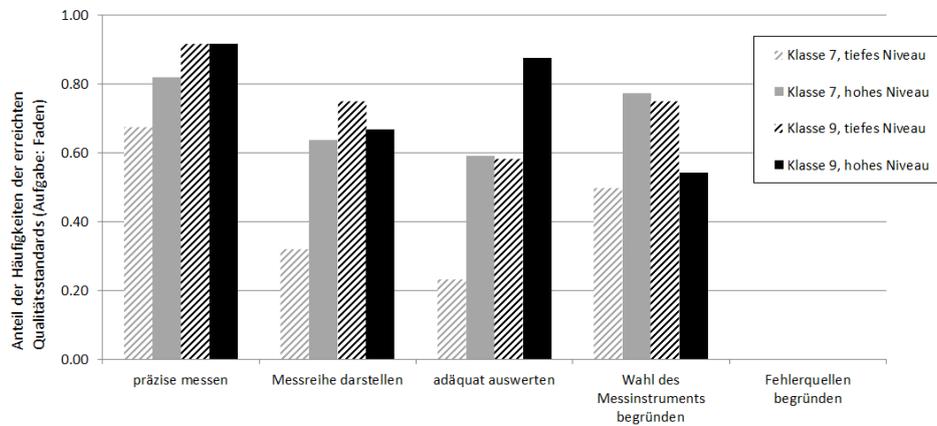


Abb. 1: Anteile der Häufigkeiten der erreichten Qualitätsstandards für die Aufgabe zum Herausfinden, bei welcher Belastung ein Faden reißt. Es zeigen sich einige Abweichungen im Vergleich zur idealen Häufigkeitsverteilung (vgl. Abb. 3 rechts in Gut et al., in diesem Band). Über alle Aufgaben des Problemtyps „skalenbasiertes Messen“ gemittelt scheint die angepasste Progression der Qualitätsstandards jedoch angemessen.

#### Leistungen der Schülerinnen und Schüler

Werden die Ergebnisse des ExKoNawi-Tests in PISA-Metrik (d. h. der Mittelwert aller Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe wird auf 500 mit einer Standardabweichung von 100 gesetzt) umgerechnet, so ergeben sich die in Tabelle 1 dargestellten Mittelwerte:

Tab. 1: Leistungen der Schülerinnen und Schüler in PISA-Metrik (Mittelwert 9. Klasse: 500 (100)) in den Aufgaben zu den beiden Problemtypen „kategoriegeleitetes Beobachten“ (links) und „skalenbasiertes Messen“ (rechts). Während sich links signifikante Unterschiede zwischen den Jahrgangsstufen 7 und 9 nur im hohen Niveau und nur vom tiefen zum hohen Niveau in Klassenstufe 9 ergeben (dann aber in der Größenordnung einer Standardabweichung), ergeben sich rechts signifikante Unterschiede von etwa einer Standardabweichung sowohl von den tiefen zu den hohen Niveaus je Klassenstufe als auch von der 7. zur 9. Klassenstufe je Niveau.

„kategoriegeleitetes Beobachten“	tiefstes Niveau	$\Delta$	höchstes nichtgymnasiales Niveau	„skalenbasiertes Messen“	tiefes Niveau	$\Delta$	höchstes nichtgymnasiales Niveau
Klasse 7	437 (79)	n.s.	452 (93)	Klasse 7	365 (101)	U: .000	450 (107)
$\Delta$	n.s.		U: .006	$\Delta$	U: .000		U: .008
Klasse 9	459 (86)	t: .011	537 (99)	Klasse 9	458 (83)	t: .009	538 (101)

#### Ausblick

Da die ersten Ergebnisse darauf hindeuten, dass die Struktur des ExKoNawi-Modells angemessen ist und eine Progression abgebildet werden kann, die Aussagen vorerst aber auf die untersuchte Stichprobe eingeschränkt werden müssen, ist es das Ziel der nächsten Jahre, weitere Aufgaben zu entwickeln und das Modell weiter intern zu validieren sowie eine externe Validierung des Modells zu realisieren.

#### Literatur

Gut, C., Hild, P., Metzger, S., & Tardent, J. (in diesem Band). Projekt ExKoNawi: Modell für hands-on Assessments experimenteller Kompetenzen.

Andreas Nehring  
 Kathrin H. Nowak  
 Annette Upmeier zu Belzen  
 Rüdiger Tiemann

Humboldt-Universität zu Berlin

### **Ausgewählte Analysen der „VerE-Studie“ - Zur Trennbarkeit und zu Zusammenhängen von Fachwissen und Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung**

#### **Hintergrund**

Mit Bezug auf die im Jahr 2004 beschlossenen Bildungsstandards für das Fach Chemie umfasst der Begriff „Erkenntnisgewinnung“ problemorientierte Tätigkeiten, bei denen Schülerinnen und Schüler selbstständig „experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen“ (KMK, 2004, S. 7). Für eine Theoretisierung dieser an naturwissenschaftlichen Forschungsprozessen orientierten Tätigkeiten wird auf den durch Weinert (2002) beschriebenen Kompetenzbegriff zurückgegriffen. Jedoch verbleibt der Weinertsche Kompetenzbegriff wie auch die genannten Standards auf eher allgemeinem Niveau. Kompetenzmodelle sollen vor diesem Hintergrund einen Beitrag für eine genauere Beschreibung und Operationalisierung von Kompetenzen leisten - mit dem Ziel diese Konstrukte mess- und letztlich im Unterricht förderbar zu machen. Dabei besteht der grundsätzliche Gedanke der kompetenzorientierten Beschreibung von Lernen u. a. darin, Fähigkeiten und Fertigkeiten zum problemlösenden Arbeiten aufzubauen, die variabel auf verschiedene Situationen anwendbar sind. Gerade im Hinblick auf dieses Kriterium werfen Kritiker der Kompetenzorientierung eine Beliebigkeit hinsichtlich der Relevanz fachwissenschaftlicher Inhalte vor (Rindemann, 2006). Hier können empirische Studien einen Beitrag zu einer „Entnormatisierung“ der Diskussion sowie zur Aufklärung der Zusammenhänge von Wissen und Kompetenzen leisten. Für den Bereich der Erkenntnisgewinnung sind erste Beiträge bspw. durch Klos, Henke, Kieren, Walpuski & Sumfleth (2008) geleistet worden.

#### **Die „VerE-Studie“**

Ziel „VerE-Studie“ war es, zur weiteren Konkretisierung und Operationalisierung von Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung beizutragen. Dazu wurde ein Kompetenzstrukturmodell entwickelt, das die Binnenstruktur von Kompetenzen für diesen Bereich beschreibt und interdisziplinär auf die Fächer Chemie und Biologie anwendbar ist (Abb. 1).

<b>Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen</b>				
Modelle nutzen	M 1	M 2	M 3	
Experimentieren	E 1	E 2	E 3	
Beobachten, Vergleichen, Ordnen	BVO 1	BVO 2	BVO 3	
	Fragestellung und Hypothese	Planung und Durchführung	Auswertung und Reflexion	<b>Wissenschaftliches Denken</b>

*Abb. 1: Struktur des Kompetenzmodells für die Erkenntnisgewinnung der Fächer Chemie und Biologie (Nowak, Nehring, Tiemann, Upmeier zu Belzen, 2013)*

Es werden mit dem Beobachten, Vergleichen, Ordnen, Experimentieren und Nutzen von Modellen verschiedene „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen“ unterschieden (Wellnitz & Mayer, 2012; Upmeier & Krüger, 2010). Diese ermöglichen die Beantwortung und Überprüfung von Fragestellungen bzw. Hypothesen korrelativer bzw. kausaler Qualität. Im Sinne eines hypothetisch-deduktiven Verlaufs von Untersuchungen gliedern sich diese Arbeitsweisen in das Aufstellen von Fragestellungen und Hypothesen, das Planen und Durchführen von Untersuchungen sowie deren Auswertung und Reflexion (Klahr, 2002). Auf diese Weise werden im Modell neun Teilkompetenzen identifiziert, die in diesem Fall durch Aufgaben für das Fach Chemie konkretisiert und erfassbar gemacht werden können. Folgende Fragestellungen werden u. a. im Rahmen dieser Studie fokussiert:

1. Inwiefern lassen sich die Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung und weitere personenspezifische Kovariablen (Tab. 1) empirisch trennen?
2. Inwiefern lassen sich Zusammenhänge zwischen den Kompetenzen und weiteren personenspezifischen Kovariablen nachweisen (Tab. 1)?

Auf dieser Grundlage wurden 90 kompetenzorientierte Items für das Fach Chemie konstruiert und Schülerinnen und Schülern der 9. und 10. Jahrgangsstufe zur Bearbeitung vorgelegt (N=612). Die so erzeugten Daten werden in einem ersten Schritt zur Bestimmung psychometrischer Gütekriterien sowie zur empirischen Überprüfung der Modellstruktur genutzt. Folgende personenspezifische Kovariablen wurden u. a. zur Bearbeitung der Forschungsfragen erhoben (Tab. 1).

*Tab. 1: Übersicht über die erhobenen personenspezifischen Kovariablen*

<b>Variable</b>	<b>Instrument und Quelle</b>
Deklaratives Fachwissen	Entwicklung - „VerE-Studie“
Freude an Chemie	Skala nach PISA 2006 (Frey et al., 2009)
Interesse an Itemkontexten	Skala nach PISA 2006 (Frey et al., 2009)
Chemiespezifisches Selbstkonzept	Skala nach PISA 2006 (Frey et al., 2009)
Lesegeschwindigkeit	LGVT 6 - 12 (Schneider et al., 2007)
Leseverständnis	LGVT 6 - 12 Schneider et al., 2007)
Cognitive Load	Skala nach Eckhardt (2010)
Kognitive Grundfertigkeit	KFT 4-12 + R (Heller & Perleth, 2000)

### **Zielstellung und Durchführung ausgewählter Analysen**

Die Frage nach einer empirischen Trennbarkeit von erhobenen Konstrukten stellt sich insbesondere bei der Durchführung von Zusammenhangsanalysen, wie es bei der zweiten Fragestellung der Fall ist. Daher werden an dieser Stelle, wie auch in Bezug auf die oben angeführte Diskussion, ausgewählte Analysen zum deklarativen Fachwissen und den Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung berichtet. Es stehen die Fragen nach der Trennbarkeit beider Konstrukte, zum einen, sowie nach der Höhe möglicher Zusammenhänge, zum anderen, im Fokus.

Die Analysen stützen sich auf die im Rahmen der „VerE-Studie“ erhobenen Daten. Diese wurden mit den oben dargestellten Instrumenten erhoben. Dabei kamen Papier-und-Bleistifttests zum Einsatz, die 90 Items im Falle des Tests zur Erfassung der Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung sowie 32 Items im Falle des Tests zur Erfassung des deklarativen Fachwissens im Bereich Chemie enthielten. Beide Tests waren inhaltlich aufeinander sowie auf den Rahmenlehrplan Chemie des Landes Berlins abgestimmt. Nach Überprüfung der Rasch-Homogenität wurden 76 Items im Falle der Kompetenzen bzw. 22 Items im Falle des Fachwissens in die Analysen einbezogen. Diese Analysen wurden mit dem Programm „Conquest“ berechnet. Dabei wurden ein- und zweidimensionale Rasch-Modelle und deren Fit-Indizes verwendet und, wie im Folgenden dargestellt, miteinander in Beziehung gesetzt.

### Darstellung ausgewählter Ergebnisse

Der Vergleich eines eindimensionalen Modells, das das deklarative Fachwissen sowie die erfassten Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung zusammenfasst, mit einem zweidimensionalen Modell, das beide Konstrukte voneinander trennt, ist in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Ergebnisse der Modellpassungen und Modellvergleiche zwischen ein- und zweidimensionalen Modelle

Modell	Deviance (df)	BIC	AIC	LR-Test
1-dim: Fachwissen-Kompetenzen	33685.1 (101)	34333.2	33887.1	-
2-dim: Fachwissen vs. Kompetenzen	33562.7 (103)	34223.7	33768.7	$\Delta\chi^2(2)=122.4$ $p < .001$

Die Analysen zeigen, dass das zweidimensionale Modell eine signifikant bessere Modellpassung aufweist. Die Ausprägung der informationstheoretischen Kriterien BIC und AIC bestätigen dieses Ergebnis. Dabei ergibt sich eine latente Korrelation zwischen beiden Konstrukten von  $r = 0.60$ .

### Zusammenfassung und Diskussion

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es sich bei den Konstrukten des deklarativen Fachwissens und der Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung um empirisch trennbare, jedoch stark korrelierte Konstrukte handelt. Diese Ergebnisse stehen anteilig im Einklang mit denen von Klos et al. (2008) berichteten Resultaten. Bezugnehmend auf die Diskussion um die Bedeutung des Fachwissens kann daher nicht die Rede von einer Abwertung fachwissenschaftlicher Orientierungen sein. Im Einklang mit einer domänenorientierten Konzeption von Kompetenzen scheint ein höheres Fachwissen vielmehr mit einer höheren Fähigkeit zum Lösen von Problemen auch im Bereich chemischer Erkenntnisgewinnung einherzugehen und damit auch für „kompetentes“ Handeln notwendig zu sein.

### Literatur

- Klahr, D. (2000). Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes. MIT, Cambridge, Massachusetts, London, England.
- 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.
- KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Bildungsabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschluss vom 16.12.2004. Luchterhand, München
- 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), 182-186.
- Rindermann, H. (2006). Was messen internationale Schulleistungsstudien? Schulleistungen, Schülerfähigkeiten, kognitive Fähigkeiten, Wissen oder allgemeine Intelligenz? Psychologische Rundschau, 57(2), 69-86.
- Upmeier zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 41-57.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim und Basel: Beltz Verlag, 17-31.
- Wellnitz, N. & Mayer, J.(2008). Evaluation von Kompetenzstruktur und –niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren, In D. Krüger, A. Upmeier zu Belzen, T. Riemeier & K. Niebert (Hrsg.), Erkenntnisweg Biologiedidaktik 7. Berlin: VBio, 129-144.

## Kognitive Validierung eines Experimentiertests durch Think Alouds

### Theoretischer Hintergrund

Ein zentrales Ziel der universitären Ausbildung in Physik ist das Erlernen wissenschaftlichen Arbeitens und insbesondere des Experimentierens (Hodson, 1996). Der potentiell iterative Prozess des Experimentierens lässt sich nach Klahr (2000) in die drei Phasen Planung, Durchführung und Auswertung gliedern. Diese Phasen können weiter ausdifferenziert werden (vgl. Emden, 2011). Bei der Modellierung der Experimentierkompetenz werden den Phasen dann entsprechende Fähigkeiten zugeordnet (z.B. Nawrath, Maiseykenka & Schecker, 2011, siehe Abb. 1). Dabei erfordert eine hohe Experimentierkompetenz mehr als das Beherrschen der einzelnen Fähigkeiten (z.B. Emden, 2011). Die Fähigkeiten müssen auch in einer sinnvollen Abfolge angewandt werden (Emden, 2011) und der Problemlösung dienen (Klar, 2000). Daran anknüpfend wurde im vorgestellten Projekt ein Modell der Experimentierkompetenz entwickelt. Dieses beruht auf sieben Fähigkeiten, die bezüglich der folgenden drei Aspekte analysiert werden: Die Fähigkeiten müssen (I) korrekt und (II) in einer logischen Abfolge angewandt und darüber hinaus müssen die einzelnen Iterationen beim Lösungsprozess durch (III) Strategien miteinander verknüpft werden. Zur Untersuchung der Experimentierkompetenz wurde in der Vergangenheit eine Reihe von Testinstrumenten entwickelt (z.B. Schreiber 2009). Allerdings zeigen sich für viele dieser Instrumente Probleme mit der Validität. So zeigen Shavelson, Gao und Baxter (1993), dass nur ein geringer Anteil der Testleistung bei Experimentiertests durch die Personenfähigkeit erklärt werden kann.

Dies führt zu der Frage, wie valide die generierten Erkenntnisse durch Experimentiertests sind (vgl. auch Emden, 2011). Eine Analyse der Validität lässt sich durch die Bestimmung der nicht-personenbezogenen-Varianz (NPV) realisieren. Valide Erkenntnisse lassen sich generieren, wenn die NPV minimal ist. Genau dann ist der Score auf die Experimentierkompetenz zurückzuführen.

Wichtige mögliche Quellen für NPV sind das Testdesign (Paper & Pencil, Simulation oder Realexperiment) sowie das Auswerteverfahren (produkt- bzw. prozessorientiert). Es konnte gezeigt werden, dass mit verschiedenen Designs (z.B. Paper & Pencil vs. Realexperiment) unterschiedliche Konstrukte erfasst werden (Shavelson, Ruiz-Primo & Wiley, 1999; Schreiber, 2009). Auch innerhalb eines Designs ist es schwer, die NPV zu minimieren. Als Lösungsansatz zur Testentwicklung dienen daher Frameworks in denen die mutmaßlich zur NPV beitragenden Aspekte kontrolliert werden (Stecher et al., 2000). Innerhalb der Auswerteverfahren wird angenommen, dass sich die Qualität des Experimentierens im Prozess zeigt und eine prozessorientierte Auswertung eher in der Lage ist valide Erkenntnisse zu generieren (z.B. Schreiber 2009). Diese Hypothese wurde bisher aber nicht empirisch verifiziert und soll daher in dem Projekt mit untersucht werden.

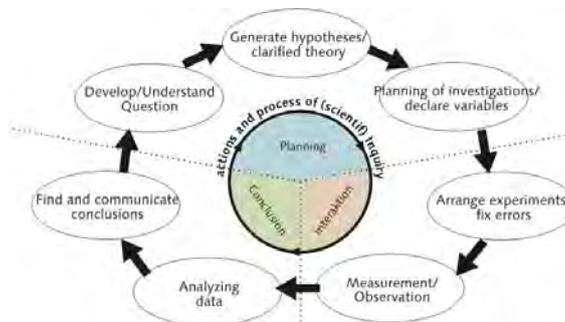


Abbildung 1: Fähigkeiten beim potentiell iterativen Prozess des Experimentierens

### **Forschungsziel und Forschungsfragen**

Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines Testinstruments, mit dem sich valide Erkenntnisse über Experimentierkompetenz generieren lassen. Entlang einer Inhaltsanalyse universitärer Praktika wurde zunächst ein Testinstrument entwickelt und bzgl. der inhaltlichen Validität untersucht (Heidrich, Neumann & Petersen, 2013). Im vorliegenden Beitrag steht die kognitive Validität im Vordergrund. Das heißt, inwieweit ein produkt- bzw. prozessorientiertes Auswerteverfahren geeignet ist, Daten zu generieren, die eine minimale NPV aufweisen. NPV kann in diesem Zusammenhang durch zwei Quellen entstehen: (1) Die Aufgaben messen zusätzlich (zu viele bzw. in zu hohem Maße) andere Konstrukte, was sich in einer unzureichenden Inter-Item-Reliabilität ausdrücken würde; oder (2) die Auswerteverfahren erfassen unterschiedliche Konstrukte, was sich in einer niedrigen Korrelation untereinander bzw. zu einer Referenzauswertung ausdrücken würde. Als Referenz wird hier eine Auswertung der kognitiven Prozesse mittels der Methode des lauten Denkens gewählt. Diese Auswertung gilt als besonders valide im Hinblick auf die Erfassung der kognitiven Prozesse von Probanden (Thelk & Hoole, 2006). Die Forschungsfragen lauten:

(F1) Inwieweit können die verschiedenen Auswerteverfahren (Prozess, Produkt, Lautes Denken) die drei Aspekte der Experimentierkompetenz reliabel erfassen?

(F2) Inwieweit erfassen die verschiedenen Auswerteverfahren (Prozess, Produkt, Lautes Denken) die drei Aspekte der Experimentierkompetenz in gleicher Weise?

### **Design**

Die Untersuchung der kognitiven Validität gliedert sich in drei Schritte. Im ersten Schritt führten  $N=11$  Probanden den Test durch. Jeder Proband wurde gefilmt und musste laut denken. Zusätzlich führte jeder Proband ein Laborheft. Im zweiten Schritt wurden die Laborhefte (Produkt) und die Handlungen aus den Videos (Prozess) analysiert. Zunächst wurden die Aufzeichnungen aus den Laborheften bzw. die Handlungen aus den Videos einer Fähigkeit des Modells zugeordnet. Anschließend wurde die Aufzeichnung bzw. Handlung bzgl. der richtigen Durchführung bewertet. Die Analyse der Think Alouds lief äquivalent zu der Auswertung der Videos mit dem Unterschied, dass die Tonspur als zusätzliche Informationsquelle diente. Für die Laborhefte sind die Übereinstimmungen zwischen den Ratern gut ( $\kappa = .87 - .90$ ), bei der hochinferenten Kodierung der Videos (mit und ohne Ton) akzeptabel ( $\kappa = .66 - .71$ ). Die Scores für die Aspekte der Experimentierkompetenz wurden basierend auf den gewonnenen Daten berechnet. Die Richtigkeit ergibt sich aus der Summe der Richtigkeit der einzelnen Aufzeichnungen bzw. Handlungen. Für die logische Abfolge wurden die einzelnen Übergänge von einer Handlung zur nächsten bewertet. Bei der Strategie wurde die Anzahl der genutzten Iterationen ausgezählt. Im dritten Schritt wurden die Reliabilität der verschiedenen Auswerteverfahren sowie die Korrelation zwischen produkt- bzw. prozessorientierter Auswertung und der Referenz berechnet.

### **Ergebnisse**

Zur Beantwortung von Forschungsfrage F1 wurden Cronbachs  $\alpha$  und die Trennschärfe  $i_{tt}$  herangezogen. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 1. Der Aspekt der Richtigkeit kann von allen Auswerteverfahren reliabel gemessen werden. Der Aspekt der Strukturiertheit bildet bei keinem der Auswertungen ein reliables Maß und bei der Zielorientiertheit kann nur mit der Referenzauswertung eine ausreichende Reliabilität erzielt werden.

Zur Bearbeitung der zweiten Forschungsfrage wurde die Korrelation zwischen den Auswerteverfahren beim Aspekt Richtigkeit berechnet (Produkt-Prozess  $.84^{**}$ ; Produkt-Referenz  $.56^{+}$ ; Prozess-Referenz  $.65^{*}$ ). Die Probleme mit der Signifikanz lassen sich durch eine Analyse mit G-Power auf die geringe Stichprobengröße von  $N=11$  Probanden zurückzuführen. Für die anderen beiden Aspekte wurde keine Analyse durchgeführt, da die Voraussetzung einer reliablen Skala nicht gegeben war.

Tab. 1: Cronbachs  $\alpha$  und Trennschärfe für die verschiedenen Aspekte der Experimentierkompetenz bzgl. der unterschiedlichen Auswerteverfahren

	Produktorientiert (Laborheft)	Prozessorientiert (Videos)	Referenz (Think Alouds)
Richtigkeit	$\alpha = .622$ $i_{rt} = .375$	$\alpha = .685$ $i_{rt} = .453$	$\alpha = .781$ $i_{rt} = .579$
Strukturiertheit	$\alpha = .098$ $i_{rt} = .077$	$\alpha = .474$ $i_{rt} = .341$	$\alpha = .569$ $i_{rt} = .344$
Zielorientiertheit	$\alpha = .309$ $i_{rt} = .113$	$\alpha = .311$ $i_{rt} = .224$	$\alpha = .783$ $i_{rt} = .608$

### Diskussion und Ausblick

Ziel des vorgestellten Projekts ist es, einen Test zu entwickeln, mit dem die Experimentierkompetenz von Studierenden kognitiv valide erfasst werden kann. Dies zeigt sich in einer geringen NPV. Die Reliabilität zwischen den Items ist über alle Auswerteverfahren ausreichend für den Aspekt der Richtigkeit. Auch die Übereinstimmung der Auswerteverfahren konnte bestätigt werden. Entsprechend ist die erzeugte NPV gering und kognitive Validität kann angenommen werden. Für die logische Abfolge und die Strategie konnten keine bzw. nur mit der Referenzauswertung reliable Maße erzeugt werden. Entsprechend gibt es einen nicht vernachlässigbaren Anteil an NPV. Dies deutet auf Validitätsprobleme hin und eine Überarbeitung ist notwendig. Als mögliches Problem bei den Strategien wurden schnelle Handlungswechsel identifiziert, die nicht abgebildet werden können. Zur adäquaten Erfassung diese Übergänge wird das nicht experimentierbezogene Testmaterial (Fragestellung, theoretische Hinweise, ...) digitalisiert. Entsprechend bekommen Probanden neben dem Versuchsmaterial einen Tablet-PC für die Testdurchführung. Dieser ist in der Lage sämtliche Handlungen automatisch festzuhalten. Eine Erprobung des digitalen Laborhefts wird zusammen mit einer Untersuchung der strukturellen - und externen Validität durchgeführt. Zur Identifikation der Probleme bei der logischen Abfolge werden derzeit Experten befragt.

### Literatur

- Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens: Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. Univ., Diss.--Duisburg-Essen, 2011. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 118. Berlin: Logos.
- Heidrich, J., Neumann, K. & Petersen, S. (2013). Entwicklung und Validierung eines Experimentiertests. In: Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen Jahrestagung in Hannover 2012 / Bernholt, Sascha (Hrsg.) Kiel IPN (2013), S. 667 – 669
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 115–135. doi:10.1080/0022027980280201
- Klahr, D., & Dunbar, K. (2000). *Exploring science: The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, Mass.: MIT Press. Retrieved from <http://www.gbv.de/dms/bs/toc/269299742.pdf>
- Nawrath, D., Maiseyken, V. & Schecker, H. (2011). *Experimentelle Kompetenz - Ein Modell für die Unterrichtspraxis*. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule* (2011), S. 42-48
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2009). *Experimentelle Kompetenz messen?!*. In: *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule* 8 (2009) Nr. 3, S. 92-101
- Shavelson R. J., Gao X., & Baxter G. P. (1993). *Sampling Variability of Performance Assessments: CSE Technical Report 361*. Retrieved from <http://www.cse.ucla.edu/products/Reports/TECH361.pdf>
- 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. doi:10.1111/j.1745-3984.1999.tb00546.x
- Stecher, B. M., Klein, S. P., Solano-Flores, G., McCaffrey, D., Robyn, A., Shavelson, R. J., & Haertel, E. The Effects of Content, Format, and Inquiry Level on Science Performance Assessment Scores.
- Thelk, A. D., & Hoole, E. R. (2006). What Are You Thinking? Postsecondary Student Think-Alouds of Scientific and Quantitative Reasoning Items. *The Journal of General Education*, 55(1), 17–39. doi:10.1353/jge.2006.0019

Kerstin Patzwaldt  
Meta Kambach  
Annette Upmeier zu Belzen  
Rüdiger Tiemann

Humboldt-Universität zu Berlin

## **Experimentierkompetenz erfassen Zur Entwicklung und Auswertung von Experimentieraufgaben**

### **Ausgangslage**

Das Experiment ist eine zentrale Methode wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Höttecke, 2001; KMK, 2007). Die Förderung von Experimentierkompetenz wird deshalb sowohl für Schüler als auch für Lehrkräfte gefordert (KMK, 2007; 2010).

Empirische Befunde weisen zum Beispiel darauf hin, dass Schüler Probleme beim hypothesengeleiteten Experimentieren zeigen (z.B. Klahr, Fay & Dunbar, 1993; Hammann, Phan, Ehmer & Bayrhuber, 2006) und ein Großteil der Lehrkräfte nur wenig Erfahrung und inadäquate Vorstellungen in diesem Bereich aufweist (z.B. Akerson & Hanuscin, 2007) und Befunde zur Experimentierkompetenz von angehenden Lehrkräften sind derzeit kaum verfügbar. Ziel dieser Studie ist es deshalb, die Experimentierkompetenz von Chemie-Lehramtsstudierenden zu beschreiben.

### **Theoretischer Hintergrund**

Für den Begriff der Experimentierkompetenz legen wir in diesem Projekt eine Kompetenzdefinition nach Hartig und Klieme (2006) zugrunde. Demnach zeichnet sich Kompetenz durch die Fähigkeit aus, spezifische Situationen und Anforderungen zu bewältigen. So wird Experimentierkompetenz in Situationen erforderlich in denen experimentiert werden soll. Experimentieren meint hierbei das hypothesengeleitete Untersuchen kausaler Zusammenhänge, bei der nach gezielter Variation von hypothetischen Einflussgrößen unter kontrollierten Bedingungen die Auswirkungen auf die betrachteten Größen beobachtet oder gemessen werden (Beveridge, 1961; Eschenhagen, Kattmann, Rodi, & Etschenberg, 2003; Gyllenpalm & Wickmann, 2011). Die Anforderungen für einen solchen Prozess lassen sich durch das Betrachten von folgenden Experimentierphasen bestimmen (z.B. Lunetta & Tamir, 1979; Klahr & Dunbar, 1988; Mayer, 2007; Koppelt, 2011):

- Problem/Phänomen erkennen
- Fragen stellen
- Hypothesen formulieren
- Experimente planen
- Experimente durchführen
- Experimente auswerten
- Ergebnisse kommunizieren/anwenden

Der Literatur lassen sich weiterhin Aspekte entnehmen, die innerhalb dieser Phasen betrachtet werden können. Insbesondere für die Phasen der Durchführung und Auswertung ist die Anzahl der beschriebenen Aspekte so hoch, dass eine Unterteilung dieser Phasen in Teilphasen sinnvoll erscheint. Die Zuordnung der Aspekte in diese Teilphasen wurde mithilfe eines Expertenratings überprüft.

### **Expertenrating zu den Aspekten der Experimentierkompetenz**

Für die Unterteilung der Phasen Durchführung und Auswertung wurden jeweils vier der in der Literatur beschriebenen Aspekte ausgewählt und als Teilphasen deklariert. Die Zuordnung der übrigen Aspekte zu diesen Teilphasen erfolgte mithilfe eines

Onlinefragebogens, den 60 Experten bearbeiteten. Abbildung 1 zeigt die Unterteilung der Phasen Durchführung und Auswertung sowie exemplarisch, welche Aspekte der Teilphase „Durchführung vorbereiten“ zugeordnet wurden. Im Ergebnis liegt nun eine strukturierte Liste von Aspekten der Experimentierkompetenz vor, die als Grundlage für die Entwicklung von Experimentieraufgaben sowie für die Herleitung von Kodiermanualen zur Analyse von Experimentierprozessen dient.

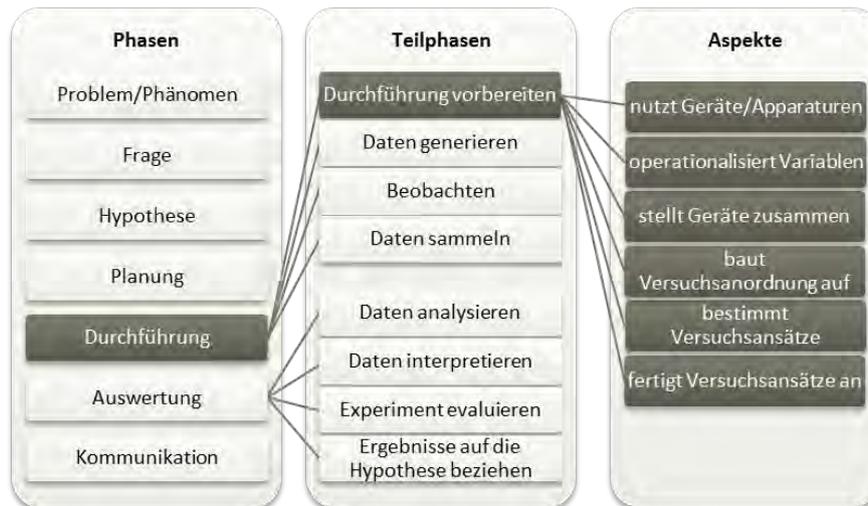


Abb. 1: Phasen und Teilphasen des Experimentierprozesses sowie exemplarisch Aspekte der Teilphase „Durchführung vorbereiten“ (Quellen der Aspekte: Schreiber, Theyßen & Schecker, 2009; Tamir, Nussinovitz & Friedler, 1982; Wenning, 2007; Zimmerman, 2006)

### Studiendesign

In einer qualitativen Studie werden Studierende beim Lösen einer Experimentieraufgabe videographiert. Zudem werden die kognitiven Prozesse der Probanden mit Hilfe der Methode des Lauten Denkens und die reflektierenden Prozesse in einem anschließenden Interview erfasst. Die Stichprobe der Vorstudie umfasst  $N=13$  Chemie-Lehramtsstudierende im 2. Semester. Jedem Versuchsteilnehmer wurde eine der 9 Experimentieraufgaben vorgelegt. Jede dieser Aufgaben gibt die zu untersuchende Fragestellung implizit vor und fordert explizit zur Hypothesenformulierung, Planung, Durchführung und Auswertung auf. Zur Analyse der aufgezeichneten Videos und Transkripte wurden Kodiermanualen auf Grundlage der in der Literatur beschriebenen Kompetenzaspekte entwickelt. Zur Visualisierung der Kodierungen wurden abschließend individuelle Prozesstrukturgrafiken erstellt, aus denen die zeitliche Abfolge der Teilaufgabenbearbeitung sowie der Phasendurchläufe ersichtlich wird.

### Ergebnisse

Ein Großteil der in der Literatur beschriebenen Aspekte der Experimentierkompetenz lässt sich bei der Bearbeitung der vorliegenden Experimentieraufgaben beobachten. Ausnahmen sind zum einen die Aspekte der Fragenformulierung. Dies ist damit begründet, dass die Untersuchungsfrage in der Aufgabenstellung bereits implizit vorgegeben und folglich von nur einem Probanden expliziert wurde. Zum anderen konnten die Aspekte der Phase Kommunikation/Anwendung nicht im Rahmen der Aufgabenbearbeitung beobachtet werden. Weiterhin konnten auch nicht alle Aspekte der Auswertung erfasst werden, da diese

Phase von den Probanden nur kurz durchlaufen oder sogar ausgelassen wurde. Die Auswertung der Prozessgrafiken lieferte drei Muster, mit denen sich die individuellen Experimentierverläufe beschreiben lassen:

- 1) die kognitiven Prozesse verlaufen parallel zur jeweils bearbeiteten Teilaufgabe (linear)
- 2) der Dreischritt Planung – Durchführung – Auswertung wiederholt sich (iterativ)
- 3) während der Bearbeitung der Teilaufgabe zur Durchführung sind mehrere Planungsphasen beobachtbar (oszillierend)

Auf individueller Ebene lässt sich jeweils mindestens eins oder aber eine Kombination dieser Muster beobachten.

### Fazit und Ausblick

Die konstruierten Experimentieraufgaben regen das Durchlaufen der Phasen Hypothesengenerierung – Planung – Durchführung – Auswertung an. Somit lassen sich entsprechende Aspekte der Experimentierkompetenz beobachten. Die kognitiven Prozesse der Probanden verlaufen asynchron und wurden demnach nicht durch die Aufgabenstellung vorherbestimmt. Es konnten 3 Muster zur Beschreibung der Experimentierverläufe identifiziert werden. Im nächsten Schritt werden die Phasen Durchführung und Auswertung differenzierter betrachtet und auf Ebene der Teilphasen analysiert. Weiterhin wird ein Kategoriensystem zur Analyse der beobachteten Probleme entwickelt. Die Hauptstudie ist für den Herbst 2013 geplant.

### Literatur

- Akerson, V. L., & Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653-680.
- Beveridge, W. I. B. (1961). *The art of scientific investigation*. New York: Norton.
- Eschenhagen, D., Kattmann, U., Rodi, D., & Etschenberg, K. (2003). *Fachdidaktik Biologie*. Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Gyllenpalm, J., & Wickman, P.-O. (2011). "Experiments" and the inquiry emphasis conflation in science teacher education. *Science Education*, 95(5), 1-19.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung. *Der Mathematisch-Naturwissenschaftliche Unterricht*, 57(4), 196-203.
- Hammann, M. (2007). Das Scientific Discovery as Dual Search-Modell. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 187-196). Berlin, New York: Springer.
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, H., & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der Mathematisch-Naturwissenschaftliche Unterricht*, 59(5), 292-299.
- Hartig, J., & Klieme, E. (2006). Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 127-143). Heidelberg: Springer Medizin Verl.
- 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.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1-48.
- Klahr, D., Fay A.L., & Dunbar K. (1993). Heuristics for Scientific Experimentation: A Developmental Study. *Cognitive Psychology*, 25, 111-146.
- Koppelt, J. (2011). *Modellierung dynamischer Problemlösekompetenz im Chemieunterricht*. Berlin: Mensch & Buch.
- Liu, X. (2010). *Using and Developing Measurement Instruments in Science Education: A Rasch Modeling Approach: A Rasch Modeling Approach*. Charlotte: Information Age Publishing.
- Lunetta, V. N., & Tamir, P. (1979). Matching Lab Activities with Teaching Goals. *Science Teacher*, 46(5), 22-24.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177-186). Berlin, New York: Springer.
- Schreiber, N., Theyssen, H., & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! In *DPG 2009 - Tagungsband*.
- Tamir, P., Nussinovitz, R., & Friedler, Y. (1982). The design and use of a Practical Tests Assessment Inventory. *Journal of Biological Education*, 16(1), 42-50.
- Wenning, C. J. (2007). Assessing inquiry skills as a component of scientific literacy. *Journal of Physics Education Online*, 4(2), 21-24.

## **Lehrerperspektiven auf unsichere Evidenz im naturwissenschaftlichen Unterricht**

### **Problemaufriss**

Der Prozess der Evidenzgenese in den Naturwissenschaften ist kontingent und von Unsicherheit geprägt. Dies betrifft die Verknüpfung von empirischen Rohdaten mit einem Gültigkeitsurteil (z.B. Fakt oder Artefakt) und mögliche Differenzen zwischen Erwartungen und Beobachtungen auf individueller sowie interpersoneller Ebene (Rheinberger, 2006; Kirch, 2010; Höttecke, 2013). Im Gegensatz dazu zeichnen sich experimentelle Praktiken im naturwissenschaftlichen Unterricht durch eine feste Reihenfolge von Schritten und einem vorbestimmten Ergebnis aus (Gyllenpalm & Wickman, 2011). Das Auftreten unsicherer Evidenz (z.B. durch konfligierende Ergebnisse bei Schülerexperimenten) bietet fruchtbare Lerngelegenheiten über die Natur des Wissens und der Wissensgenese (Kelly et al., 2000), die im Unterricht i.d.R. ungenutzt bleiben.

Ziel des Projektes ist die Rekonstruktion von Lehrerperspektiven auf unsichere Evidenz im naturwissenschaftlichen Unterricht. Im Rahmen dieses Artikels werden Überlegungen zur Triangulation von Qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring 2010) und Dokumentarischer Methode (Abk. DM) (Bohnsack et al. 2007) vorgestellt und diskutiert.

### **Forschungsfragen**

Die Perspektiven der Lehrpersonen werden anhand zweier Forschungsfragen untersucht:

- 1) Welche individuellen Orientierungsrahmen<sup>1</sup> von Lehrpersonen können im Zusammenhang mit der Konfrontation mit unsicherer Evidenz im Unterricht rekonstruiert werden?
- 2) Welche didaktischen Strategien äußern Lehrpersonen im Zusammenhang mit der Konfrontation mit unsicherer Evidenz im Unterricht?

### **Design**

Die Datenbasis bilden fokussierte, halbstrukturierte Interviews mit 26 Lehrpersonen der Unterrichtsfächer Physik, Chemie und Biologie. Videovignetten, die das Auftreten unsicherer Evidenz im Fachunterricht abbilden, dienen als Interviewstimuli (Ruhrig et al., 2013). Sie enden mit der Präsentation konfligierender Experimentiererergebnisse durch Schüler/innen im Klassengespräch. Lehrpersonen sind aufgefordert über mögliche und wünschenswerte Strategien zum Umgang mit der Situation zu sprechen.

Die Analyse basiert zum einen auf der DM mit dem Ziel der Rekonstruktion individueller Orientierungsrahmen (vgl. Forschungsfrage 1). Zum anderen wird die strukturierende Inhaltsanalyse unter Verwendung eines deduktiv-induktiv entwickelten Kategoriensystems verwendet, um die problembezogenen didaktischen Strategien der Lehrpersonen zu extrahieren (vgl. Forschungsfrage 2). Für die Gewährleistung der Qualität der Ergebnisse wurden die einzelnen Schritte systematisch unter Experten diskursiv validiert.

### **Ergebnisse**

Es werden erstens die rekonstruierten individuellen Orientierungsrahmen dreier kontrastierender Fälle präsentiert. Zweitens werden zu den gleichen Fällen ausgewählte

<sup>1</sup> Der Begriff des Orientierungsrahmens beinhaltet milieuspezifisches, erfahrungsgeneriertes und habitualisiertes Kontextwissen, das jenseits kommunikativer Wissensbestände liegt (vgl. Bohnsack, 1997).

Ergebnisse der strukturierenden Inhaltsanalyse dargestellt, um eine Grundlage für Überlegungen zur Triangulation der beiden Ansätze zu liefern. Die folgenden drei individuellen Orientierungsrahmen konnten rekonstruiert werden:

**Fall 1 (Ben):** Bens Selbstverständnis als Lehrer ist das eines Fachexperten. Seine primäre Aufgabe besteht in der Beurteilung von Schülerbeiträgen im Sinne von „richtig“ und „falsch“. Damit sind fachinhaltliche Ansprüche an die eigene Expertise verbunden. Sie zu erfüllen stellt für ihn die zentrale Herausforderung seiner professionellen Praxis dar, sodass er die Unterschiedlichkeit der Schülerergebnisse nicht wahrnimmt. Ben entwickelt zu dem experimentellen Arrangement in der Videovignette eine fachwissenschaftlich inadäquate ad-hoc-Theorie, die seine priorisierte Strategie zum Umgang mit der Situation bestimmt und das Auftreten unsicherer Evidenz gleichsam negiert.

**Fall 2 (Carsten):** Carstens Orientierungsrahmen ist von Spannung geprägt. Einerseits formuliert er individuelle normative Ansprüche an Fachunterricht, nach denen sich Unterricht an wissenschaftlichen Praktiken orientieren möge und konnotiert das Auftreten unsicherer Evidenz positiv. Im Gegensatz dazu weist er das Auftreten unsicherer Evidenz auch als Störstelle einer üblichen unterrichtlichen Chronologie aus und konnotiert es negativ. Die formulierten didaktischen Strategien zum Umgang mit der Situation entsprechen der üblichen Unterrichtschronologie und nicht seinen individuellen normativen Vorstellungen.

**Fall 3 (Rebecca):** Rebeccas Orientierungsrahmen ist durch ihre expliziten Lernerwartungen über den epistemologischen Status von Wissen geprägt. Sie thematisiert das Verhältnis zwischen Empirie und Theorie und den damit verbundenen Prozess der Abstraktion. Sie ordnet dem Auftreten unsicherer Evidenz didaktisches Potential zu, indem Schüler erfahren können, dass „Wissen relativ ist“. Weiterhin nutzt Rebecca diesen normativen Anspruch an Fachunterricht, um Lernschwierigkeiten der Schüler/innen zu identifizieren und mithilfe von präziser Reflexion mögliche Strategien zu entwerfen.

Die Ergebnisauswahl der strukturierenden Inhaltsanalyse fokussiert auf die Kategorie „didaktische Strategie“ (Abb.1). Es werden drei Arten von didaktischen Strategien unterschieden: anknüpfende (Abk.: an), alternative (Abk.: alt) und generalisierende (Abk.: gen). Zu jeder dieser drei Arten differenzieren sich die Subkategorien „Umgang mit Ergebnisheterogenität“, „didaktische Struktur“, „Ergebnis“ und „Perspektive“ mit je spezifischen Ausprägungen aus. Abbildung 1 zeigt die Anzahl von vergebenen Codierungen.

Ausprägung	Ben			Carsten			Rebecca			SUBKATEGORIE	
	an	alt	gen	an	alt	gen	an	alt	gen		
Akzeptanz				1	2	3	4	1	4	9	UMGANG MIT ERGEBNIS- HETEROGENITÄT
Beseitigung	1			2	2	4					
Verstecken	2										
Vermeiden		1									
epistemische Reflexion					1	1	1		3	4	DIDAKTISCHE STRUKTUR
theoriebez. Erklärung	1			1			1	3		3	
handlungsbez. Erklärung	4			2			2	1		1	
Rekapitulation				2	2	4			1	1	
Strukturierung				1				1	1	2	
Wiederholung	3			3	1						
Abbruch											ERGEBNIS
nicht verfügbar	1										
inhaltl. ergebnisoffen							1	2		3	
inhaltl. vorstrukturiert	1	1		2			1		2	2	PERSPEKTIVE
schülerorientiert				1	2	3	1		3	4	
lehrerzentriert	1				1	1					

Abb.1: Ausgewählte Ergebnisse der strukturierenden Inhaltsanalyse

Die Ergebnisauswahl offenbart Differenzen zwischen den Fällen. Während die Subkategorie „Umgang mit Ergebnisheterogenität“ bei Ben die Ausprägungen „Beseitigung“, „Verstecken“ und „Vermeidung“ zeigt, äußert sich Carsten ambivalent. Bei Rebecca tritt ausschließlich „Akzeptanz“ auf. Ebenso zeigt Ben hinsichtlich der Subkategorie „didaktische Struktur“ eine Häufung von Codings der Ausprägung „Wiederholung“ und

„Rekapitulation“, Carsten formuliert eine Vielzahl unterschiedlicher Ausprägungen und Rebecca fokussiert auf „theoriebezogene Erklärung“ und „epistemische Reflexion“. Ähnliche Unterschiede zeigen auch die Codings der Subkategorie „*Perspektive*“, da Ben ausschließlich „lehrerzentriert“, Carsten ambivalent und Rebecca ausschließlich „schülerorientiert“ codiert worden ist. Hinsichtlich der Subkategorie „*Ergebnis*“ zeigt sich, dass nur Rebecca die Ausprägung „inhaltlich ergebnisoffen“ zugeordnet werden konnte. Darüber hinaus lassen sich fallintern Unterschiede zwischen alternativen und generalisierenden didaktischen Strategien feststellen. Während Ben an keiner Stelle des Interviews eine generalisierende Strategie formuliert hat, ist dies bei Carsten und Rebecca der Fall. Hier ergeben sich allerdings Unterschiede zwischen generalisierender und der konkret an die Videovignette anknüpfende Strategie.

### Diskussion

Hinsichtlich der Verknüpfung der Ergebnisse von DM und Inhaltsanalyse lassen sich Möglichkeiten der methodischen Triangulation auf drei Ebenen aufzeigen.

Erstens zeigen die Resultate im Sinne eines Konvergenzmodells der Methodentriangulation die Validität der Ergebnisse insgesamt. Dies betrifft zum einen die inter-fallspezifischen Unterschiede (Berücksichtigung von Evidenzgenese als Unterrichtsgegenstand, Ausprägungen der Kategorie „*didaktischen Strategie*“) und zum anderen die intra-fallspezifischen Inkonsistenzen. Zweitens bieten die Ergebnisse der DM Potenzial, die Perspektive bei der Entwicklung des Kategoriensystems bei der Inhaltsanalyse zu fokussieren. Bens Orientierungsrahmen zeigt bspw. die mögliche Bedeutsamkeit von Rollenvorstellungen für die Lehrerperspektive auf unsichere Evidenz, sodass eine entsprechende Kategorie (hier nicht dargestellt) berücksichtigt werden konnte. Drittens geben die Orientierungsrahmen Hinweise zur Interpretation der Ergebnisse der Inhaltsanalyse. So lässt sich argumentieren, dass sich die individuellen normativen Ansprüche an Fachunterricht in der *generalisierenden* didaktischen Strategie niederschlagen und die *anknüpfende* didaktische Strategien ein hohes Maß an Authentizität für eine Unterrichtspraxis aufweist, die durch spontanes, intuitives Lehrerhandeln geprägt ist.

Die Ergebnisse der DM und der Inhaltsanalyse bezogen auf die gesamte Stichprobe bieten je für sich weitere Interpretationsmöglichkeiten, die im Rahmen dieses Artikels nicht vollständig entfaltet werden können.

### Literatur

- Bohnsack, R. (1997). "Orientierungsmuster" - Ein Grundbegriff qualitativer Sozialforschung. In F. Schmidt (Hrsg.), *Methodische Probleme der empirischen Erziehungswissenschaft*. Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- Bohnsack, R., Nentwig-Gesemann, I., & Nohl, A.-M., ed. (2007). *Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gyllenpalm, J., & Wickman, P.-O. (2011). "Experiments" and the inquiry emphasis conflation in science teacher education, *Science Education*, 95(5), 908-926.
- 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, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 32-45). Kiel: IPN.
- Kelly, G. J., Brown, C., & Crawford, T. (2000). 'Experiments, contingencies, and curriculum: Providing opportunities for learning through improvisation in science teaching'. *Science Education*, 84(5), 624-657.
- Kirch, S. A. (2010). Identifying and resolving uncertainty as a mediated action in science: A comparative analysis of the cultural tools used by scientists and elementary science students at work. *Science Education*, 94(2), 308-335.
- Mayring, P. (2010), *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*, Weinheim: Beltz.
- Rheinberger, H.-J. (2006), *Experimentalsysteme und epistemische Dinge*, Suhrkamp-Verlag.
- Ruhrig, J., Ohlsen, M., & Höttecke, D. (2013). Lehrerperspektiven auf unsichere Evidenz I: Projektziele, -design und Erhebungsinstrument. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 725-727). Kiel: IPN.

### Unterstützen internetgestützte Hausaufgaben das Physiklernen?

Das Internet spielt für das außerschulische Lernen generell eine stetig zunehmende Rolle. Schülerinnen und Schüler nutzen das World Wide Web (WWW) inzwischen auch zur Bearbeitung ihrer Hausaufgaben. Aus der Perspektive der Physikdidaktik stellen sich zwei Fragen: 1) Beeinflusst das WWW überhaupt das Hausaufgabenverhalten im Physikunterricht? 2) Lässt sich das WWW bei den Physikhausaufgaben sinnvoll einsetzen? Wir wollen hier die zweite Frage untersuchen: Führen Physikhausaufgaben, die mit zusätzlichen Angeboten aus dem Internet versehen werden, zu einem größeren Wissenserwerb?

#### Stand der Forschung

*Internetnutzung:* Zwischen 50-60% der Schülerinnen und Schüler im Sekundarstufenalter nutzen das Internet zum außerschulischen Lernen und zur Bearbeitung ihrer Hausaufgaben (Feierabend et al., 2012; Institut für Demoskopie Allensbach, 2013). Die Akzeptanz internetgestützter Hausaufgaben ist gegeben. Damit ist noch nichts über ihre Wirkung gesagt. Diese hängt z. B. von der Qualität der Hausaufgaben, deren sinnvolle Einbettung in das Unterrichtsgeschehen, der Kontrolle durch die Lehrperson und die Häufigkeit der Hausaufgabenvergabe ab (vgl. Trautwein, 2008; vgl. Kohler, 2013). Diese Ergebnisse basieren größtenteils auf dem Mathematik- und Fremdsprachenunterricht. Für Nebenfächer, und damit insbesondere auch für die Physik, liegen nur wenige empirische Studien zu der Wirkung von Hausaufgaben vor. In den Lehrwerken der deutschsprachigen Physikdidaktik wird das Thema nicht einmal angesprochen (vgl. Hopf et al., 2011; vgl. Kircher et al., 2009). Aus der Chemiedidaktik kommen erste Hinweise zum Einsatz und zur Wirkung von Hausaufgaben im Chemieunterricht; diese Ergebnisse lassen sich probeweise auf den Physikunterricht übertragen: (i) Im Chemieunterricht setzen ca. 75% der Lehrkräfte Hausaufgaben im Unterricht ein (vgl. Sumfleth, Kieren & van Ackeren, 2011). (ii) Hausaufgaben können den Wissenserwerb unterstützen. Die Ergebnisse einer eher als aufwändig einzuschätzenden Interventionsstudie im Chemieunterricht weisen darauf hin (Kieren, 2008). Das Internet spielt bei diesen Studien keine Rolle. Nach dem Stand der Forschung ist die obige zweite Frage als sinnvoll zu bewerten.

#### Design, Forschungsfrage und Stichprobe

##### *Design*

Im Schuljahr 2012/13 wurde an Gymnasien aus unterschiedlichen Regionen im Bundesland Baden-Württemberg eine niederschwellige Interventionsstudie mit Pre- und Post-Test durchgeführt. Alle Lernenden bearbeiteten in einem Onlineportal Hausaufgaben, die an ihren regulären Wärmelehreunterricht von den Lehrpersonen adaptiert waren. Die SchülerInnen der Treatmentgruppe erhielten als Intervention und Unterstützungsmaßnahme im Onlineportal zusätzlich vorstrukturierte Linklisten. Die Linklisten bestanden aus Internetverweisen auf reale Webseiten, die Informationen enthielten, um die Bearbeitung der Hausaufgaben zu unterstützen; fertige Lösungen waren auf diesen Webseiten nicht zu finden. Unter „reale Webseiten“ verstehen wir dabei Webseiten, wie sie im WWW auch von den Lernenden zu finden sind. Die Linklisten waren aber vorstrukturiert: Sie führten nur zu fachlich richtigen und zu inhaltlich zielführenden Informationen. Damit wird ein Idealfall simuliert. Abbildung 1 zeigt das Onlineportal exemplarisch an einem Beispiel:



Abb. 1: Onlineportal mit Linkliste (links) und ohne Linkliste (rechts)

Die SchülerInnen der Kontrollgruppe erhielten die Linklisten nicht. Die Studie wurde mit der Unterrichtseinheit zur Wärmelehre in Klasse 9 durchgeführt und dauerte durchschnittlich sieben bis acht Unterrichtswochen. Bis auf wenige Ausnahmen wurde das Thema mit zwei Wochenstunden unterrichtet. Die Messung der abhängigen Variable Wissenszuwachs erfolgte über einen Fragebogen, der erprobte Items zur Wärmelehre enthält (vgl. Crossley, 2012). Verwendet wurde eine inhaltsvalide und reliable Teilskala mit 21 Items ( $\alpha_{\text{PRE}} = .712$ ,  $\alpha_{\text{POST}} = .739$ ).

Die folgenden wichtigen Kontrollvariablen wurden u. a. erhoben: Alter, Geschlecht, Intelligenz, Selbstkonzept in Physik, Interesse und Motivation an Physik (zsf. Crossley, 2012); des Weiteren Variablen zur Internetnutzung und zum Umgang mit Hausaufgaben.

#### Forschungsfrage

Haben internetgestützte Hausaufgaben, die in Form von Linklisten zu klassischen Aufgaben angeboten werden, einen positiven Einfluss auf den Wissenserwerb beim Erlernen von Basiskonzepten in der Thermodynamik?

#### Stichprobe

Eine Zufallsstichprobe liegt nicht vor, da die Klassen unsystematisch rekrutiert wurden. Die Stichprobe ist auf Klassenebene randomisiert. An der Studie nahmen Schülerinnen und Schüler aus 42 Klassen (Pilotierung: 5 Klassen; Hauptstudie: 37 Klassen) von 16 Gymnasien teil. Wir berichten hier über die Ergebnisse der Pilotierung mit  $N = 113$  Schülerinnen und Schülern. Tabelle 1 zeigt die Stichprobengröße von Treatment und Kontrollgruppe:

Tab. 1: Stichprobe

	Kontrollgruppe OHNE Linkliste	Treatment MIT Linkliste
Teilstichprobe	n = 69	n = 44

Die ungleiche Zellbesetzung von Treatment- und Kontrollgruppe ist dem Umstand geschuldet, dass aus organisatorischen Gründen fünf Klassen an der Pilotierung teilnahmen: drei Kontrollklassen und zwei Treatmentklassen.

#### Ergebnisse

Die Schülerinnen und Schüler von Treatment- und Kontrollgruppe unterscheiden sich nicht signifikant in den Kontrollvariablen. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse des Wissenstests vor und nach der Intervention zur Wärmelehre:

Tab. 2: Ergebnisse des Wissenstests

	Kontrollgruppe OHNE Linkliste		Treatment MIT Linkliste	
<b>PRE-Test</b>	MW = 7,20	SD = 3,31	MW = 7,41	SD = 2,67
<b>POST- Test</b>	MW = 10,46	SD = 3,70	MW = 13,34	SD = 3,34
<b><math>\Delta_{\text{POST-PRE}}</math></b>	<b>MW = 3,26</b>	<b>SD = 2,57</b>	<b>MW = 5,93</b>	<b>SD = 3,08</b>

Die Schülerinnen und Schüler der Treatmentgruppe erreichen einen signifikant höheren Wissenszuwachs in der Differenzmessung Post-Pre als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe ( $t_{(113,111)} = -4.664$ ,  $p < .000$ ). Diese Aussage gilt bei aller Vorsicht in der Interpretation und einer Verallgemeinerung auch auf Klassenebene. Beide Treatmentklassen erzielen höhere Werte in der Differenzmessung als die Klassen der Kontrollgruppe.

### Fazit

In der Pilotierung einer Interventionsstudie zeigt sich, dass die internetgestützten Hausaufgaben – das Angebot von vorstrukturierten Linklisten – den Wissenszuwachs unterstützen. Die Klassen profitieren unterschiedlich stark von der Intervention. Ein explorativ zu wertender ICC von 0.132 unterstreicht die Notwendigkeit der Mehrebenenanalyse. Es bleibt abzuwarten, ob sich dieser Effekt auch in der Hauptstudie mit einer größeren Stichprobe unter Berücksichtigung der hierarchischen Datenstruktur bestätigen lässt.

**Hinweis:** Gefördert durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst in Baden-Württemberg: Kooperatives Promotionskollegs „Effektive Lehr-Lernarrangements – Intervention und Evaluation in der pädagogischen Praxis“ der Universität Tübingen und der PH Ludwigsburg, sowie durch die Forschungsförderung der PH Ludwigsburg.

### Literatur

- Crossley, A. (2012). Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher physikalischer Konzepte auf den Wissenserwerb in der Thermodynamik der Sekundarstufe I. Berlin: Logos Verlag.
- Feierabend, S., Karg, U. & Rathgeb, T. (2012). JIM-Studie 2012. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hrsg.), Stuttgart. Online-Quelle: [http://www.mpfs.de/fileadmin/JIMpdf12/JIM2012\\_Endversion.pdf](http://www.mpfs.de/fileadmin/JIMpdf12/JIM2012_Endversion.pdf) (Stand: 8/2013).
- Hopf, M., Schecker, H., & Wiesner, H. (Hrsg.). (2011). Physikdidaktik kompakt: Physikdidaktik kompakt. Köln: Aulis Verlag.
- Institut für Demoskopie Allensbach (2013). Digitale Medien im Unterricht – Die Sicht von Lehrkräften und Schülern. Online-Quelle: <http://www.telekom-stiftung.de/dtag/cms/contentblob/Telekom-Stiftung/de/2332730/blobBinary/Allensbach-Studie+Web-PDF.pdf> (Stand: 8/2013).
- Kieren, C. (2008). Chemieaufgaben in der Sekundarstufe I des Gymnasiums. Fragebogenerhebung zur gegenwärtigen Praxis und Entwicklung eines optimierten Hausaufgabendesigns im Themenbereich Säure-Base. Berlin: Logos Verlag.
- Kircher, E., Girwitz, R., & Häußler, P. (Hrsg.). (2009). Physikdidaktik: Theorie und Praxis (Springer-Lehrbuch). Springer, Berlin.
- Kohler, B. (2013). Was wissen wir über Hausaufgaben? Ergebnisse der Forschung und Konsequenzen für die Praxis. Pädagogik, 65(3), 6-9.
- Nicolai, N. (2005). Skriptgeleitete Eltern-Kind-Interaktion bei Chemieaufgaben. Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Säure-Base. Berlin: Logos Verlag.
- Sumfleth, E. & Nicolai, N. (2008). Hausaufgaben. MNU, 61, 195-199.
- Sumfleth, E., Kieren, C., & van Ackeren, I. (2011). Hausaufgabenpraxis im Gymnasium – Empirische Befunde am Beispiel eines ‚Nebenfachs‘. Die Deutsche Schule, 103, 3, 252-267.
- Trautwein, U. (2008). Hausaufgaben. In W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.), Handbuch der Pädagogischen Psychologie (S. 563-576). Göttingen: Hogrefe Verlag.

## **Potenziale beim Lernen mit experimentunterstützten Lösungsbeispielen**

### **Ausgangslage**

Bei experimentunterstützten Lösungsbeispielen handelt es sich um Lösungsbeispiele, die in Kombination mit einem hands on-Experiment bearbeitet werden sollen. Traditioneller Weise bestehen Lösungsbeispiele aus einer Aufgaben- oder Problemstellung und einer Lösung, die in mehreren Lösungsschritten ausgearbeitet ist. Das Ziel der Entwicklung der Lösungsbeispiele ist die Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen. Der Fokus liegt dabei insbesondere auf dem Experimentierprozess, der im Wesentlichen mit den Schritten, Erkennung eines naturwissenschaftlichen Problems, Bildung von Hypothesen, Planung und Durchführung eines Experimentes und Ziehung einer Schlussfolgerung beschrieben werden kann (vgl. Klos, Henke, Kieren, Walpuski & Sumfleth, 2008). Eine Förderung in diesem Bereich legt die Bearbeitung eines Experimentes nahe. Daher wurden Lösungsbeispiele mit Experimenten kombiniert. Die Lernförderlichkeit dieser Kombination konnte bereits gezeigt werden (Sänger, Emden, & Sumfleth, 2013). Die im Folgenden dargestellte Studie untersucht genauer unter welchen Bedingungen und in welcher Materialkombination das Lernen mit experimentunterstützten Lösungsbeispielen besonders erfolgreich ist.

### **Theoretischer Hintergrund**

Lösungsbeispiele können durch ihre Struktur ein abstraktes Konzept veranschaulichen, wie z. B. den Experimentierprozess. Durch das Vorhandensein einer expertenhaften Lösung kann die kognitive Belastung bei der Bearbeitung der Aufgabe reduziert werden. Dieser Effekt sollte sich besonders im Vergleich zu einer analogen Problemlöseaufgabe zeigen (Worked-Example-Effekt). Durch das Vorhandensein der Lösung wird die Verwendung von allgemeinen Problemlösestrategien, welche sehr viele kognitive Ressourcen benötigen, reduziert. Lernende mit wenig Vorwissen in einer Domäne profitieren vor allen Dingen davon, da diese in der Regel auf allgemeine Problemlösestrategien zurückgreifen. Lernende, die bereits über Vorwissen verfügen, greifen zur Problemlösung auf dieses Vorwissen zurück. Des Weiteren kann theoriebasiert davon ausgegangen werden, dass die Bearbeitung eines Example-Problem-Pairs, also eines Lösungsbeispiels in Kombination mit einer anschließenden Problemlöseaufgabe, der Bearbeitung einer reinen Anhäufung von Lösungsbeispielen aber auch der Bearbeitung einer Anhäufung von Problemlöseaufgaben überlegen sein sollte (Renkl, Atkinson & Maier, 2000). Diese Kombination aus Lösungsbeispiel und einer anschließenden experimentellen Problemlöseaufgabe ermöglicht den Lernenden zunächst mithilfe des Lösungsbeispiels Wissen zu generieren und dieses anschließend in der Problemlöseaufgabe selbstständig anzuwenden und zu vertiefen. Renkl et al. (2000) weisen auch darauf hin, dass ein direkter Vergleich dieser Bedingungen aber nur in wenigen Studien zu finden ist, daher soll er im Rahmen dieser Studie in Bezug auf experimentunterstützte Lösungsbeispiele vorgenommen werden.

### **Forschungsfragen**

In dieser Studie wird untersucht, ob die Lernförderlichkeit experimentunterstützter Lösungsbeispiele verifiziert werden kann. Außerdem wird genauer untersucht, in welcher Materialkombination sich die experimentunterstützten Lösungsbeispiele als besonders lernförderlich erweisen. Die folgenden Forschungsfragen werden dabei genauer betrachtet:

1. Lassen sich die auf Grundlage der Lösungsbeispielforschung postulierten Vorteile von experimentunterstützten Lösungsbeispielen gegenüber herkömmlichen experimentellen Problemlöseaufgaben beim Erlernen von naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitsweisen nachweisen?
2. In welchem Ausmaß fördern Example-Problem-Pairs den Wissenserwerb von Schülerinnen und Schülern im Bereich der naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitsweisen stärker als eine Sequenz von experimentunterstützten Lösungsbeispielen?
3. Lässt sich ein Split-Attention-Effekt zwischen dem Lösungsbeispiel und dem Experiment nachweisen?

### Studiendesign und Forschungsmethoden

Die Forschungsfragen wurden im Rahmen einer Studie im Prä-, Post-, Follow up-Design mit fünf Experimentalgruppen über einen Zeitraum von sechs Wochen in der Jahrgangsstufe 6 an Gymnasien untersucht. Das Studiendesign ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Überblick über das Studien- und Experimentalgruppendesign

	0	1	2-6	7	Fu
EG 4	Prä-Test	Einführung in das naturwissenschaftlich-experimentelle Arbeiten	Example-Problem-Pair (WE mit Exp. + exp. PL)	Post-Test	Follow up-Test
EG 3			Example-Problem-Pair (WE ohne Exp. + exp. PL)		
EG 2			WE ohne Exp. + WE mit Exp.		
EG 1			2 x Lösungsbeispiel (WE) mit Exp.		
CG			2 x exp. Problemlöseaufgabe (PL)		

Ein Überblick über die eingesetzten Testinstrumente und Fragebögen findet sich in Tabelle 2. Im Folgenden soll nur auf die Ergebnisse des NAW- und des Strukturierungstests genauer eingegangen werden. Der NAW-Test misst die Fähigkeit, Wissen über naturwissenschaftlich-experimentelle Arbeitsweisen in verschiedenen Situationen anzuwenden (adaptiert nach Mannel, 2011). Der Strukturierungstest (adaptiert nach Wahser, 2007) erfasst das theoretische Wissen über Zusammenhänge innerhalb des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses.

Tab. 2: Überblick über die Testinstrumente und Fragebögen

	Testinstrumente und Fragebögen
Prä-Test	Leseverständnistest, Interesse, Fachwissen, Strukturierungstest, NAW-Test
Begleitende Tests (2-6)	Situationales Interesse, Cognitive Load
Post-Test	Kognitive Fähigkeiten, Interesse, Fachwissen, Strukturierungstest, NAW-Test
Follow up-Test	Kognitive Fähigkeiten, Interesse, Fachwissen, Strukturierungstest, NAW-Test

### Ergebnisse

Die beschriebene Studie wurde mit  $N = 285$  ( $M_{\text{Alter}} = 11.22$ ,  $SD_{\text{Alter}} = .52$ , 43,3% ♀) Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 6 vor Beginn des Chemieunterrichts durchgeführt. Die Cronbachs Alpha Werte des Strukturierungstest sind gut ( $\alpha_{\text{prä}} = .83$ ,  $\alpha_{\text{post}} = .86$ ,  $\alpha_{\text{follow up}} = .91$ ). Die Reliabilitätswerte für den NAW-Test ( $\alpha_{\text{prä}} = .65$ ,  $\alpha_{\text{post}} = .79$ ,

$\alpha_{\text{follow up}} = .78$ ) sind ebenfalls zufriedenstellend. Die Ergebnisse des Strukturierungstests zeigen in einer ANCOVA mit drei Messwiederholungen unter Kontrolle des Vorwissens ( $F(1,213) = 372.83, p < .001, \eta_p^2 = .636$ ) und des Leseverständnisses ( $F(1,213) = 10.79, p = .001, \eta_p^2 = .048$ ) signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ( $F(4,213) = 15.00, p < .001, \eta_p^2 = .220$ ). Die Post hoc-Analyse zeigt, dass sich die Kontrollgruppe signifikant von den anderen Gruppen unterscheidet. Die Schülerinnen und Schüler, die ausschließlich mit experimentellen Problemlöseaufgaben lernen, zeigen höhere Wissenszuwächse. Im NAW-Test zeigt sich ein ähnliches Bild. In der Kovarianzanalyse mit drei Messwiederholungen unter Kontrolle von Vorwissen ( $F(1,215) = 428.21, p < .001, \eta_p^2 = .666$ ) und Leseverständnis ( $F(1,215) = 16.92, p < .001, \eta_p^2 = .073$ ) zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen ( $F(4,215) = 15.43, p < .001, \eta_p^2 = .223$ ). Die Post hoc-Analyse zeigt ebenfalls, dass die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe signifikant höhere Wissenszuwächse aufweisen. Es zeigt sich aber auch, dass die Schülerinnen und Schüler, die zunächst mit einem Lösungsbeispiel und dann mit einer experimentellen Problemlöseaufgabe (EG 3) lernen, ebenfalls höhere Wissenszuwächse zeigen als die Schülerinnen und Schüler der anderen drei Experimentalgruppen.

### Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der hier dargestellten Studie zeigen, dass naturwissenschaftlich-experimentelles Arbeiten prinzipiell mit experimentunterstützten Lösungsbeispielen gefördert werden kann. Es zeigt sich außerdem, dass der Einsatz innerhalb eines Example-Problem-Pairs als erfolgsversprechender erscheint. In den Ergebnissen lassen sich Hinweise auf einen möglichen Split-Attention-Effekt zwischen dem Lösungsbeispiel und dem Experiment finden, da die Schülerinnen und Schüler der Gruppe, die zunächst mit einem experimentunterstützten Lösungsbeispiel gearbeitet haben, einen geringeren Lernzuwachs erzielten, als diejenige die zunächst mit dem Lösungsbeispiel ohne Experiment (EG 3) lernten. Es zeigt sich in den Ergebnissen in Bezug auf die erste Forschungsfrage aber auch, dass experimentelle Problemlöseaufgaben anscheinend besser zum Erlernen naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen geeignet sind. Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Hinweis darauf, dass das Vorwissen einen entscheidenden Einfluss auf das Lernen mit experimentunterstützten Lösungsbeispielen hat. So scheinen sie deutlich besser für Lernende geeignet zu sein, die über wenig Vorwissen verfügen. Die genauen Einflüsse der individuellen Voraussetzungen von Lernenden auf das Lernen mit experimentunterstützten Lösungsbeispielen müssen noch genauer betrachtet werden, um die Potenziale von experimentunterstützten Lösungsbeispielen in Bezug auf die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler genauer aufzuklären.

### Literatur

- 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.
- Mannel, S. (2011). Assessing scientific inquiry: Development and evaluation of a test for the low-performing stage. *Studien zum Physik- und Chemielernen*: Vol. 111. Berlin: Logos.
- Renkl, A., Atkinson, R. K., & Maier, U. H. (2000). Research Report No. 140: From Example Study to Problem Solving: Smooth Transitions Help Learning.
- Sänger, J., Emden, M., & Sumfleth, E. (2013). Methoden zur Förderung naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen* (S. 122–124). Kiel: IPN.
- Wahser, I. (2007). Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Studien zum Physik- und Chemielernen*: Vol. 73. Berlin: Logos.

### **Merkmale einer effektiven Vermittlung experimentellen Strategiewissens**

Ein zentrales Ziel naturwissenschaftlicher Experimente ist die Identifizierung eindeutiger Ursache-Wirkungsbeziehungen durch die Kontrolle alternativer Einflussgrößen. Ein Experiment ist daher so zu planen, dass alle Variablen außer der potentiell unabhängigen Variable zwischen zwei Versuchsdurchgängen konstant gehalten werden (Popper, 1966). Die so genannte Variablenkontrollstrategie [VKS] ist ein grundlegendes Prinzip der experimentellen Erkenntnisgewinnung innerhalb und außerhalb der Naturwissenschaften (Bortz & Döring, 2002). Ihre Beherrschung ist somit eng mit allgemeinen Bildungszielen verbunden. Insofern scheint es plausibel, dass die VKS explizit oder implizit in naturwissenschaftlichen Curricula und Standards verankert ist (z.B. NRC, 2013).

Studien zur Fähigkeit von Probanden, Variablen zu kontrollieren, liefern heterogene Befunde. Einerseits gibt es Evidenz, dass Kinder im Grundschulalter ohne gezielte Intervention bereits ein intuitives Verständnis kontrollierter Experimente besitzen (z.B. Sodian, Zaitchik & Carey, 1991). Andererseits weisen selbst Erwachsene nur unzureichende Fähigkeiten auf, wenn der Aufgabenkontext ihren Erwartungen widerspricht (z.B. Kuhn, 2007). Zusammengefasst scheint die Fähigkeit, ohne Unterrichtung der VKS valide Experimente zu planen, stark an den Aufgabenkontext gebunden zu sein (Bradley, Croker & Zimmerm, 2012). Eine Meta-Analyse zur Wirkung von Interventionen bezüglich der Vermittlung der VKS belegt einen positiven Gesamteffekt (Ross, 1988a). Allerdings unterscheiden sich die untersuchten Interventionsstudien hinsichtlich der verwendeten Instruktionsstrategien, Probanden und Testinstrumente erheblich, sodass Merkmale effektiver Interventionen bisher nicht hinreichend bekannt sind. Mittels einer neuen Meta-Analyse werden daher Merkmale effektiver Interventionen identifiziert und der Einfluss von Testmerkmalen und dem Probandenalter auf den Interventionserfolg untersucht. Eine aktuelle Meta-Analyse ist erforderlich, da neue Studien vorliegen, die sich durch die Verwendung von Onlinematerialien und einem größeren Anteil an Probanden im Grundschulalter von älteren Studien unterscheiden. Des Weiteren haben sich die metaanalytischen Methoden seit der Analyse von Ross (1988a) verändert, sodass fraglich ist, in wie fern ältere Befunde mit neuen Methoden replizierbar sind.

#### **Methoden**

Zu Beginn der Literaturrecherche wurden alle 62 bereits von Ross untersuchten Studien in eine Datenbank eingefügt. Weitere potenziell relevante Studien wurden mittels Datenbankrecherche in SSCI, ERIC, PsychInfo, gScholar, FIS-Bildung und Dissertation Abstracts International identifiziert. Stichwörter der Suche waren u.a. "Experimentieren", "Control of Variables Strategy", "Inquiry", "Cognitive Development" und "Science Process Skills". Insgesamt wurden ca. 450 potenziell relevante Studien identifiziert, von denen 76 die folgenden Inklusionskriterien erfüllen: 1) Es handelt sich um Interventionsstudien im Kontrollgruppendesign, die sich mit der Unterrichtung der VKS befassen. 2) Die Interventionsinhalte können den Naturwissenschaften zugeordnet werden. 3) Die Testwerte stammen von Skalen, die ausschließlich die VKS messen. 4) Aufgaben fragen entweder nach der Unterscheidung zwischen guten und schlechten Experimenten oder fordern die Planung guter Experimente. 5) Es wird keine Lernbeeinträchtigung der Probanden berichtet. 6) Die notwendigen Daten zur Berechnung der Effektstärke liegen vor. 7) Die Studien sind auf Deutsch oder Englisch verfügbar. Zur Identifizierung von Interventionsmerkmalen sowie Probanden- und Testmerkmalen, die den Interventionseffekt moderieren und eine Erklärung für die heterogenen

Studienbefunde geben, wurden die bereits von Ross gefundenen Moderationsvariablen ergänzt. Dafür wurden Merkmale, hinsichtlich derer sich die Studien unterscheiden und die gleichzeitig in einer hinreichenden Anzahl der Studien berichtet werden, identifiziert. Ein Überblick aller Moderationsvariablen ist Tabelle 1 zu entnehmen.

Tab.1: Moderationsvariablen

Kriterium	Beschreibung
Alter	Mittleres Probandenalter
Explizite Regelnennung	Nennung einer Regel zur Lösung typischer VKS Aufgaben
Fokus der Studie	Vermittlung der VKS vs. Vermittlung weiterer Inhalte
Motivation durch kognitiven Konflikt	Aufzeigen fehlerhafter experimenteller Konzepte der Probanden
Feedback	Gabe eines Feedbacks bezüglich der VKS-Fähigkeit
Kontext	Alltagsinhalte vs. Schulinhalte
Testformat	Papier-Bleistift vs. Virtuelle oder reale experimentelle Aufgaben
Herkunft des Testinstrumentes	Entwicklung für einzelne Studie vs. Standard Testinstrument

Neben den Moderationsvariablen wurden die notwendigen statistischen Daten zur Berechnung der Effektstärke als *Hedges g* erhoben. Werden in einer Studie mehrere Treatmentgruppen mit einer Kontrollgruppe kontrastiert oder die Leistung derselben Treatmentgruppe mit unterschiedlichen Tests gemessen, so wurde jeder berichtete Paarvergleich in eine Datenbank aufgenommen (237 Paarvergleiche aus 76 Studien). Das gewählte Analyseverfahren der robusten Metaregression berücksichtigt die dadurch entstandenen Abhängigkeiten zwischen Paarvergleichen, indem die Standardfehler einzelner Paarvergleiche entsprechend der Anzahl an abhängigen Paarvergleichen korrigiert werden (Hedges, Tipton & Johnson, 2010). Zusätzlich wurden vor der Analyse Studien mit einem unverhältnismäßigen Einfluss auf die mittlere Effektstärke identifiziert und aus dem Datensatz entfernt (Huffcutt & Arthur, 1995), sodass schließlich 226 Paarvergleiche aus 72 Studien in die Analyse eingegangen sind.

### Ergebnisse

Die mittlere Effektstärke über alle Paarvergleiche beträgt  $g = 0.61$  [0.51-0.70], wenn Ausreißer nicht berücksichtigt werden, bzw. mit Einschluss von Ausreißern  $g = 0.77$ . In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der robusten Meta-Regression dargestellt.

Tab. 2: Ergebnisse der multiplen Metaregression

Moderationsvariablen	<i>g</i>	95% -Konfidenzintervall	
$b_0$	0.066	-0.65	0.78
Alter	0.004	-0.03	0.04
Reale Schülerexperimente	-0.145	-0.38	0.09
Virtuelle Schülerexperimente	-0.19	-0.47	0.1
Alltagskontexte	0.187	-0.02	0.4
Fokus der Intervention	0.005	-0.22	0.23
Explizite Regelnennung	-0.034	-0.22	0.15
Kognitiver Konflikt*	0.257	0.02	0.49
Feedback	0.02	-0.19	0.23
Herkunft des Tests	-0.095	-0.31	0.12
Reale / virtuelle exp. Aufgaben*	0.588	0.22	0.96

### Diskussion

Einzig die Erzeugung eines kognitiven Konflikts wurde als Merkmal effektiver Vermittlungen der VKS identifiziert. Möglicherweise ist die Vermittlung experimenteller Strategien besonders geeignet für die Nutzung kognitiver Konflikte, da konkrete Inhalte frei und damit alltagsnah wählbar sind. Somit ist einfacher zu gewährleisten, dass Schülerinnen und Schüler den erzeugten Konflikt zwischen Fehlkonzepten und elaborierteren Konzepten nachvollziehen (Limón, 2001). Dass keine weiteren Merkmale effektiver Strategievermittlungen identifiziert wurden, kann auf mögliche Interaktionseffekte zwischen Probanden-, Test-, und Interventionsmerkmalen hindeuten. Belegt ist eine Interaktion zwischen der Wirksamkeit von direkter Instruktion bzw. entdeckendem Lernen und der allgemeinen schulischen Leistungsfähigkeit der Probanden (Zohar & Peled, 2008).

Der nachgewiesene Moderationseffekt des Testformates deutet an, dass Aufgaben unterschiedlichen Formats verschiedene Konstrukte erfassen. Eine nähere Betrachtung der Aufgaben verdeutlicht, dass Multiple-Choice Tests fast ausschließlich die Unterscheidung zwischen kontrollierten und unkontrollierten Experimenten verlangen, während Probanden bei experimentellen Aufgaben selbstständig Experimente planen. Aus theoretischer Sicht stellt sich die Frage, inwiefern die Befunde verschiedener Studien generalisierbar sind. In zukünftigen Interventionsstudien sollte daher die Auswahl des Testinstrumentes an den angestrebten Lernzielen orientiert und die Interpretation der Befunde auf diese konkreten Lernziele beschränkt werden. Ist das Ziel einer Intervention z.B., dass Schülerinnen und Schüler lernen, selbstständige Experimente zu planen, so sollten auch entsprechende Aufgaben genutzt werden, um den Interventionserfolg zu messen. Die Abhängigkeit der mittleren Effektstärke von wenigen Studien mit extremen Ergebnissen belegt, wie sensibel metaanalytische Befunde auf Ausreißer reagieren (Viechtbauer & Cheung, 2010). Eine genaue Betrachtung der ausgeschiedenen Studien offenbart, dass diese Testinstrumente zweifelhaft gute Güte benutzen (z.B. Ross, 1988b). Der Ausschluss dieser Studien ist daher gerechtfertigt und unterstreicht die Bedeutung von Testgütekriterien. Im Vergleich zu der von Ross bestimmten mittleren Effektstärke von  $g = 0.73$  bildet die neu ermittelte Effektstärke von  $g = 0.61$  somit realistischer den zu erwartenden Interventionserfolg ab.

### Literatur

- Bortz, J. & Döring, N. (2002). *Forschungsmethoden und Evaluation. Für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Bradley, J., Croker, S. & Zimmerm, C. (2012). The Emergence of Scientific Reasoning. In H. Kloos (Hrsg.), *Current Topics in Children's Learning and Cognition* (S. 61–82). InTech.
- Hedges, L. V., Tipton, E. & Johnson, M. C. (2010). Robust variance estimation in meta-regression with dependent effect size estimates. *Res. Synth. Method*, 1 (1), 39–65.
- Huffcutt, A. I. & Arthur, W. (1995). Development of a new outlier statistic for meta-analytic data. *Journal of Applied Psychology*, 80 (2), 327–334.
- Kuhn, D. (2007). Jumping to Conclusions: Can people be counted on to make sound judgments? *Scientific American*, 18 (1), 44–51.
- Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: a critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11 (4-5), 357–380.
- National Research Council. (2013). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, D.C: The National Academies.
- Popper, K. R. (1966). *Logik der Forschung*. Tübingen: J.C.B. Mohr.
- Ross, J. A. (1988a). Controlling Variables: A Meta-Analysis of Training Studies. *Rev. Edu Res.*, 58 (4), 405
- Ross, J. A. (1988b). Improving Social-Environmental Studies Problem Solving Through Cooperative Learning. *American Educational Research Journal*, 25 (4), 573–591.
- Sodian, B., Zaitchik, D. & Carey, S. (1991). Young Children's Differentiation of Hypothetical Beliefs from Evidence. *Child Development*, 62 (4), 753–766.
- Viechtbauer, W. & Cheung, M. W.-L. (2010). Outlier and influence diagnostics for meta-analysis. *Res. Synth. Method*, 1 (2), 112–125.
- Zohar, A. & Peled, B. (2008). The effects of explicit teaching of metastrategic knowledge on low- and high-achieving students. *Learning and Instruction*, 18 (4), 337–353.

## **Explizite Vermittlung naturwissenschaftlicher Methoden**

### **Stand der Forschung**

Die Vermittlung naturwissenschaftlicher Methoden und Sichtweisen bedarf einer darauf abgestimmten Lernumgebung. Studienergebnisse deuten darauf hin, dass die Lernumgebung durch eine explizite Herangehensweise charakterisiert sein muss. Dieses Vorgehen ist im lehrzielorientierten Modell (Klauer & Leutner, 2007) verankert. Es setzt die Definition des Zieles voraus, auf dessen Basis eine auf dieses Lehrziel abgestimmte Instruktion konstruiert wird. Das Lehrziel erhält im Modell eine zweifache Funktion; einerseits ist es die Orientierung für die Instruktion und andererseits dient es der Evaluation der Instruktion (Klauer & Leutner, 2007). Sowohl das Vorhandensein als auch das Kommunizieren von Lehrzielen ist für die Lernenden wichtig, um erfolgreich lernen zu können (Hattie, 2013, S. 39). Clausen hat in seiner Arbeit gezeigt, dass die Wahrnehmung von verschiedenen Unterrichtsmerkmalen durch Schüler, Lehrer bzw. Videobeurteiler nur niedrige Übereinstimmung aufweist (Clausen, 2002). Es liegt also „keine der drei Sichtweisen generell näher an einer „Unterrichtswirklichkeit“ als die anderen Perspektiven.“ (Clausen, 2002, S. 186). Reyer, Trendel und Fischer (2004) wollten wissen, was beim Schüler ankommt. Das Fazit: Schüler nehmen Unterricht anders wahr als der Lehrer ihn intendiert.

### **Forschungsfrage**

Es soll untersucht werden, welche Aspekte durch die Teilnehmer in einer lehrzielorientierten Instruktion wahrgenommen werden. Der anschließende Abgleich zwischen den intendierten Lehrzielen und der Wahrnehmung der Lernenden soll die Frage der Übereinstimmung klären.

### **Konzipierte Intervention**

Ziel der Intervention ist die Vermittlung naturwissenschaftlicher Methoden. Die Projektkonzeption folgt dem lehrzielorientierten Modell, bei der das Lehrziel vor der Planung der Instruktion festgelegt wird und leitend für die inhaltliche Umsetzung ist. Die Ergebnisse sollen eine Evaluierung der einzelnen Einheiten bezüglich der Vermittlung von naturwissenschaftlichen Methoden ermöglichen.

In einer Delphi-Studie von Osborne et al. zu Nature of Science-Inhalten, die in der Schule vermittelt werden sollen, wurden zwölf Methoden der Naturwissenschaften ermittelt, die zum Unterrichtsgegenstand werden sollen (Osborne et al., 2003). Aus diesen Methoden wurden sieben ausgewählt, die in einem Eltern-Kind-Projekt (KEMIE-Projekt) leitend für die Konzeption der Projekteinheiten waren. Das Eltern-Kind-Projekt besteht aus neun monatlich aufeinanderfolgenden Lerneinheiten á drei Stunden (Sommer, Kakoschke et al., 2013), und in jeder der neun Einheiten steht eine der ausgewählten Methoden im Mittelpunkt, welche durch mehrere Beispiele theoretisch und praktisch von den Teilnehmern betrachtet wird. Die Kinder, die in der 3.-5. Jahrgangsstufe sind, nehmen gemeinsam mit einem Elternteil an diesen neun Projekteinheiten teil.

In den ersten beiden der neun Einheiten geht es um die naturwissenschaftliche Methode „Beobachtung und Messung“. Die Teilnehmer lernen in der ersten Einheit die qualitative Beobachtung und die Differenzierung zwischen Beobachtung und Wahrnehmung sowie in der zweiten Einheit die quantifizierte Beobachtung – also das Messen – als eine wichtige naturwissenschaftliche Methode kennen. Die Vermittlung der Methoden erfolgt in jeder Einheit durch die Anwendung von Fachmethoden und durch eine explizite Kommunikation

des jeweiligen Lehrziels in den Besprechungen. Ein intendiertes Lehrziel der zweiten Projekteinheit besteht in dem Verständnis für die Notwendigkeit mehrerer Messverfahren zur Bestätigung eines Messwertes. Um dieses Lehrziel zu vermitteln, wird mittels unterschiedlicher Messverfahren der Zuckergehalt von Kinderpunsch untersucht. Nach einer theoretischen Einführung ins Messen wird zunächst ein Geschmackstest mit unterschiedlich konzentrierten Zuckerlösungen und dem Kinderpunsch durchgeführt, welcher jedoch zu sehr heterogenen Ergebnissen führt. Im nächsten Schritt wird daher von den Teilnehmern selbst ein Messinstrument gebaut, um eine stärkere Auseinandersetzung mit Messinstrumenten zu initiieren. Das Messinstrument (Forschungstaucher) ist ein selbstgebautes Aräometer (Schunk et al., 2008) und basiert – wie auch das Aräometer – auf der Bestimmung der Stoffeigenschaft der Dichte. Der Forschungstaucher ermöglicht eine halbquantitative Messung, das Aräometer erlaubt eine quantitative Bestimmung. Beide Instrumente werden von den Teilnehmern für die Bestimmung des Zuckergehalts in Kinderpunsch eingesetzt. Das quantitativ ermittelte Ergebnis wird anschließend mit einem weiteren Messverfahren – dem Eindampfen des Getränks – überprüft. Die Messverfahren sind in der Einheit spiralcurricular angeordnet, sodass sie sich sowohl in ihrer Komplexität als auch in ihrem Messprinzip unterscheiden und die Verknüpfung von Lerninhalten ermöglichen (Sommer, Kleinhorst et al., 2013).

### **Methode**

Die Stichprobe (KEMIE-Jahrgänge 2011 – 2013) besteht aus 320 Teilnehmern (160 Eltern-Kind-Paaren). 62 % der Kinder sind Jungen und 38 % sind Mädchen. Im Schnitt sind die Kinder 9 Jahre alt. Die Eltern, die ihre Kinder zu dem Projekt begleiten und genauso an den Einheiten teilnehmen, können bezüglich ihres akademischen bzw. naturwissenschaftlichen Hintergrundes analysiert werden. 50 % der Mütter und 52 % der Väter sind Akademiker; 54 % der Mütter und 43 % der Väter haben keinen naturwissenschaftlichen Hintergrund. Durch die neun aufeinanderfolgenden Projektstage (vgl. konzipierte Intervention) ergeben sich neun Erhebungszeitpunkte, an denen mit Feedback-Fragebögen die Wahrnehmung der Lerninhalte bei Kindern und ihren Eltern erhoben wird. Für jeden der neun Erhebungszeitpunkte wird erfragt, was in der dreistündigen Projekteinheit wahrgenommen wurde. Entsprechend der qualitativen Inhaltsanalyse von Mayring (Mayring, 2008), wurden deduktiv vier Kategoriensysteme entwickelt, die auf jeden der neun Projektstage angepasst werden. Das Kategoriensystem „Methode“ enthält Kategorien, die sich auf die vermittelte (naturwissenschaftliche) Methode beziehen, welche bei der jeweiligen Projekteinheit im Mittelpunkt steht. Das Kategoriensystem „Inhalt“ besteht aus Kategorien, denen die fachdidaktische Leitlinie „Stoff-Struktur-Eigenschaften“ (Pfeifer et al., 2002) zu dem jeweiligen eingesetzten Alltagsprodukt zugrunde liegt. Das Kategoriensystem „Methode & Inhalt“ enthält Kategorien, welche die Methode mit inhaltlichen Aspekten verknüpfen. Das vierte Kategoriensystem „Sonstiges“ setzt sich aus Kategorien zusammen, die sich u.a. auf das Labor, Sicherheitsaspekte oder auf die Durchführung eines Experiments beziehen. Alle Kategoriensysteme bestehen aus Kategorien, welche wiederum in Subkategorien gegliedert werden. Die Antworten der Teilnehmer (Kinder- und Elternantworten) wurden von jeweils zwei unabhängigen Kodierern ausgewertet, nachdem diese eine Schulung zu den Kategoriensystemen und zur Projekteinheit erhalten haben. Bei systematischen Fehlern, d. h. bei Nichtbeachtung von Kodierregeln oder durchgehender Verwechslung von Subkategorien, wurden die Daten an die Kodierer für eine erneute Kodierung zurückgegeben. Dadurch sind Interkoderreliabilitäten für die Daten zum zweiten Projekttag von  $R=0,76$  für die Kinderantworten und  $R=0,67$  für die Elternantworten entstanden, was eine zufriedenstellende Interkoderreliabilität ist. Das intendierte Lehrziel findet sich sowohl im Kategoriensystem „Methode“ als auch im Kategoriensystem „Methode und Inhalt“ wieder.

### Ergebnisse

An der vorgestellten zweiten Projekteinheit, in der die Fokussierung auf der naturwissenschaftlichen Methode des Messens lag, haben 141 Kinder und 141 Eltern teilgenommen. Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass die Kinder v. a. auf konkrete Dinge in ihren Antworten eingehen und diese nur in seltenen Fällen abstrahieren können. Für mehr als 1/3 der Kinder (n=55) sind die Nachweise von Alkohol und Zucker ein zentraler Lerninhalt der Projekteinheit. Auch der Bereich der Messinstrumente wird von 21 Kindern angesprochen, was den starken Bezug zu gegenständlichen Aspekten des Tages offenbart (Mehrfachnennungen möglich). Die Eltern fokussieren sich auf ihren Antworten verstärkt auf die differenzierte Betrachtung unterschiedlicher Messverfahren (n=103). Als weiteren wichtigen Lerninhalt nehmen die Eltern das experimentelle Vorgehen wahr (n=33). Beim allgemeineren Vergleich der vier Kategoriensysteme fällt auf, dass die Kinder sich stark mit ihren Antworten in den Kategoriensystemen „Inhalt“ und „Methode & Inhalt“ bewegen, denn fast die Hälfte der Kinder geht in ihren Antworten auf inhaltliche Aspekte ohne die Erwähnung der Methode des Messens ein. Wie erwartet können die Eltern die Methode besser als die Kinder abstrahieren und allgemeiner betrachten, denn 51 % der Kinder und 91 % der Eltern gehen in ihren Antworten auf die vermittelte Methode ein, ohne diese mit dem untersuchten Getränk zu verknüpfen.

Der Abgleich des intendierten Lehrziels mit der Wahrnehmung der Teilnehmer zeigt deutlich, dass die Eltern dieses besser wahrnehmen als die Kinder, denn 107 Eltern und 13 Kinder haben dieses in ihren Antworten aufgeführt.

### Diskussion

Es zeigt sich, dass in einer lehrzielorientierten Instruktion unterschiedliche Aspekte wahrgenommen werden und ein eindeutiger Unterschied in der Wahrnehmung zwischen Kindern und Erwachsenen besteht. Während die Kinder sich an konkrete Gegenstände erinnern, erfolgt bei den Erwachsenen bereits eine Reflexion der kennengelernten Methoden. Das intendierte Lehrziel bezüglich der vermittelten naturwissenschaftlichen Methode wird wie erwartet in der lehrzielorientierten Instruktion eher von Erwachsenen wahrgenommen als von Kindern, welche die methodischen Aspekte oft in Verknüpfung mit den inhaltlichen, stoffbezogenen Aspekten wiedergeben.

### Literatur

- Clausen, M. (2002). Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive? Empirische Analysen zur Überarbeitung, Konstrukt- und Kriteriumsvalidität. Münster: Waxmann.
- Fischer, H. E., Reyer, T., & Trendel, G. (2004). Unterrichtsziele und ihre Umsetzung. Essener Unikate, 24, 87-95.
- Hattie, J. (2013). Lernen sichtbar machen. Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe von Visible Learning, besorgt von Beywl, W. & Zierer, K. Baltmannsweiler: Schneider.
- Klauer, K. J., & Leutner, D. (2007). Lehren und Lernen. Einführung in die Instruktionspsychologie. Weinheim: Beltz.
- Mayring, P. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "Ideas-about-Science" Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of research in science teaching*, 40(7), 692-720.
- Pfeifer, P., Lutz, B., & Bader, H. J. (Hrsg.). (2002). Konkrete Fachdidaktik Chemie. München: Oldenbourg.
- Schunk, A., Proske, W., Röder, J., Jansen, W., & Peper-Bienzeisler, R. (2008). Experimente rund um die Cola. *CHEMKON*, 15(3), 137-138.
- Sommer, K., Kakoschke, A., Kleinhorst, H., Efing, N., & Russek, A. (2013). KEMIE – Kinder erleben mit ihren Eltern Chemie. *CHEMKON*, 20(5), im Druck.
- Sommer, K., Kleinhorst, H., Russek, A., & Kakoschke, A. (2013). Zur Konzeption eines fachmethodischen Spiralcurriculums. In: MNU Fachleitertagung 2012, 7-13, im Druck.

## **Learning by Design: Interventionsstudie zur Veränderung des Wissenschaftsverständnisses durch Medienproduktion**

### **Theoretischer Hintergrund**

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wird untersucht, ob und wie sich das Wissenschaftsverständnis zukünftiger Lehrer/innen durch einen Learning by Design-Ansatz in Hochschulveranstaltungen verändern lässt. Learning by Design bezeichnet ein didaktisches Konzept, bei dem aktive Medienproduktion dem Erwerb von Wissen dient (Stahl, 2009). Im Kontext dieses Projekts wurde die Methode genutzt, um das Wissenschaftsverständnis von Lehramtsstudierenden zu verändern.

Bei der Konzeptualisierung von Wissenschaftsverständnis wurden in einer Heuristik eine psychologische und eine naturwissenschaftsdidaktische Perspektive aufeinander bezogen. In dem integrativen Modell, das sich am Ansatz der generativen Natur epistemologischer Urteile orientiert (Bromme & Stahl, 2008; Stahl, 2011), wird die Bildung epistemologischer Urteile als flexibler kognitiver Prozess verstanden, bei dem kontextabhängig verschiedene kognitive Elemente miteinander interagieren. Im dem Arbeitsmodell wird angenommen, dass diese kognitiven Elemente in der Domäne Physik u.a. aus Ansichten zu verschiedenen Aspekten der Natur der Naturwissenschaften (Nature of Science/NOS) bestehen (Schüssele, Stahl & Mikelskis-Seifert, 2013).

### **Stichprobe und Methode**

Die Intervention wurde in zwei Veranstaltungen unter gleichen Bedingungen durchgeführt. Lehramtsstudierende erstellten einen Hypertext zur Genese der Theorie von Licht, die verschiedene Ansichten zur Natur der Naturwissenschaften und epistemologische Überzeugungen bzw. Urteile herausfordert. Die Gesamtstichprobe ( $N = 41$ ) bestand aus einer Untergruppe von Physikstudierenden ( $N = 22$ ) und einer Untergruppe von Nicht-Physikstudierenden ( $N = 19$ ). Der Vergleich dieser beiden Gruppen soll Aussagen über die Rolle des Vor- bzw. Inhaltswissen bei der Bildung epistemologischer Urteile ermöglichen. Das Wissenschaftsverständnis wurde mit einem Fragebogen in einem Prä-Post-Design erhoben. Das Erhebungsinstrument bestand aus einer Kombination qualitativer und quantitativer Items und wurde vor der hier dargestellten Hauptstudie in einer Vorstudie mit Studierenden, Referendar/innen und Lehrer/innen ( $N = 214$ ) unterschiedlicher Schularten und Fächer getestet und in Bezug auf einzelne Items revidiert. Der Fragebogen für die Hauptstudie beinhaltete 13 reliable Skalen zu epistemologischen Urteilen und Ansichten zu NOS-Aspekten (Cronbachs Alpha zwischen  $\alpha = .72$  und  $\alpha = .87$ ) sowie offene Items für die inhaltsanalytische Auswertung.

### **Die Intervention**

Die Intervention wurde an der Pädagogischen Hochschule Freiburg im Rahmen zweier Seminare durchgeführt. Vor dem eigentlichen Beginn der Intervention erhielten die Studierenden in beiden Veranstaltungen grundlegende didaktisch-methodische Informationen zum Ansatz des Learning by Design. Daran anschließend wurde das Wissenschaftsverständnis erhoben (Prätest). Der zeitliche Umfang für die eigentliche Learning by Design-Phase war auf fünf Veranstaltungen je Seminar begrenzt. Beide Gruppen hatten die Aufgabe, einen Hypertext zum Thema „Licht bei Huygens, Newton und Einstein“ zu erstellen. Die Wahl des Themas erfolgte aufgrund der Annahme, dass eine

medienproduktive Bearbeitung sowohl epistemisch/ontologische Reflexionen als auch eine Beschäftigung mit NOS-Aspekten anregt. So bietet das Thema beispielsweise die Möglichkeit der Auseinandersetzung mit der Rolle von Kreativität und Subjektivität in der Wissenschaft, der Entstehung und Veränderung von Theorien, der Rolle soziokultureller und historischer Einflüsse auf die Forschung und der Rolle von Kontroversen in der Genese naturwissenschaftlichen Wissens.

Die Intervention wurde in Anlehnung an das didaktische Konzept von Stahl (2009) durchgeführt, das eine Medienproduktion in fünf aufeinander aufbauende Phasen gliedert. Die einzelnen Phasen des didaktischen Konzepts ermöglichen eine intensive Interaktion zwischen Inhaltswissen, Designwissen und Strategiewissen der Medienproduzenten, was wiederum eine intensive Bearbeitung und Reflexion der Inhalte initiiert.

In der *ersten Phase* einigten sich die Studierenden im Plenum jedes Seminars auf das Grundkonzept des jeweils zu erstellenden Hypertexts: (z.B. Gestaltungsmerkmale, Metapher). Danach bildeten sich ausgehend von der ersten Planung Gruppen, die in der *zweiten Phase* arbeitsteilig biographische Informationen der drei Forscher und die wesentlichen Grundlagen ihrer Theorien bearbeiteten und jeweils einzelne Informationseinheiten dazu erstellten. Während des gesamten Prozesses stand den Studierenden beider Gruppen ein Fundus an Literatur zum Themenkomplex zur Verfügung. In der *dritten Phase* stellten sich die einzelnen Gruppen mit Hilfe von Ausdrucken gegenseitig ihre medial aufbereiteten Inhalte vor. Dabei wurden mögliche Verlinkungen geplant und Hyperlinks mit Wollfäden zwischen den Ausdrucken visualisiert. Auf diese Weise erfolgte im Plenum die Festlegung der Gesamtstruktur. Die Kontroverse zwischen Huygens und Newton wurde anschließend in der *vierten Phase* durch Verknüpfungen und ergänzenden Informationen noch deutlicher herausgearbeitet. In der *fünften Phase* erfolgte das bewusste Setzen der Hyperlinks am PC.

### Erste Ergebnisse

Signifikante Effekte zwischen Erst- und Zweiterhebung ergaben sich auf verschiedenen Skalen zu epistemologischen Urteilen und Ansichten zur Natur der Naturwissenschaften. Dabei zeigten die Veränderungen immer in die intendierte Richtung, hin zu einer wissenschaftlich angemesseneren Sichtweise. Im Folgenden einige ausgewählte Beispiele:

Nach der Intervention ging die Annahme der Studierenden, dass Wissen in der Physik

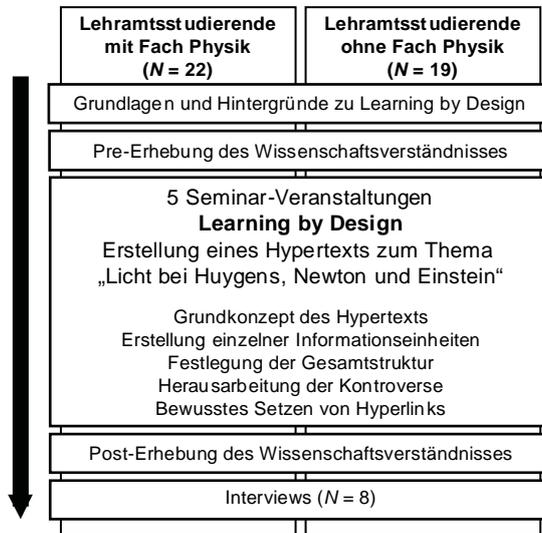


Abb. 1: Design der Studie

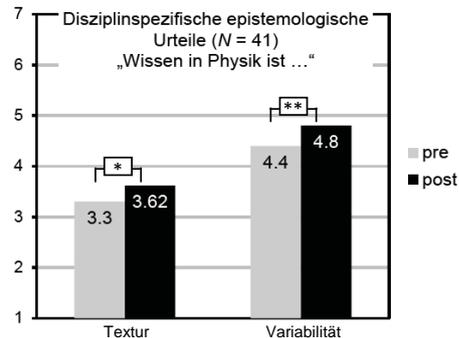


Abb. 2: Epistemologische Urteile zu Wissen in der Physik

sicher und genau sein muss (Dimension Textur von Wissen) signifikant zurück. Weiterhin wurde das Wissen nach der Intervention signifikant als dynamisch und veränderlich angesehen (Dimension Variabilität des Wissens), siehe Abbildung 2.

Ein hochsignifikanter Unterschied bezüglich der Annahmen zur sozialen und kulturellen Eingebundenheit der Naturwissenschaften lässt sich nur in der Gruppe der Physikstudierenden feststellen: die Bedeutung soziokultureller Aspekte für die Naturwissenschaften wurde von diesen im Nachtest deutlich mehr gesehen (siehe Abbildung 3). Insgesamt sind auf den gemessenen Skalen in der Gruppe der Physikstudierenden mehr signifikante Veränderungen als in der Gruppe der Nicht-Physikstudierenden zu finden.

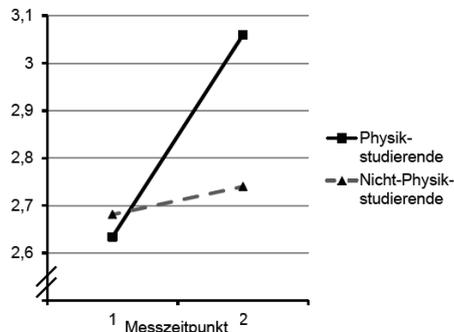


Abb. 3: Interaktionseffekt: Ansichten zur soziokulturellen Eingebundenheit der Naturwissenschaften

#### Vorläufiges Fazit und Ausblick

Die ersten Auswertungen zeigen, dass sich durch eine Intervention auf Basis des Learning by Design-Ansatzes das Wissenschaftsverständnis in die intendierte Richtung verändern lässt. Des Weiteren zeigen sich bei den Physik-Studierenden mehr signifikante Veränderungen als bei den Studierenden, die nicht Physik studieren. Dies lässt sich mit dem größeren Vor- und Inhaltswissen der Physikstudierenden erklären. Bemerkenswert ist, dass sich in der Gruppe der Nicht-Physiker nach teilweise großer anfänglicher Skepsis gegenüber Domäne und Thema im Laufe der Intervention aufgrund des Learning by Design-Ansatzes zunehmend Motivation und Engagement in der Auseinandersetzung mit den Inhalten zeigte. Im weiteren Verlauf des Projekts erfolgt die inhaltsanalytische Auswertung der offenen Items, um die gemessenen Effekte besser verstehen und interpretieren zu können.

#### Literatur

- Bromme, R., Kienhues, D., & Stahl, E. (2008). Knowledge and Epistemological Beliefs: An Intimate but Complicate Relationship: Knowing, Knowledge and Beliefs. In M. S. Khine (Hrsg.), (S. 423–441). Springer Netherlands.
- Schüssele, B., Stahl, E., & Mikelskis-Seifert, S. (2013). Veränderung des Wissenschaftsverständnisses von Lehramtsstudierenden im Rahmen eines „Learning by Design“-Ansatzes. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 671-673). Kiel: IPN.
- Stahl, E. (2011). The Generative Nature of Epistemological Judgments: Focusing on Interactions Instead of Elements to Understand the Relationship Between Epistemological Beliefs and Cognitive Flexibility: Links Between Beliefs and Cognitive Flexibility. In J. Elen, E. Stahl, R. Bromme & G. Clarebout (Hrsg.), (S. 37–60). Springer Netherlands.

## Storytelling als Ansatz in den Naturwissenschaften – erste Erfahrungen

### Einleitung

Narrative Ansätze haben in den letzten Jahren in den Didaktiken der naturwissenschaftlichen Fächer vermehrt Aufmerksamkeit erfahren (Kubli, 1998). Im Rahmen eines von der EU geförderten Projekts (Storytelling @ Teaching Modell) werden Materialien für das Erzählen einer Story, die als Zugang zu naturwissenschaftlichen Bildungsprozessen dienen soll, entwickelt und erprobt. Dieser Ansatz bildet somit eine spezifische Kategorie innerhalb der narrativen Ansätze. Die Stories stammen aus den Bereichen Biologie, Chemie und Physik und werden anhand historischer Fallstudien strukturiert. Sie können sowohl auf inhaltliche als auch auf speziell definierte NOS-Aspekte hin ausgewählt werden. Im Sommersemester 2013 wurde der Ansatz im Rahmen eines universitären Seminars mit Studierenden erprobt. Das Projekt und die ersten Erfahrungen werden im Rahmen des Beitrags vorgestellt.

### Das Konzept des S@TM

Innerhalb eines vorgegebenen äußeren Rahmens, der sich als gemeinsame thematische Schnittmenge aller beteiligten EU-Projektpartner (Griechenland, Polen, Belgien, Deutschland) ergibt, sollen von Lehrkräften selbst Geschichten entwickelt und frei erzählt werden. Deshalb gibt es zur Vorbereitung und fachlichen Vertiefung jeweils Biographien, einen kurzen geschichtlichen Umriss, Infotexte und einen Story-Plot. Die Materialien lassen sich den folgenden Themen und Bereichen zuordnen.

Tab. 1: Übersicht der im Projekt erstellten Geschichten

Biologie	Chemie	Physik
Rumfort: Ernährung	Demokrit: Atomkonzept	Guericke und das Vakuum
Lavoisier: Atmung	Dalton: Atommodell	Lichtenberg und der Elktrophor
Lind: Skorbut	Rutherford: Kern-Hülle-Modell	Rumfort: Wärme als Bewegung
Eijkmann: Beri-Beri	Curie: Polonium	Joule: Energieerhaltung
Liebig: Ernährung	Mendeleev und das Periodensystem	Mouchon: Regenerative Energie
Merian: Metamorphose	Lavoisier und Massenerhaltung	Joliot-Curie und das Neutron

Alle Geschichten sind so angelegt, dass sie im Regelunterricht der Sekundarstufe I eingesetzt werden können. Die Erzählung schafft somit einen Anlass, sich mit einer naturwissenschaftlichen Fragestellung auseinander zu setzen. Zu den Geschichten gibt es deshalb weitere Materialien (siehe dazu <http://science-story-telling.eu/de/node/280>), die fachdidaktisch so aufgearbeitet sind, dass sie Anregungen für eine weitere strukturierte Behandlung des Fachinhaltes, aber auch ausgewählten Aspekten von NOS bieten. Vorteilhaft an dieser Methode ist, dass es den Lehrkräften durch die Erzählung leichter gelingt, Emotionen und Interesse bei den Schülerinnen und Schülern zu wecken (vgl. Klassen & Froese-Klassen, 2013). Somit ist es auch sinnvoll, dass die Geschichten nicht wortgetreu wiedergegeben werden, sondern die jeweils eigene Interpretation zugelassen ist. Zum einen erreicht man dadurch, dass sich die Lehrkräfte selbst die Inhalte erarbeiten haben

und des Weiteren, dass sie durch eigene Formulierungen authentischer auf die Zuhörer wirken und auf diese und deren Reaktionen und Interessen eingehen können. Die Schwierigkeit besteht nun darin, Geschichten zu konzipieren bzw. diese so zu erzählen, dass sie ein angemessenes Bild der Naturwissenschaft, ihrer Praxen, ihrer Erkenntnisproduktion und ihrer Diskurse widerspiegeln. Dazu ist es notwendig, dass sich die Lehrkräfte über Kriterien einer guten Science-Story im Klaren sind.

### **Kriterien für eine gute Science-Story**

Im Folgenden beziehen wir uns in weiten Teilen auf Definitionen und Forschungsansätze von Catherine Froese-Klassen. Sie arbeitet (teilweise gemeinsam mit S. Klassen) seit Längerem an entsprechenden Ansätzen, beide sind als „external experts“ in das Projekt eingebunden.

Froese-Klassen (2013) definiert als wesentliche Merkmale einer Science-Story:

- eine Science-Story handelt von einer relevanten naturwissenschaftlichen Fragestellung und
- die Hauptfigur ist eine historisch bedeutende Person

Der Aufbau einer Geschichte folgt dabei nach ihrer Analyse folgendem Grund-Schema

- die Hauptfigur ist eine historisch bedeutende Persönlichkeit
- es handelt sich um eine historisch gut recherchierte und nachvollziehbare Handlung
- die Handlung ist so angelegt, dass sie zur Hauptperson und der Begebenheit passt
- alle Handlungen sind logisch nachvollziehbar und auch notwendig
- alle naturwissenschaftlichen Inhalte werden im Präsens und alle erzählerischen Elemente im Präteritum vorgetragen.

Darüber hinaus formuliert sie noch weitere Aspekte für eine gute Science-Story:

- den Spannungsbogen (Mit dem Setting, der Problem-Situation, der Krise, einer kritischen Entscheidung – die den Höhepunkt der Geschichte bildet und für Spannung sorgt und zuletzt in der sogenannten Lösung endet.)
- die Vermittlung (Der Ausgang der Story hängt von der zumeist kritischen Entscheidung der Hauptfigur ab. Ohne zeitlich logische Handlungsabläufe bleibt der Text eine chronologische Auflistung von Fakten und entspräche nicht den oben aufgestellten Kriterien des Spannungsbogens.)
- die Fachinhalte und NOS-Inhalte (In Abhängigkeit vom Bildungsziel enthält eine Science-Story sowohl naturwissenschaftliche Fachinhalte als auch Inhalte aus dem Bereich NOS. In gut geschriebenen Geschichten sind diese Inhalte aus der Perspektive der Hauptfigur so eingebunden, dass der Handlungsablauf natürlich und notwendig erscheint.)

Da das Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts sich nicht auf die Vermittlung der Fachinhalte beschränkt, sondern dieser auch zu realistischen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler über die Natur der Naturwissenschaft führen soll, ist es sinnvoll, deren vorhandenen Vorstellungen in dieser Hinsicht zu berücksichtigen.

Wie Höttecke (2001) feststellt, sind diese „unzureichend. Außerdem wird der epistemologische Status naturwissenschaftlicher Wissensbestände falsch eingeschätzt.“

Insofern bieten alle 18 Geschichten einen Anlass, diese Defizite zu thematisieren und ggf. aufzuarbeiten. Denn die Themen der Stories (und deren konzeptionelle Anlage) lassen sich nicht nur inhaltlich, sondern auch über die Aspekte von NOS auswählen – dies geschieht individuell und jeweils nach gewünschtem Bildungsziel.

### **Seminar Storytelling im Sommersemester 2013**

Das von einem der Kollegen der Abteilung angebotene Seminar Lernwerkstatt Storytelling ist nur eine von drei Möglichkeiten die Inhalte des Projektes bekannt zu machen, sodass sie letztlich auch Schülerinnen und Schüler erreichen. Neben diesem Preteacher-Training gibt es außerdem noch Lehrerfortbildungen, die im Oktober 2013 starten und einen e-Learning-Kurs, der in Kürze von den griechischen Partnern bereitgestellt wird.

Innerhalb des Seminars gab es zunächst einen Infoblock zur Methode Storytelling und dem Projekt ganz allgemein. Anhand einer fertigen Story wurde verdeutlicht, wie so ein Resultat aussehen kann. Im Anschluss wurden dann die Themenbereiche an die Studierenden verteilt, sodass diese die Gelegenheit hatten, sich in ihre jeweilige Thematik einzuarbeiten. Es folgte ein Wochenendseminar in Kooperation mit einem professionellen Geschichtenerzähler. Der Schwerpunkt lag während dieser Phase auf dem „telling“ von Storytelling. Durch die Vermittlung grundlegender Elemente der Erzählkunst konnten sich die Studierenden nun ihre eigenen Geschichten erarbeiten und diese letztlich auch innerhalb der Seminargruppe erzählen. Einige der Studierenden erklärten sich bereit, sich während ihres Vortrags videografieren zu lassen. Am Ende dieses Wochenend-Workshops wurde ein kurzer Fragebogen an alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer verteilt. Es handelt sich dabei um eine Mischung aus Multiple-Choice Fragen und offenen Items. Aufgrund der geringen Teilnehmerzahl wird nur eine Auswahl einiger Fragen rein qualitativ zusammengefasst.

- Hat dieser Workshop für Ihre Qualifikation als zukünftige Lehrkraft einen Nutzen?
- Können sie sich vorstellen, diesen Ansatz im Rahmen Ihrer späteren Unterrichtspraxis zu verwenden?
- Würden Sie den historischen Hintergrund der von Ihnen erzählten Geschichte unterrichtlich nutzen wollen?
- Gab es vermittelte Inhalte des Workshops, die sie für Ihre spätere schulische Tätigkeit übernehmen wollen würden?
- Sollten derartige Workshops zukünftig in der Lehrerbildung eingesetzt werden?

Diesen Fragen wurde fast vollständig zugestimmt. Darüber wurde aus der Beantwortung der offenen Items zum einen deutlich, dass den Studierenden insbesondere die Einbindung der NoS-Aspekte in die Unterrichtssequenz durch die Verwendung der Story nachvollziehbar war. Zum anderen machten die Antworten auf die offenen Items deutlich, dass die Studierenden die motivationalen Potentiale der Stories wahrgenommen hatten und daher diese eher zu Beginn einer Unterrichtssequenz einsetzen würden. Die Option, die Story strukturierend einzusetzen (möglicherweise auch in Form einer Interrupted-Story, bei der man sich Stück für Stück gemeinsam mit dem Protagonisten dem Ziel nähert) wurde von den Studierenden ebenso wenig gesehen wie die Möglichkeit, dass eine Geschichte mit offenem Ende erzählt wird, die dann von den Schülerinnen und Schülern fortgesetzt werden soll.

Hierauf wird sicherlich einer der Schwerpunkte bei den Lehrerfortbildungen liegen, sodass wir uns hieraus auch entsprechende Rückmeldungen von Praktikerinnen und Praktikern für diesbezügliche Unterrichtseinsätze erhoffen.

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des S@TM Projektes, das durch das Lifelong Learning Programm der Europäischen Union gefördert wird (Projekt-Nummer: 518094-LLP-1-2011-1-GR-COMENIUS-CMP).

#### **Literatur**

- Froese-Klassen, C. (2013) „Stories“ Created for Science-Teaching – A Critical Analysis. In: P. Heering, S. Klassen, D. Metz (Eds.), *Enabling Scientific Understanding through Historical Instruments in Formal and Non-Formal Learning Environments*. Flensburg University Press, 323 – 336.
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellung von Schülern und Schülerinnen von der Natur der Naturwissenschaft. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 7, 7-23.
- Klassen, S., & Froese-Klassen, C. (2013) Science teaching with stories: Theoretical and practical perspectives. In: P. Heering, S. Klassen, D. Metz (Eds.), *Enabling Scientific Understanding through Historical Instruments in Formal and Non-Formal Learning Environments*. Flensburg University Press, 355 – 375.
- Kubli, F. (1998). Plädoyer für Erzählungen im Physikunterricht : Geschichte und Geschichten als Verstehenshilfen: Ergebnisse einer Untersuchung. Köln, Aulis Verlag Deubner.
- Ryan, A.G. & Aikenhead, S.G. (1992): Student's Preconceptions about Epistemology of Science. *Science Education* 76, 559-580

## **NoSt-Vorstellungen von Studierenden - Konzepte über naturwissenschaftliche Tätigkeitsbereiche**

In der Öffentlichkeit wird zunehmend der Bedarf an Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern als sogenannte „Mint-Lücke“ diskutiert. Dies wird in der Regel überwiegend aus volkswirtschaftlicher Perspektive begründet (IDW, 2013). Mögliche Ursachen werden unter anderem in stereotypen Vorstellungen über das spätere Berufsfeld gesehen. Bislang wurden konkrete Vorstellungen über Tätigkeitsbereiche von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in Schülerbefragungen untersucht (Wentorf et al., eingereicht). In der hier vorgestellten Untersuchung wurden Studierende befragt.

Die erhobenen Konzepte der Studierenden umfassen dabei neben ihren Vorstellungen über die konkreten berufsbezogenen Tätigkeitsbereiche auch ihre diesbezüglichen Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen. Ein besonderer Fokus wird auf die Konzepte von 2-Fach-Studierenden gelegt, da deren Konzepte auch durch ihren späteren Lehrerberuf den potenziellen naturwissenschaftlichen Nachwuchs in den Schulen erreichen. Es ergeben sich folgende Fragestellungen für diese Studie:

- Welche Vorstellungen haben Studienanfänger/-innen über Naturwissenschaftler/-innen und ihr Tätigkeitsfeld?
- Welche Ausprägungen zeigen sich bei ihren Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) bezüglich der Tätigkeiten von Wissenschaftler/-innen?
- Zeigen sich dabei Unterschiede zwischen 1-Fach- und 2-Fach-Studierenden?

### **Theoretischer Hintergrund**

Die Vorstellungen von Jugendlichen bezüglich ihrer intendierten Berufswahl korrespondieren mit ihrem Interesse und ihrem Selbstkonzept (Prenzel & Baumert, 2008). Durch den Abgleich von Prototypen mit der eigenen Persönlichkeit wird das Entscheidungsverhalten beeinflusst, je nachdem, inwiefern sich eine Person mit einem Gegenstand oder anderen Personen identifiziert und sich dementsprechend nach diesem Prototypenabgleich auf etwas einlässt. Dieser Zusammenhang wurde bereits auf den naturwissenschaftlichen Bereich übertragen (Kessels & Hannover, 2004). So konnte beispielsweise die Selbstnähe als Mediatorvariable zwischen Fähigkeitsselbstkonzept und Bereitschaft zur Leistungskurswahl nachgewiesen werden.

Die Bereitschaft, sich auf die Naturwissenschaften einzulassen, wird unter anderem durch die Überzeugungen über die Naturwissenschaften, das naturwissenschaftliche Interesse und Selbstkonzept sowie Leistungsvariablen bedingt (Köller et al., 2006; Lederman, 2007). Diese Variablen wurden im sogenannten „Individuellen Konzept über die Naturwissenschaften (IKoN)“ zusammengeführt.

### **Instrument und Methoden**

In dieser Querschnittstudie ( $N=563$ ) wurde ein speziell entwickelter NoSt-Fragebogen (Wentorf, Höffler & Parchmann, eingereicht) als Kern des Instrumentariums eingesetzt. Dieser am RIASEC-Modell (Holland, 1997) orientierte Fragebogen erlaubt es, die konkreten Vorstellungen über das Tätigkeitsfeld von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern zu erfragen und korrespondierend dazu die berufsbezogenen Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen der Probanden zu erfassen. Jede dieser drei

erhobenen Variablen wurde in sieben analogen Skalen erfasst, die sich am RIASEC-Modell orientieren: Realistic, Investigative, Artistic, Social, Enterprising, Conventional und Networking. Dieser 90 Items umfassende NoSt-Fragebogen wurde durch einige personenbezogene Merkmale und Items zur Studienwahl ergänzt, sodass sich eine Bearbeitungszeit von 45 Minuten ergab. Befragt wurden 365 1-Fach-Studierende („Fach-Studierende“) und 198 2-Fach-Studierende („Lehramt-Studierende“) naturwissenschaftlicher Fächer. Die Bachelor-Studentinnen und –Studenten wurden im Rahmen von Eingangsveranstaltungen bzw. Grundvorlesungen an fünf verschiedenen deutschen Universitäten befragt.

### Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt zeigen sich bei den Vorstellungsmustern der Studierenden, dass die handwerklichen („Realistic“), intellektuell analytischen („Investigative“) und auch die kooperativen Tätigkeiten („Networking“) von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern als besonders prägend für deren Tätigkeitsfeld eingeschätzt werden (s. Abb. 1). Eine demgegenüber geringe Ausprägung weist beispielsweise die kreativ ausgerichtete Dimension „Artistic“ auf, die von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern selbst hingegen als besonders wichtig erachtet wird (unveröffentlichte Befragung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern 2011,  $N=84$ ).

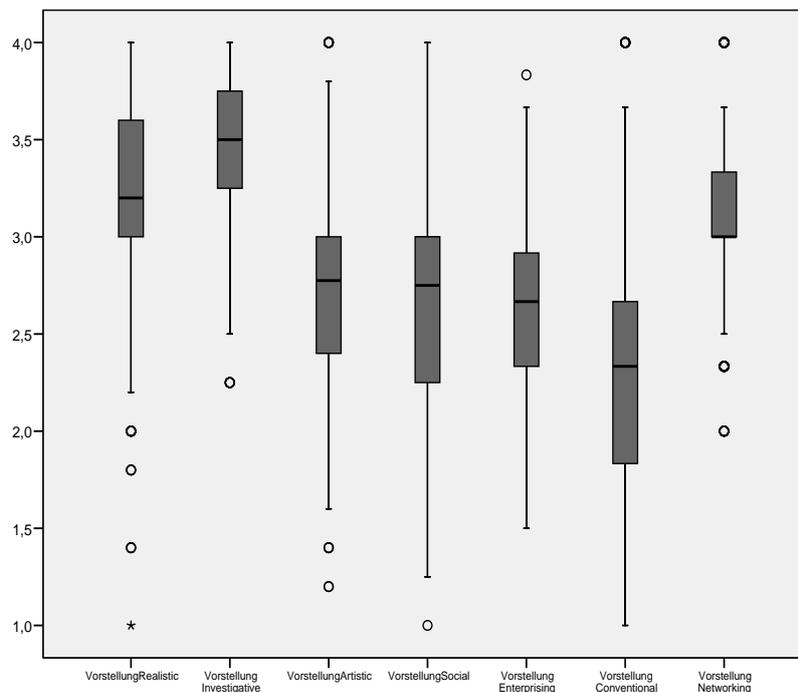


Abb. 1: Boxplot. Vorstellungen von Bachelor-Studierenden naturwissenschaftlicher Fächer über die Tätigkeiten von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern. („Ein Wissenschaftler übt folgende Tätigkeiten regelmäßig aus.“; 4-stufige Likert-Skala).

Die befragten 2-Fach-Studierenden unterscheiden sich maßgeblich von den 1-Fach-Studierenden bezüglich ihrer Interessen an den Tätigkeiten von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern (s. Tab. 1): Lediglich in der von Lehrtätigkeiten geprägten Dimension „Social“ zeigt sich bei den künftigen Lehrerinnen und Lehrern ein höher

ausgeprägtes Interesse. Insbesondere in den Dimensionen „Investigative“ und „Artistic“, welche vor allem die Tätigkeiten des Forschungsprozesses selbst im engeren Sinne (Scientific Inquiry) inkludieren, weisen die Lehramt-Studierenden ein in Relation zu den Fach-Studierenden besonders niedriges Interesse auf. Hier zeigen sich Parallelen zu Befunden der TOSCA-Studien (Klusmann et al., 2009). Die Selbstwirksamkeitserwartungen bezüglich der naturwissenschaftlichen Tätigkeiten sind (analog zu den entsprechenden Interessen der Studierenden) in allen Dimensionen relativ niedrig bei den 2-Fach-Studierenden ausgeprägt – ausgenommen in der Dimension „Social“.

*Tab. 1: Vergleich der Interessen von 1-Fach und 2-Fach-Studierenden an naturwissenschaftlichen Tätigkeiten („Würdest die Tätigkeiten später selbst gern durchführen“, 4-stufige Likert-Skala). Ergebnisse eines t-Tests.*

Skala	Gruppe	N	M	SD	d	Sig.
Interessen Realistic	Fachwissenschaft	333	3,25	0,46	0,72	p<.001
	Lehramt	180	2,89	0,59		
Interessen Investigative	Fachwissenschaft	333	3,40	0,53	1,21	p<.001
	Lehramt	180	2,71	0,64		
Interessen Artistic	Fachwissenschaft	333	2,75	0,60	0,86	p<.001
	Lehramt	180	2,23	0,62		
Interessen Social	Fachwissenschaft	333	2,43	0,68	0,90	p<.001
	Lehramt	180	3,01	0,60		
Interessen Enterprising	Fachwissenschaft	333	2,38	0,62	0,40	p<.001
	Lehramt	180	2,12	0,67		
Interessen Conventional	Fachwissenschaft	333	2,06	0,69	0,25	p<.01
	Lehramt	180	1,89	0,64		
Interessen Networking	Fachwissenschaft	333	3,33	0,50	0,35	p<.001
	Lehramt	180	3,15	0,53		

Die Konzepte der Studierenden bezüglich ihrer Vorstellungen, Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen sollen Anlass zur Diskussion bezüglich deren Passung zu den Anforderungen ihrer späteren Tätigkeitsfelder geben. Im Rahmen weiterer Auswertungen sollen Hinweise ausgemacht werden, inwieweit die Konzepte der Studierenden mit ihrer eigenen Person und ihren Studien- und Berufswünschen auf der einen Seite und mit ihrer Studienerfahrung auf der anderen Seite zusammenhängen.

#### Literatur

- Holland (1997). Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments. 3rd ed. PAR, Florida.
- Kessels, U. & Hannover, B. (2004). Empfundene „Selbstnähe“ als Mediator zwischen Fähigkeitsselbstkonzept und Leistungskurswahlintentionen. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 36(3), 130-138.
- Klusmann, U., Trautwein, U., Lüdtke, O., Kunter, M. & Baumert, J. (2009). Eingangsvoraussetzungen beim Studienbeginn. Werden die Lehramtskandidaten unterschätzt? Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 23 (3/4), 265-278.
- 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.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of science: Past, present & future. In S. Abell & N.G. Lederman (Eds.), Handbook of Research on Science Education (pp. 831-879). Mahwah: Erlbaum.
- Prenzel, M., & Baumert, J. (Hrsg.) (2008). Vertiefende Analysen zu PISA 2006. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 10. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Wentorf, W., Höffler, T., & Parchmann, I. (eingereicht). Schülervorstellungen über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern.

Lydia Schulze Heuling<sup>1</sup>  
 Silke Mikelskis-Seifert<sup>1</sup>  
 Matthias Nückles<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PH Freiburg  
<sup>2</sup>Universität Freiburg

## **Entwicklung eines Erhebungsinstruments zum Wissenschaftsverständnis Physiklehrender**

### **Ausgangslage**

Die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften sind wesentliche Determinanten von Bildungssystemen und Bildungsqualität. In Deutschland ist in den vergangenen Jahren, nicht zuletzt durch die Ergebnisse der großen Leistungsstudien TIMSS und PISA, die Forschung zur Lehrerinnen- und Lehrerausbildung als auch zur Lehrerprofessionalität intensiviert worden und hat dadurch an Umfang und Vielfalt gewonnen. Eine Möglichkeit zur Beschreibung der beruflichen Kompetenzen von Lehrkräften ist das *Professionswissen*. Der Terminus *Professionswissen* bezieht sich einerseits auf Kompetenzmodelle, die der Beschreibung bzw. Sicherung von Standards in der Aus- und Weiterbildung erfolgreicher Lehrpersonen dienen (vgl. Terhart, 2000; Oser, 2001). Ebenso wird unter dem Begriff *Professionswissen* stets ein Spektrum von Lehrerinnen- und Lehrerkompetenzen subsumiert und untersucht. In der aktuellen Debatte haben sich vor allem drei Dimensionen des Professionswissens, das Fachwissen (*content knowledge, CK*), das pädagogische Wissen (*pedagogical knowledge, PK*) und das fachdidaktische Wissen (*pedagogical content knowledge, PCK*), durchgesetzt (vgl. Shulman, 1987). Im Zusammenhang mit der Professionalitäts- und Qualitätsentwicklung gerieten auch Lehrervorstellung zur *Nature of Science* (NoS) in den Blick der Forschung. Das Verständnis der Lehrkräfte von NoS kann als Komponente ihres Fachwissens als sog. fachspezifisches *higher order knowledge* konzipiert werden, wohingegen ihre Kenntnisse über Unterrichtspraktiken und die Ausführung von Unterricht unter pädagogisches Wissen zu subsumieren sind. Theoretische Standpunkte der Bildungsforschung legen nahe, dass das individuelle Verständnis der NoS die Gestaltung des Schulunterrichts beeinflusst (z.B. Tesch & Duit, 2004). Empirische Fallstudien bestätigen diese Vermutung (vgl. Brickhouse, 1990; Waters-Adams, 2006). Empirische Befunde zur Beschreibung der Interdependenzen von Wissenschaftsverständnissen und Unterrichtsmethoden, die über Fallstudien hinausweisen, stehen noch aus.

### **Ziel des Forschungsvorhabens**

Vor dem oben skizzierten Hintergrund wird ein Fragebogen entwickelt, der verschiedene Facetten des *Professionswissens* von Lehrkräften erhebt. Der Fokus liegt hierbei einerseits auf dem Wissenschaftsverständnis als Teil von *CK* und andererseits auf den Lehr- und Lernmethoden als Aspekt von *PCK*. Im Bereich der Lehr- und Lernmethoden rekrutieren wir auf Ergebnisse und Instrumente aus anderen Studien wie z.B. *Physik im Kontext* (vgl. Duit & Mikelskis-Seifert, 2010). Hinsichtlich der Ergebnisse und der Erhebungsinstrumente zum Wissenschaftsverständnis ist die Befundlage sehr heterogen. So konstatiert beispielsweise Priemer (2006), dass die Erfassung epistemischer Überzeugungen allgemein und Überzeugungen zur Natur der Naturwissenschaft insbesondere einer Vielzahl von Schwierigkeiten unterliege. Derartige Schwierigkeiten sind auch bei der Erhebung des Wissenschaftsverständnisses zu erwarten.

### **Eine Taxonomie als Basis für die Fragebogenentwicklung**

*Entwicklung der Taxonomie.* Mit dem Ziel, ein Instrument zur Erhebung von Vorstellungen der Lehrkräfte über Physik als Wissenschaft zu konzipieren, wurde eine deskriptive Interviewanalyse durchgeführt, die in der ersten Teilstudie das Anliegen verfolgte, eine Taxono-

mie von Wissenschaftsverständnissen zu erstellen (Schulze Heuling, Mikelskis-Seifert & Nückles, 2013). Um terminologische Verwirrung zu vermeiden, wird im weiteren Text der Begriff Wissenschaftsverständnis verwendet, um von Modellen der Nature of Science, die nicht auf Basis individueller sinnstiftender Konstrukte entwickelt wurden, zu unterscheiden. Als Ergebnis der Interviewstudie entstand eine zweidimensionale Taxonomie: theoretisierendes Wissenschaftsverständnis (Dimension 1); didaktisches Wissenschaftsverständnis (Dimension 2). Auf den Ergebnissen zur Unterrichtsforschung aufbauend und die Interviewdaten nutzend, ergänzte eine dritte Dimension die Taxonomie: die Unterrichtsmethoden (Dimension 3). Jede Dimension besteht aus jeweils vier Subdimensionen. Das Kategoriensystem wurde durch drei in das Projekt eingebundene Interrater bestätigt. Die Werte für die Reliabilität sind zufriedenstellend.

*Entwicklung und Struktur des Fragebogens.* Um die Ergebnisse der Interviewstudie auf eine breitere Grundlage zu stellen, wurde ein Fragebogen als Testinstrument entwickelt, der die Wissenschaftsverständnisse messbar, und eine Erhebung mit einer größeren Population möglich macht. Der dreidimensionalen Taxonomie folgend, unterteilt sich der Fragebogen in drei Bereiche. Bereich 1 umfasst die Skalen zum theoretisierenden Wissenschaftsverständnis. Bereich 2 beinhaltet die Skalen zum didaktischen Wissenschaftsverständnis. Und Bereich 3 soll die Lehr- und Lernmethoden messen. In der anschließenden Datenanalyse, die hier nicht vorgestellt werden kann, sind übergeordnete Strukturen erhoben und Zusammenhänge zwischen Wissenschaftsverständnissen und Unterrichtspraxis hergestellt worden. Im Nachfolgenden fokussieren wir auf die Skalen zur Erfassung der Wissenschaftsverständnisse: Die Kategorien zum Wissenschaftsverständnis sind idealtypischer Natur. Zum einen sind die Wissenschaftsverständnisse von Physiklehrkräften Mischformen der Kategorien. Darüber hinaus divergieren die Wissenschaftsverständnisse, je nachdem, ob ein originär wissenschaftstheoretischer oder aber didaktischer Bezug hergestellt wird. Der Fragebogen muss also in der Lage sein, unterschiedliche Ausprägungsgrade zu messen. Ausgangspunkt zur Konstruktion der Items der Wissenschaftsverständnisse sind die Ankerbeispiele aus der explorativen Interviewstudie. Dementsprechend präsentiert ein Fragetypus in einem Itemstamm ein wissenschaftstheoretisches Thema oder Problem, für das, den vier Subdimensionen entsprechend, vier Antwortoptionen angegeben sind (siehe Tab. 1). Diese Antwortoptionen sind jeweils auf einer fünfstufigen Likertskala zu bewerten.

Tab. 1: Beispielitem für theoretisches Wissenschaftsverständnis

Itemstamm	Antwortoptionen
Beispiel 1: Physik in Wissenschaft und Forschung <i>Das Prognostizieren von Ereignissen ist eine wesentliche Fähigkeit der Wissenschaft. Wie beurteilen Sie die untenstehenden Punkte als Grundlagen für diese Vorhersagen?</i>	<i>Wissenschaftliche Vorhersagen basieren... ...zuvorderst auf Auswertungen von Messreihen. (experimentell) ...zuvorderst auf Simulationen am Modell. (modellhaft) ...zuvorderst auf aktuellen Berichten der Forschungsliteratur. (autoritativ) ...zuvorderst auf Gesprächen in Expertengruppen. (diskursiv)</i>

### Ergebnisse der Validierung

Der Fragebogen wurde von 65 Physiklehrenden an deutschen Schulen und Hochschulen beantwortet. Auf Grund der Fülle der Daten werden nur die Validierungsdaten aus den Bereichen zu den Wissenschaftsverständnissen vorgestellt. Wie bereits erörtert, umfasst der Bereich 1 die Skalen zum theoretisierenden Wissenschaftsverständnis. Die explorative Faktorenanalyse mit Kaiser-normalisierung und Varimaxrotation für die Fragetypen mit Itemstämmen ergibt vier Skalen mit jeweils sechs Items und eine aufgeklärte Varianz von

59.3 %. Die Ergebnisse der Reliabilitätsanalysen sind in Tab. 2 zusammengestellt. Bereich 2, Wissenschaftsverständnis mit didaktischem Bezug, wurde analog ausgewertet. Die vierfaktorielle Struktur liefert eine aufgeklärte Varianz von 78 %. Die einzelnen Skalen beinhalten wiederum sechs Items. Die Daten sind in der Tab. 2 festgehalten. Wie die Ergebnisse in Tab. 2 zeigen, sind die Gütekriterien zufriedenstellend bis sehr zufriedenstellend. Bei den anderen Skalen wurde analog vorgegangen.

Tab. 2: Ergebnisse der Validierung der Skalen

Skalen	Itemanzahl	Cronbach's $\alpha$
1) von Experimenten geleitetes, theoretisches Wissenschaftsverständnis	6	0.91
2) von Modellen geleitetes, theoretisches Wissenschaftsverständnis	6	0.79
3) von Autoritäten geleitetes, theoretisches Wissenschaftsverständnis	6	0.70
4) von Diskursen geleitetes, theoretisches Wissenschaftsverständnis	6	0.81
5) von Experimenten geleitetes, didaktisches Wissenschaftsverständnis	6	0.66
6) von Modellen geleitetes, didaktisches Wissenschaftsverständnis	6	0.75
7) von Autoritäten geleitetes, didaktisches Wissenschaftsverständnis	6	0.77
8) von Diskursen geleitetes, didaktisches Wissenschaftsverständnis	6	0.79

### Diskussion der Ergebnisse

Das Instrument zur Messung von Wissenschaftsverständnissen sowie Unterrichtsmethoden wurde erfolgreich validiert. Für die Hauptstudie, die in Österreich, Deutschland und der Schweiz erhoben wurde, fand eine Modifizierung des Fragebogens in den Bereichen, in denen die Gütekriterien nicht angemessen waren, statt. Dabei erstrecken sich die Modifizierungen vor allem auf das Reformulieren von Items. Items, die aufgrund ihrer Trennschärfe, Itemschwierigkeit oder Faktorladung kritisch waren, wurden teilweise in der modifizierten Form nicht wieder aufgegriffen. Die noch ausstehende Auswertung des Datensatzes (n=253) ermöglicht den Einsatz weiterer Analyseinstrumente, die Aufschluss über die Interdependenzen von Wissenschaftsverständnissen und Unterrichtsmethoden geben.

### Literatur

- Brickhouse, N. W. (1990): Teacher's beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53-62.
- Duit, R., & Mikelskis-Seifert, S (2010): Physik im Kontext. Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht, Friedrich Verlag, Seelze
- Oser, F. (2001). Modelle der Wirksamkeit in der Lehrer-und Lehrerinnenausbildung. In: F. Oser & J. Oelkers (Hrsg.), Die Wirksamkeit der Lehrerbildungssysteme. Von der Allrounderbildung zur Ausbildung professioneller Standards (S. 67-96). Zürich: Rüegger Verlag.
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 159-175.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.
- Schulze Heuling, L., Mikelskis-Seifert, S., & Nückles, M. (2013). Wissenschaftsverständnis und Lehr-Lernmethoden - Eine explorative Studie anhand der Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 404 - 406). Kiel: IPN.
- Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht - Ergebnisse einer Videostudie, *ZfDN*, 10, 71-87.
- Terhart, E. (2000). Perspektiven der Lehrerbildung in Deutschland. Abschlussbericht der von der Kultusministerkonferenz eingesetzten Kommission. Weinheim: Beltz 2000.
- Waters-Adams, S. (2006). The Relationship between Understanding of the Nature of Science and Practice: The Influence of Teachers' Beliefs About Education. *Teaching and Learning. International Journal of Science Education*, 28(8), 919-944.

## Studierendenbefragung zur Rolle neuer Medien im Physikunterricht

### Hintergrund

Die vom Medienpädagogischen Forschungsverbund Südwest (2012) veröffentlichte alljährliche Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-jähriger - die *JIM-Studie* - zeigte, dass im Jahr 2012 von den befragten Jugendlichen 63% ein Smartphone besaßen (2011: 43%). Davon nutzten 34% eine Internetflatrate. Bei der Gruppe der 18- bis 19-jährigen waren es bereits 53%.

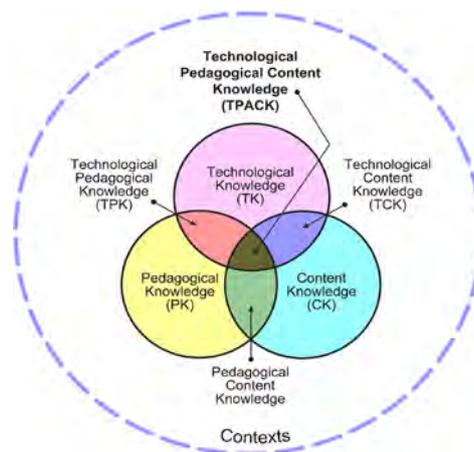
Neue, digitale Alltagstechnologien, wie Smartphones, iPods und Tablets mit ihren zahlreichen Sensoren sind dazu geeignet, Experimente im Physikunterricht durchzuführen. Es wurden bereits zahlreiche Versuche vorgestellt, die Schülerinnen und Schüler mit einem Smartphone weitestgehend eigenständig durchführen können (z. B. Kolumne *iPhysicsLabs* in *The Physics Teacher*, Kuhn & Vogt, seit 2012). Über das Experimentieren hinaus können diese neuen digitalen Medien die Inhaltsrecherche, die Wissensorganisation und die Kommunikation unterstützen und so einen selbständigen Lernprozess und eine stärkere Schülerzentrierung des Unterrichts fördern.

Damit das Lernen und Lehren im Schulunterricht von neuen digitalen Technologien profitieren kann, sind neben der Technologieverbreitung adäquate Aus- und Fortbildungsmaßnahmen für Lehrkräfte nötig (vgl. Albion et al., 2013).

Um neue, digitale Technologien sinnvoll in den Unterricht und für die Schüler gewinnbringend einzubinden, muss die Lehrkraft ihr Professionswissen um technologiespezifisches Wissen und technologiespezifische Fertigkeiten erweitern. Studien zeigen dabei, dass Lehrkräfte eine stark individualisierte Unterrichtskompetenz besitzen, was darauf zurückgeführt werden kann, dass Wissensbestände aus der Aus- und Fortbildung mit den eigenen Lehrerfahrungen zunehmend verknüpft werden (Bromme, 2008).

Shulman (1986) unterteilt das Lehrerprofessionswissen in drei Faktoren: Neben dem *Pedagogical Knowledge* (PK), also dem Wissen über Lerntypen, Lernstrategien, Lernhemmungen etc. und dem *Content Knowledge* (CK), also dem inhaltsbezogenen Sachwissen ist deren Verknüpfung entscheidend: Das *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) beschreibt, wie ein konkreter Inhalt im Unterricht pädagogisch sinnvoll vermittelt werden kann.

Wegen des rasant verlaufenden Wandels von altgedienten Technologien hin zu neuen, digitalen Technologien wie Computer und Beamer sehen Mishra und Koehler (2006) das *Technology Knowledge* (TK) als eigenständigen Bereich an. Die Lehrkraft benötigen demnach, heute zusätzliches technologiespezifisches Wissen, um denselben Unterrichtsinhalt vermitteln zu können. Erschwerend kommt hier hinzu, dass Lehrkräfte mit der Weiterentwicklung dieser digitalen Technologien schritthalten müssen (Mishra & Koehler, 2006). Das TK umfasst dabei alle technologiespezifischen Wissensbereiche von Aufbau über Funktion bis hin zur Bedienung von Technologien. Dieser zusätzliche Wissenskomplex tritt in Beziehung mit den anderen beiden Wissensgebieten PK und CK. Die durch das Hinzufügen des Technologiewissens zu Shulmans Modell entstehenden Schnittmengen, *Technological Pedagogical Knowledge* (TPK), *Technological Content Knowledge* (TCK) und *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) veranschaulichen neue Aspekte des Lehrerprofessionswissens. Das TCK beschreibt dabei das Wissen über die Verwendung von Technologien und über Möglichkeiten sie zur besseren Vermittlung komplexer Unterrichtsinhalte zu nutzen (Niess, 2005). Das TPK bezieht sich auf die Erfordernisse, die verschiedene Lehrmethoden



an die Verwendung von Technologien im Unterricht stellen (vgl. Mishra & Koehler, 2006).  
Nach Schmidt

Abb. 1: TPACK Framework (Mishra & Koehler, 2006)

et al. (2009) bezieht sich das TPACK auf das Wissen und das Verständnis für das Zusammenspiel von CK, PK und TK beim Einsatz von Technologie im Lehr-Lern-Prozess. Es enthält ein Verständnis für die Komplexität der Beziehungen zwischen Schülern, Lehrern, Inhalten, Methoden und Technologien (Archambault & Crippen, 2009). Bezogen auf neue, digitale Technologien bedeutet dies beispielsweise den für die Schüler gewinnbringenden Einsatz des Smartphones im Physikunterricht als Messwerterfassungssystem. Der Umgang mit diesen neuen, digitalen Technologien muss im Rahmen der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften geübt werden (Albion et al., 2013).

### Methodik

Um mit Aus- und Fortbildungsangeboten ausreichend auf die Bedürfnisse der Lehrkräfte eingehen zu können, soll im Rahmen einer Studie mit Lehramtsstudierenden und Lehrkräften, deren Selbsteinschätzung bezüglich ihres Aus- und Fortbildungsbedarf erhoben werden. Die verwendete Methode der Selbsteinschätzung wurde gewählt, da Fortbildungsangebote von den Lehrkräften nur dann in ausreichendem Maße belegt werden, wenn die Lehrkräfte ein Interesse an der Fortbildung haben. Dazu verwenden wir einen neu entwickelten Kurzfragebogen zur Selbsteinschätzung ihres TPACK und ihrer Einstellungen zum schülerzentrierten Unterricht. Der Fragebogen beinhaltet drei Blöcke mit Aussagen zu denen jeweils der Zustimmunggrad auf einer sechsstufigen Likert-Skala angegeben werden kann (1=“voll und ganz“ bis 6=“überhaupt nicht“). Dieser Kurzfragebogen basiert auf zwei standardisierten Erhebungsinstrumenten: 1. zur Erfassung des TK, TCK, TPK, TPACK (Graham et al., 2009) und 2. zur Erfassung der Hindernisse für die Etablierung eines schülerzentrierten Unterrichts, der Vorstellungen bezüglich eines schülerzentrierten Unterrichtes, der Vorstellungen bezüglich eines schülerfreundlichen Unterrichtsklimas sowie der Effektivität der Lehramtsausbildung (An & Reigeluth, 2012).

### Ergebnisse und Diskussion

Es wurden 150 Studierende an sieben Universitäten in ganz Deutschland befragt. Eine explorative Faktorenanalyse replizierte die theoriegeleiteten Index-Skalen. Die Ergebnisse der Reliabilitätsanalyse zeigt Tab. 1. Als Kenngrößen sind dabei Cronbach's Alpha, der Skalenmittelwert, die Standardabweichung sowie der Stichprobenumfang ausgewiesen. Zu

beachten ist, dass die Skalenwerte invertiert wurden damit ein hoher Skalenwert einem hohen Zustimmungsgrad entspricht.

Tab. 1: Skalenwerte der Index-Skalen.

Skala	Items	Konstrukt	$\alpha$	M	SD	N
TK	11	Technology Knowledge	,775	5,511	,457	148
TCK	5	Technology Content Knowledge	,839	4,106	,902	149
TPK	7	Technological Pedagogical Knowledge	,755	4,475	,599	139
TPACK	8	Technological Pedagogical Content Knowledge	,837	4,561	,647	144
HSZU	11	Hindernisse für die Etablierung eines schülerzentrierten Unterrichts	,637	3,356	,587	147
ESFK	17	Etablierung eines schülerfreundlichen Unterrichtsklimas	,895	4,630	,529	125
VSZU	11	Vorstellungen bezüglich eines schülerzentrierten Unterrichts	,696	4,119	,556	103
ELA	10	Effektivität der Lehramtsausbildung	,801	3,808	,766	147

Die Skalen TCK, TPK, TPACK, ESFK und ELA zeigten sich reliabel und trennscharf. Die Skala HSZU weist vier Subskalen auf, weshalb die Kommunalität schwach ausgeprägt ist. Die einzelnen Subskalen jedoch sind reliabel und trennscharf. Die Skalen TK und VSZU sollte überarbeitet werden, weil der Skalenmittelwert von 5,51 sehr hoch und die Standardabweichung im Verhältnis dazu sehr gering ist. Ziel der Überarbeitung soll dabei sein, eine höhere Trennschärfe zu erreichen. Mit diesen Maßnahmen ergibt sich ein interessantes Instrument für weitere Untersuchungen.

Erste Ergebnisse aus tiefergehenden Untersuchungen deuten an, dass es wohl einen direkten Zusammenhang zwischen der Einschätzung der eigenen Fähigkeiten im Umgang mit Technologien und der Bereitschaft Technologien im Unterricht einzusetzen gibt. Dies passt gut zu den Erkenntnissen von Albion et al. (2013).

#### Literatur

- Albion, P. R. and Jamieson-Proctor, R. and Fasso, W. and Redmond, P. (2013). Revisioning teacher preparation for mobility: dual imperatives. In: 24th International Conference of the Society for Information Technology & Teacher Education (SITE 2013), 25-29 Mar 2013, New Orleans, LA, USA.
- An, Y.-J., & Reigeluth, C. (2012). Creating Technology-Enhanced, Learner-Centered Classrooms: K-12 Teachers' Beliefs, Perceptions, Barriers, and Support Need. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 28(2), 54-62.
- Archambault, L., & Crippen, K. (2009). Examining TPACK Among K-12 Online Distance Educators in the United States. *Technology and Teacher Education*, 9(1), 71-88.
- Bromme, R. (2008): Lehrerexpertise. In: Schneider, Wolfgang/Hasselhorn, Marcus (Hg.): *Handbuch der Pädagogischen Psychologie*. Göttingen: Hogrefe, 159-167.
- Graham, C. R., Burgoyne, N., Cantrell, P., Smith, L., St. Clair, L., & Harris, R. (2009). TPACK Development in Science Teaching: Measuring the TPACK Confidence of Inservice Science Teachers. *TeachTrends*, 53(5), 70-79.
- Kuhn, J., & Vogt, P. (Eds.) (2012). *iPhysicsLabs. The Physics Teacher*. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2012). *JIM-Studie 2012. Jugend, Information, (Multi-)Media*. Stuttgart: Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest.
- Mishra, P., & Koehler, J. M. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6).
- Niess, M. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509-523.
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, J. M., & Shin, T. S. (2009). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): The Development and Validation of an Assessment Instrument for Preservice Teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123-149.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

## Lehrertypen – Typisch Lehrer? Clusterungen im Projekt SUN

Das Projekt SUN: Sachunterricht in Nordrhein-Westfalen befasst sich mit Ursachen des Mangels an physikalischen Themen im Sachunterricht der Grundschule mit Blick auf Lehrkompetenzen sowie Unterstützungsangebote und analysiert diese mit Blick auf alle drei Phasen der Lehrerausbildung. Die Ziele der SUN-Studie ist die umfassende Analyse der Ursachen des Mangels an physikalischen Inhalten im Sachunterricht (SU) im Hinblick auf fachliche, methodische und didaktische Kompetenzen, auf Unterstützungsangebote (Materialien, SCHILF, SU-Raum etc.) und auf epistemologische Vorstellungen der Lehrenden, um u.a. Ansätze für verbesserte Ausbildungsgänge/ Fortbildungsprogramme abzuleiten. Gerade vor dem Hintergrund, dass sich Frauen schon im Studium für andere Schwerpunkte (z. B. vgl. Landwehr, 2002; Köster, 2001; Ude, 2005) entscheiden, und Sachunterricht größtenteils fachfremd erteilt wird, stellen sich die Fragen, warum physikalische Themen im SU unterrepräsentiert sind und welche strukturellen und persönlichen Präferenzen den SU beeinflussen. Dieser Beitrag fokussiert die Ermittlung von Lehrertypen und entsprechender Merkmale, die einen physikalisch orientierten Sachunterricht unterstützen bzw. hemmen.

### Erhebungsmethode und Stichprobe

Diese Bestandsaufnahme der Ist-Situation im physikorientierten SU des Schuljahres 2006/07 sowie der Analyse der Durchführungsbedingungen und individuellen Faktoren der Lehrpersonen lehnt sich an die Konzeption von TeBiS (Möller, Tenberge & Ziemann, 1996) an (vgl. Peschel, 2008). Mittels Fragebogen wurden physikalische Inhalte der Ausbildung, Physikinteresse, Physikbezug eines persönlichen Hobbys, Kompetenz, Einbindung physikalischer Inhalte im Unterricht und Hinderungsgründe für die Implementierung als Selbstaussage erhoben. Ca. 4200 Fragebögen wurden an 695 Grundschulen in NRW versendet. Die Rücklaufquote betrug auf Schulebene 50%, bei Lehrpersonen etwa 30%. Die erhaltene Stichprobe umfasst 1210 Lehrpersonen aller Altersstufen an 347 Schulen in NRW. Dies entspricht einer repräsentativen Stichprobe auf Schulebene 10% der Population,  $n_Q=40418$  (Schulministerium NRW, 2008).

### Variablen und Auswertungsmethode

Zur Auswertung der vorliegenden Daten gingen wir zunächst theoriegeleitet vor und definierten drei Gruppierungen: physikaffine (P), nicht-physikaffine (N) und teilweise-physikaffine (T) Lehrpersonen. Kriterien waren das Unterrichten physikalischer Inhalte im laufenden und/oder vergangenen Schuljahr, die Nennung eines adäquaten Themas sowie die Detailliertheit der Beschreibung des Themas. Die Themenbeschreibung folgte einer Unterrichtsskizze mit der Anweisung „Beschreiben Sie den Ablauf eines unterrichteten Themas aus Jahrgangsstufe 1 bis 4 nach Teilthemen, Medien und Sozialform, Materialien, wichtigstes Lernziel (4 Einträge je Kategorie möglich)“. In die *P-Gruppe* wurde eingeordnet, wer im laufenden und/oder vergangenen Schuljahr mind. einmal physikalische Inhalte unterrichtete **und** im laufenden und/ oder vergangenen Schuljahr mind. ein Thema angab, das unterrichtet wurde **und** der Ausfüllgrad der Tabelle zur Themenbeschreibung 80%-100% betrug. Zur *N-Gruppe* gehörten diejenigen Lehrpersonen, die im laufenden und vergangenen Schuljahr **keine** physikalischen Inhalte unterrichteten **und** der Ausfüllgrad der Tabelle zur Themenbeschreibung < 20% war. Die *T-Gruppe* beschreibt alle übrigen Lehrpersonen, die z.B. physikalische Inhalte vergangenes Schuljahr unterrichteten, aber kein Thema angaben, oder deren Ablaufbeschreibung ungenügend detailliert war. Neben dieser multikriterialen

Aufteilung versuchten wir eine monokriteriale Zuordnung lediglich nach dem Ausfüllgrad der Tabelle zur Unterrichtsbeschreibung, unter derselben Zuordnung wie oben.

Zuletzt sollten exploratorische Gruppierungen nach Hinderungsgründen (z.B. Ich fühle mich nicht kompetent genug; Das Interesse der Kinder an physikalischen Themen ist gering) für einen physikalisch orientierten Sachunterricht per Clusteranalyse identifiziert werden und mit den a priori Gruppen verglichen werden. Die drei Verfahren sollten zudem Aufschluss über die Verteilung des Interesses der Lehrpersonen an Physik, deren Fortbildungswunsch für Physik und die schulische Materialausstattung zwischen den Gruppen geben.

### **Resultat Gesamtstichprobe: Ausbildung, Fortbildung, Interesse und Hobby**

Über die Gesamtstichprobe korreliert privates Interesse an Physik mit formalen Ausbildungsstufen signifikant (Physikunterricht in der Oberstufe  $r=.17$ ,  $p<.001$ , Physik als Grundkurs  $r=.10$ ,  $p<.001$ , Umfang physikalischer Inhalte im Studium  $r=.23$ ,  $p<.001$ , Umfang physikalischer Inhalte im Referendariat  $r=.18$ ,  $p<.001$ ). Ein Zusammenhang besteht zwischen privatem Interesse an Physik und ein Hobby mit physikalischem Bezug zu haben bzw. angeben zu können ( $r=.19$ ,  $p<.001$ ). Der Wunsch, eine physikalisch orientierte Fortbildung zu besuchen, korreliert mit privatem Interesse ( $r=.34$ ,  $p<.001$ ) und einem physikorientierten Hobby ( $r=.10$ ,  $p<.001$ ). Schwächer ist die Beziehung zu bisherigen Fortbildungen physikalischen Inhalts mit privatem Interesse ( $r=.17$ ,  $p<.001$ ) bzw. einem physikalischen Hobby ( $r=.05$ , n.s.).

### **Resultat NTP-Gruppierung: Fortbildung, Interesse, Hobby und Kompetenz**

Die NTP-Einteilung nach unterschiedlicher Kriterienzahl verursacht, dass in der „Multi-Variante“ 45% weniger N-Lehrpersonen bzw. 55% mehr T-Lehrpersonen als in der „Mono-Variante“ zugeordnet werden. Sowohl in der Multi als auch in der Mono Gruppierungsvariante zeigen sich geringe Abhängigkeiten mit den Variablen Geschlecht ( $r_{\text{multi}}=.08$ ,  $p<.001$ / $r_{\text{mono}}=.08$ ,  $p<.001$ ) und Alter ( $r_{\text{multi}}=.06$ , n.s./ $r_{\text{mono}}=.07$ , n.s.). Ein ähnliches Bild beschreiben die Korrelationen gegenüber physikalischen Inhalten in bisherigen Fortbildungen ( $r_{\text{multi}}=.08$ ,  $p<.001$ / $r_{\text{mono}}=.08$ ,  $p<.001$ ). Bisherige Fortbildungen mit physikalischem Inhalt korrelieren mit den Gruppen teils zwar signifikant, aber gering ( $r_{\text{multi}}=.13$ ,  $p<.001$ / $r_{\text{mono}}=.10$ , n.s.). Bei den gewünschten Fortbildungen ergeben sich etwas höhere und signifikante Zusammenhänge ( $r_{\text{multi}}=.14$ ,  $p<.05$ / $r_{\text{mono}}=.16$ ,  $p<.01$ ). Privates Interesse korreliert mit den Gruppen ( $r_{\text{multi}}=.17$ ,  $p<.001$ / $r_{\text{mono}}=.13$ ,  $p<.001$ ), Hobby mit Physikbezug ( $r_{\text{multi}}=.08$ ,  $p<.001$ / $r_{\text{mono}}=.06$ ,  $p<.001$ ) und die eigene Kompetenzeinschätzung ( $r_{\text{multi}}=.11$ ,  $p<.001$ / $r_{\text{mono}}=.09$ ,  $p<.001$ ). Bemerkenswert ist, dass bezüglich des privaten Interesses für beide Gruppierungskriterien 61% der P-Lehrpersonen gar nicht oder eher nicht und nur 8% sehr interessiert sind.

### **Resultat NTP-Gruppierung: Materialausstattung**

65% der Lehrpersonen geben an, dass die Ausstattung mit Material zum Thema Magnetismus vorhanden und in gutem Zustand ist. 64% bestätigen dies gegenüber dem Bereich Elektrizität und 50% für das Thema Wetter. Vorhanden, aber mangelhaft, ist Magnetismus bei 20% der Lehrpersonen, Elektrizität bei 19% und Wetter bei 23%. Dass solches Material nicht notwendig ist, geben 0% bis 2% der Lehrpersonen an. Die Materialausstattung wird unabhängig von der NTP-Gruppierung bewertet ( $r_{\text{multi}}=.08$ ,  $p<.01$ / $r_{\text{mono}}=.10$ ,  $p<.01$ ).

### **Clusterung**

Die Variablen zu Hinderungsgründen für physikorientierten Sachunterricht ordnen sich in einer Hauptkomponentenanalyse (Varimax-Rotation, Kaiserkriterium) zwei Faktoren zu. Faktor 1 (Abb. 1) beschreibt von der Lehrperson unabhängige, eher nicht beeinflussbare Hinderungsgründe, wie etwa „Kinder zu schwierig“ oder „Physik findet keine Anerkennung bei Eltern“ (ges. 5 Items, Varianzaufklärung 39%, Cronbach- $\alpha=.87$ ). Internal zugeschriebene

Gründe (Faktor 2, Abb. 1) sind bspw. „fühle mich nicht kompetent genug“ oder „Organisationsaufwand zu hoch“ (ges. 4 Items, Varianzaufklärung 19%, Cronbach- $\alpha$ =.50). Alle 9 Variablen wurden einer hierarchischen Clusteranalyse unterzogen. Als aufschlussreiche Lösung boten sich drei Cluster an, die durch das k-means-Verfahren optimiert wurden. Die drei Cluster unterscheiden sich nicht hinsichtlich des privaten Interesses und eines Hobbys mit Physikbezug, aber es lassen sich Gruppen anhand der Faktoren der Hinderungsgründe ausmachen. Es zeigen sich die Gruppen der *Selbstzweifler* (Cluster 3), die *Frustrierten* (Cluster 2) und eine *Risikogruppe* (Cluster 1) (Abb. 1). Die *Selbstzweifler* beziehen die Hinderung auf Aspekte, die sie eigenständig beeinflussen könnten (Organisationsaufwand, Kompetenz, Klassengröße, Materialausstattung). Die *Frustrierten* geben umgekehrt eher Gründe an wie Anerkennung von Elternseite gering, hohes Sicherheitsrisiko, Kinder zu schwierig, Interesse der Kinder zu gering. Die *Risikogruppe* sieht alle Aspekte als hinderlich an. In dieser Risikogruppe befinden sich, sowohl nach multikriterialer wie nach monokriterialer Gruppierung rund ein Drittel der P-Lehrpersonen!

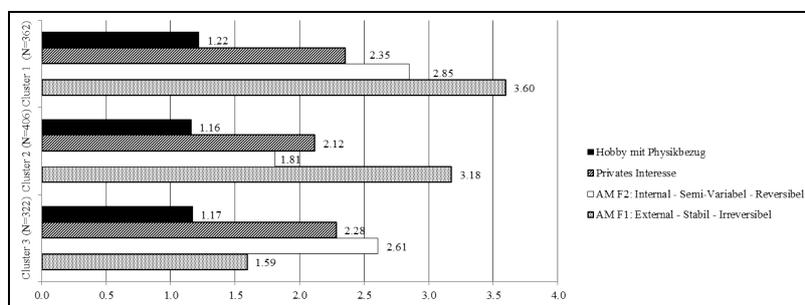


Abb. 1: Clusterbildung

## Diskussion

Die Qualität von Materialien scheint unabhängig von der Einbindung physikalischer Inhalte zu sein, privates Physikinteresse korreliert nicht mit Fortbildungsbesuchen gleichen Inhalts. Zudem zeichnet sich das Bild ab, dass eine „physikaffine“ Ausbildung kein Indiz für eine physikalische Ausrichtung des Sachunterrichts ist. Es lassen sich auch keine Gruppen finden, die wegen Eigeninteresses oder empfundener Kompetenz physikbezogene Inhalte im Sachunterricht durchführen. Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass man lediglich Gruppierungen findet, die sich durch Hemmnisse gegenüber physikorientierten Sachunterricht auszeichnen, eine entsprechende Gruppierung, die sich durch spezielle Merkmale und positiv zu einem physikalischen Sachunterricht auszeichnet, findet sich in diesen Daten hingegen nicht.

## Literatur

- Köster, Hilde (2001): Lehrgrenzen-Lernhürden? In: Nordmeier, Volker (Hrsg.): CD zur Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft Bremen.
- Landwehr, Brunhild (2002): Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik: eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen. Berlin: Logos-Verlag.
- Möller, Kornelia; Tenberge, Claudia; Ziemann, Uwe (1996): Technische Bildung im Sachunterricht. Eine quantitative Studie zur Ist-Situation an nordrhein-westfälischen Grundschulen. Münster: Selbstverlag.
- Peschel, Markus (2008): GOFEX – Grundschullabor für Offenes Experimentieren. Didaktik der Physik – Regensburg, Berlin: Lehmanns Media – LOB.de 2008.
- Schulministerium NRW. (2008). Das Schulwesen in Nordrhein-Westfalen aus quantitativer Sicht 2007/08. Statistische Übersicht 366. Düsseldorf: Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen.
- Ude, Sarah (2005): Einstellungen von Sachunterrichtsstudierenden zur Physik und weibliche Biographieerfahrungen. Hildesheim: Als Manuskript gedruckt.

Eva-Maria Pahl

### Vorstellungen von Lehrpersonen aus dem Sach- und Physikunterricht zum Thema Energie und dessen Vermittlung

#### Ausgangslage

Eine zentrale Aufgabe von Lehrpersonen des Sach- und Physikunterrichts besteht darin, Lernende zu befähigen, fachlich belastbare Vorstellungen zu entwickeln.

In der Abb. 1 ist eine ‚typische‘ Unterrichtssituation anschaulich dargestellt. Die Lehrerin erklärt ihren Schülerinnen und Schülern das Thema ‚Energie‘ anhand einer Zeichnung an der Tafel. Mithilfe einer physikalischen Erklärung beschreibt sie die Tafelzeichnung. Im gleichen Augenblick hat die Lehrerin eine konkrete fachphysikalische Vorstellung von ihrer Aussage. Im Gegensatz dazu entwickeln die Schülerinnen und Schüler ihre eigenen Energievorstellungen, wenn sie den Terminus ‚Energie‘ hören und die Abbildung an der Tafel sehen. Diese Vorstellungen kann die Lehrerin nur erahnen, weil sie nicht in die Köpfe der Schülerinnen und Schüler schauen kann.

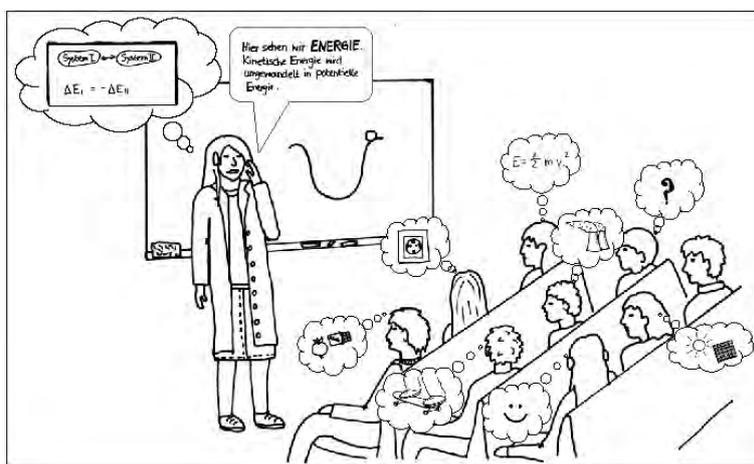


Abb. 1: Die ‚Energiesprache‘ von Lehrpersonen sowie Schülerinnen und Schülern

In der vorgestellten Dissertation wurde in Form eines halbstrukturierten Leitfadenterviews den folgenden Fragen nachgegangen: *Über welches Wissen zum Thema ‚Energie‘ verfügen Lehrpersonen der Grundschule und der Sekundarstufe I? Welche Vorstellungen zu diesem Thema erwarten sie aufseiten ihrer Schülerinnen und Schüler? Welche Ideen haben die Lehrpersonen mit Blick auf die Strukturierung von Unterricht zur Einbettung des Energiethemas in den Jahrgangsstufen 1-10?*

Vor diesem Hintergrund sind Sachunterrichts- und Physiklehrkräfte (Haupt-/Realschule und Gymnasium) in 19 Einzelinterviews befragt worden. Die Auswertung erfolgte nach den Prinzipien der Qualitativen Inhaltsanalyse und nutzt das Modell der Didaktischen Rekonstruktion für Schulpraxis und Lehrerbildung.

#### Darstellung der gewonnenen empirischen Erkenntnisse zu Lehrervorstellungen zum Thema ‚Energie‘ und dessen Vermittlung

Die *Lehrervorstellungen zum Thema Energie* können in der Analyse der Interviewstudie (Pahl, 2013a) in sechs Schlüsselkategorien verdichtet werden. Das breite

Vorstellungsspektrum der interviewten Sach- und Physiklehrpersonen mit Ankerbeispielen ist der Abb. 2 zu entnehmen.

Angesichts dieses Spektrums wird deutlich, dass in den Vorstellungen der Lehrpersonen vielfältige und unterschiedliche Begriffsbedeutungen vorkommen.

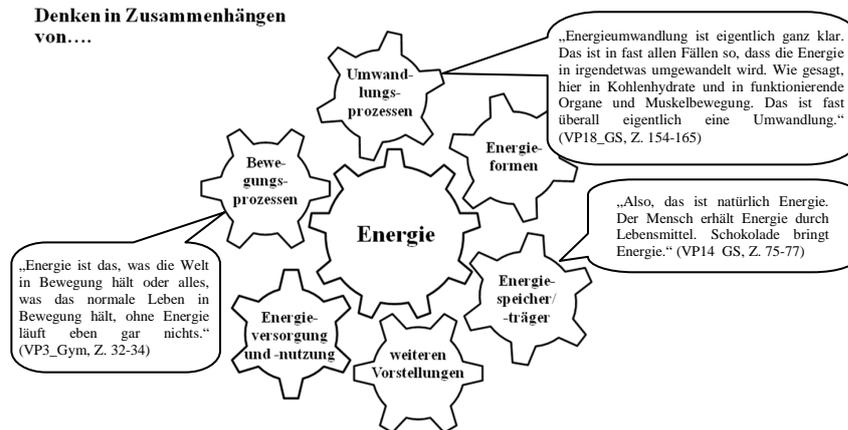


Abb. 2: Schlüsselkategorien – Lehrervorstellungen zum Energiethema

Die dahinterliegenden Grundideen wurden hinsichtlich historischer und physikalischer Aspekte sowie Berufsmotivationen und Ausbildungshintergründen interpretiert. Auffallend war, dass bei den Lehrervorstellungen vor allem phänomenologische Betrachtungsweisen und ein alltägliches Energieverständnis mit einfließen. So lassen sich die Energiebeschreibungen u. a. auf eine stoffliche Betrachtung zurückführen. Außerdem ist das Thema Nutzbarkeit für den Menschen bei der Ausrichtung der Beschreibung zentral. Aber auch abstrakte physikalische Betrachtungsweisen wurden identifiziert.

Die Analysen zu den *Lehrervorstellungen zu Schülervorstellungen zum Thema ‚Energie‘* ergeben neun Schlüsselkategorien, die in Abb. 3 zusammengetragen sind.

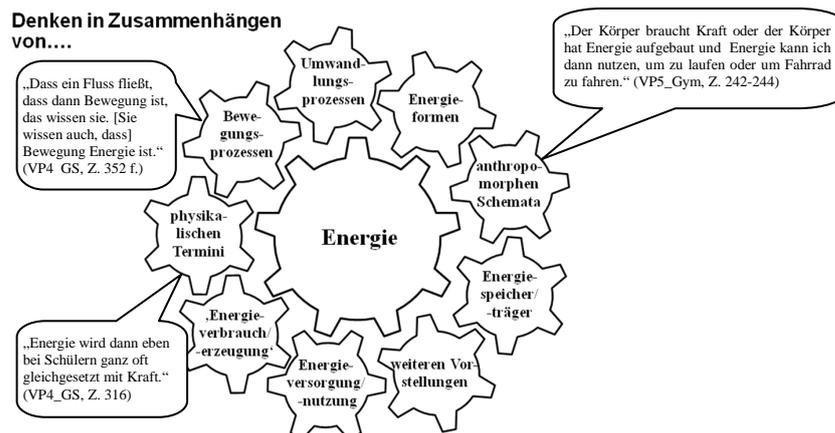


Abb. 3: Schlüsselkategorien – Lehrervorstellungen zu schülerseitigen Energievorstellungen

Die empirischen Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Lehrpersonen zahlreiche unterschiedliche schülerseitige Energievorstellungen beschreiben können. Der Vergleich mit

der Literatur wie u. a. Stead (1980), Duit (1986) und Black und Solomon (1983) lässt den Schluss zu, dass die interviewten Lehrpersonen in der Summe die bekannten Schülervorstellungen (teilweise intuitiv) erfasst haben (Pahl, 2013b).

Die von den Lehrpersonen beschriebenen *Handlungsdispositionen zum Umgang mit Schülervorstellungen* lassen sich in sieben Vorgehensschemata unterteilen, von denen drei exemplarisch genannt werden: *Experimentelle Veranschaulichung, Nennung von Fakten und Vergleichswerten sowie das Rechnen mit solchen Werten, Ausprägung und Erweiterung des Energiebegriffs durch Beispiele*. Auffallend ist, dass Lehrpersonen versuchen, den Schülerinnen und Schülern die Energiethematik mit zahlreichen Beispielen und Experimenten sowie durch Aufzählen von verschiedenen Energieformen nahezubringen. Dabei besteht bei den Interviewpartnerinnen und -partnern die Hoffnung, dass sich aus der Vielzahl der Beispiele ein allgemeines Konzept zum Thema ‚Energie‘ entwickelt. Aber ein physikalisches Energiekonzept ist kein intuitiv erfassbarer Begriff, der durch eine Ansammlung von phänomenologischen Geschehnissen und Begrifflichkeiten erschlossen werden kann, sondern eine abstrakte mathematische Berechnungsgröße, die es ermöglicht, Prozesse und Abläufe zu beschreiben.

Der Zeitpunkt, zu dem das Energiethema an Schülerinnen und Schüler herangetragen werden soll, wird individuell beantwortet, wobei sich zwei Typen von Lehrpersonen herauskristallisieren: die *Vermeider*, die u. a. aus Gründen mangelnder kognitiver Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler eine frühe Thematisierung von Energie vermeiden würden, und die *Anknüpfer*, die aufgrund der alltagsweltlichen Bedeutung und der aufkommenden Fragen Energie durchaus in der Grundschule behandeln (Pahl & Komorek, 2013).

### **Forderungen für die Lehrerbildung**

Die dargestellten Ergebnisse zu den Lehrervorstellungen geben Hinweise darüber, welche Elemente in einer Lehrerfortbildung für Sachunterrichts- und Physiklehrpersonen in Zukunft zu berücksichtigen sind: *Unterscheidung der ‚life-world‘ und ‚world of physics‘ Betrachtungsweise von Energie und Sensibilisierung zum bewussten Einhalten einer Konzeptualisierung von Energie, Abgrenzung der physikalischen Größen ‚Arbeit‘ und ‚Kraft‘ von Energie, Vermittlung von Strategien zur Identifizierung und Beschreibung von Systemen unter energetischen Gesichtspunkten, Überblick über mögliche Schülervorstellungen zum Thema ‚Energie‘ schaffen, Klären der dahinter liegenden Vorstellungsstrukturen und Abgleichen mit einem fachphysikalischen Energieverständnis*.

Hinsichtlich der Energiethematik sollte das Ziel einer Lehrerfortbildung sein, die Lehrpersonen zu professionalisieren und ihr inhaltlich orientiertes Denken zu bereichern und zu flexibilisieren.

### **Literatur**

- Black, P. & Solomon, J. (1983). Life world and science world: Pupil's ideas about energy. In G. Marx (Hrsg.), *Entropy in the school: Proceedings of the 6th Danube seminar on physics education* (S. 43-55). Budapest: Roland Eötvös Physical Society.
- Duit, R. (1986). *Der Energiebegriff im Physikunterricht*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Pahl, E.-M. (2013a). *Vorstellungen von Lehrpersonen aus dem Sach- und Physikunterricht zum Thema Energie und dessen Vermittlung*. Dissertation. Berlin: Logos Verlag.
- Pahl, E.-M. (2013b): *Kommunikativer Sach- und Physikunterricht: Die Energiethematik unter Berücksichtigung der Lehrerexpertise*. In: A. Becher et al. (Hrsg.); *Kommunikativer Sachunterricht. Facetten der Entwicklung*. Baltmannsweiler: Schneider, 134-144.
- Pahl, E.-M. & Komorek, M. (2013): "Energie" im Sach- und Physikunterricht - Vorstellungen von Lehrpersonen vom Konzept Energie und seiner Vermittlung im Unterricht. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.); *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme*. Münster: Waxmann, 233-251.
- Stead, B. (1980). *Energy. A working paper of the learning in science project*. Working paper no. 17. Hamilton: University of Waikato.

### **Schlüsselkompetenzen im naturwissenschaftlichen Labor definieren**

In der vorliegenden Forschungsarbeit werden Ziele und Wege österreichischer ChemielehrerInnen betreffend Laborpraxis untersucht.

Im Rahmen des IMST-Projekts wurden von österreichischen LehrerInnen Berichte über Laborpraxis verfasst. Jene Berichte, in denen Chemie- und NAWI-Laborumgebungen Thema waren, wurden mit inhaltsanalytischen Methoden (Mayring, 2008) untersucht. Es wurde unter anderem nach Zusammenhängen zwischen der Offenheit der Aufgaben und den Kompetenzen, die die LehrerInnen nach ihren Aussagen den SchülerInnen vermitteln wollen, gesucht. Die Kategorisierung der Offenheit der Aufgaben wurde bereits im letzten Jahr vorgestellt (Koliander & Lembens, 2012). In einem zweiten Schritt war es notwendig, die Formulierungen, mit welchen die LehrerInnen die angestrebten Ziele beschreiben, zu kategorisieren. Es erwies sich als fruchtbar, die im Rahmen des DeSeCo-Projekts (Rychen, Salganik & McLaughlin, 2003) fächerübergreifend definierten Kompetenzbereiche auf das Lernen im Labor anzuwenden, für Laborarbeit zu konkretisieren und als Grundlage einer deduktiven Kategorienbildung zu verwenden. In diesem Beitrag werden die Kompetenzbereiche vorgestellt, die sich aus den allgemeinen Kompetenzformulierungen speziell für Laborarbeit und Inquiry eignen, sowie Beispiele für die Zuordnungen aus den IMST-Berichten gegeben.

#### **Ablauf der Analyse und Suche nach einem Kategoriensystem**

Für die Ziele der LehrerInnen wurden aus den im IMST-WIKI (IMST, 2012) veröffentlichten IMST-Berichten über Laborpraxis (Fachbereich Chemie oder Naturwissenschaften mit Chemie) die Einleitung, das Kapitel über die Ziele und das Kapitel über die Evaluation mittels inhaltlicher Strukturierung analysiert. Analyseeinheit war ein Satz, Kontexteinheit das jeweilige Kapitel. Im ersten Durchlaufen der Analyse wurde deduktiv gearbeitet, es wurden aus der Literatur Kategorien für Ziele von Laborpraxis übernommen (Singer, Hilton & Schweingruber, 2006).

Da viele der in den Datenquellen aufgefundenen Ziele nicht in die vorgegebenen Kategorien einzuordnen waren, wurden induktiv weitere Kategorien ergänzt. Es zeigte sich, dass ChemielehrerInnen sich von Laborunterricht auf der SchülerInnenebene oft eine Steigerung von Kompetenzen erwarten, die im Bereich von sozialen und personalen Fähigkeiten liegen, wie die Übernahme von Verantwortung oder die Fähigkeit, selbstständig Arbeiten durchzuführen. Die Suche nach einem theoretischen Rahmen, der den aus den Datenquellen rekonstruierten Zielen angemessen war, führte zu einer Verwerfung der Ziele, die in der Literatur für Laborpraxis genannt werden, und zu dem im folgenden beschriebenen Kategoriensystem basierend auf Schlüsselkompetenzen. Dies sind Kompetenzen, von denen angenommen wird, dass sie im 21. Jahrhundert notwendig sind, um Menschen in einer sich rasch verändernden Umgebung eine erfolgreiche Gestaltung ihres Lebens zu ermöglichen. Schlüsselkompetenzen sind in vielen Bereichen notwendig und nicht einem Fach zuzuordnen, sie sind mehrdimensional (beinhalten Wissen, Fertigkeiten und Haltungen), sie befähigen zu einem Umgang mit komplexen Problemen und unvorhersehbaren Situationen (Rychen, Salganik & McLaughlin, 2003; Voogt & Roblin, 2012).

#### **Kategoriensystem für Schlüsselkompetenzen im Bereich Laborpraxis**

In der folgenden Tabelle sind die im DeSeCo-Projekt (OECD, 2005) definierten Kompetenzen in der ersten Spalte aufgezählt und kursiv gesetzt. Die zweite Spalte gibt Zuordnungen aus den Berichten wider.

Tab. 1: Im DeSeCo-Projekt definierte Kompetenzen mit Zuordnungen aus den Berichten

<b>Schlüsselkompetenzen</b>	<b>Aus den Berichten</b>
<b>Interagieren in heterogenen Gruppen</b>	
<i>Fähigkeit zur Zusammenarbeit</i>	Eigene Vorstellungen und Erklärungen einbringen, andere Ideen und Erklärungen anhören Gemeinsam den Ablauf von Experimenten planen
<i>Konfliktlösefähigkeit</i>	Naturwissenschaftliche Ideen im Diskurs gegeneinander abwägen, analysieren, neu umreißen, entscheiden
<b>Autonome Handlungsfähigkeit</b>	
<i>Realisieren von Lebensplänen und persönlichen Projekten</i>	Selbstständig arbeiten können Selbstständige Arbeit an längeren Projekten, mit selbstgewählten Themen und Fragestellungen Zeitmanagement Umgang mit Ressourcen verantwortungsvoll durchführen
<i>Handeln in größerem Kontext</i>	Wissen darüber, wie in den Naturwissenschaften Erkenntnisse gewonnen werden Handlungsfolgen abschätzen Handlungsentscheidungen treffen
<i>Wahrnehmung von Rechten und Interessen</i>	Suchen eines eigenen Themas Interessensentwicklung von Mädchen im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich
<b>Interaktive Anwendung von Medien und Mitteln</b>	
<i>Interaktive Anwendung von Sprache, Symbolen und Texten</i>	Anleitungen lesen und danach arbeiten können Protokolle verfassen Fachsprache richtig verwenden Diagramme lesen und erstellen Chemische Formeln und Gleichungen deuten können
<i>Interaktive Anwendung von Wissen und Information</i>	Fragen stellen Vermutungen aufstellen Internetrecherchen Beobachten, Daten erheben Bewertung der eingesetzten Methoden Abschätzung der Messfehler Ergebnisse interpretieren Modelle anwenden Vernetzen Schlüsse ziehen
<i>Interaktive Anwendung von Technologien</i>	Einsatz von Computer und Internet Einsatz von Materialien und Geräten Sicherheit im Umgang mit Chemikalien

Zwei Kategorien (interaktive Anwendung von Wissen und Information, interaktive Anwendung von Sprache, Symbolen und Texten) wurden auf die Nachvollziehbarkeit der Zuordnungen durch andere Kodierer überprüft. Es ergab sich eine Interraterreliabilität von 82 bzw. 95 %.

Im Bereich der autonomen Handlungsfähigkeit zeigten sich große Unterschiede im Ausmaß der Ansprüche und Erwartungen der LehrerInnen. Zwei Fälle sollen hier dargestellt werden, damit sichtbar wird, wie unterschiedlich zwei der gleichen Kategorie (Autonome

Handlungsfähigkeit, Realisieren von Lebensplänen und persönlichen Projekten) zugeordnete Zitate in ihrer Abstufung sind, wenn der gesamte Bericht als Kontexteinheit genommen wird:

Fall 1: Zitat aus dem Bericht A: „*Dabei schlüpfen die Schüler/innen in die Rolle von Forscher/innen und sind somit für ihre Ergebnisse selbst verantwortlich.*“

Die Laborpraxis in diesem Projekt wurde so gestaltet, dass jeweils zwei SchülerInnen in einem Nebenraum parallel zum Chemieunterricht mit einem Experimentierkoffer nach genau vorgegebenen Anleitungen selbstständig arbeiten konnten. Die SchülerInnen sollten lernen, genau eine Anleitung zu lesen und ohne Hilfe der Lehrkraft nach dieser zu arbeiten.

Fall 2: Zitat aus dem Bericht B: „*Ziele sind Eigenverantwortung, Selbsttätigkeit und Sicherheit im Umgang mit Problemstellungen.*“

Die Laborpraxis in diesem Projekt wurde so gestaltet, dass die SchülerInnen mehrere Wochen an einer selbstgewählten Fragestellung experimentell und theoretisch arbeiten konnten. Die SchülerInnen sollten lernen, eine Frage zu finden und selbstständig Materialien für die naturwissenschaftlichen Untersuchungen auszuwählen.

Es wird voraussichtlich möglich sein, die Kategorie der autonomen Handlungsfähigkeit zu skalieren.

### **Zusammenfassung**

Die im DeSeCo-Projekt definierten Schlüsselkompetenzen eignen sich für die Kategorisierung der Ziele von Laborpraxis auf SchülerInnenebene.

Die aus dem IMST-Berichten rekonstruierten Ziele der LehrerInnen für Laborpraxis können allen drei Hauptkategorien und acht von neun Unterkategorien zugeordnet werden.

Ein detaillierter Blick auf die autonome Handlungsfähigkeit mit dem Ziel einer Skalierung dieses Bereiches ist noch notwendig.

### **Literatur**

- IMST. (2012). IMST-WIKI. Online unter: <http://imst3plus.aau.at/imst-wiki/index.php/Hauptseite> [13. Dezember 2012]
- Koliander, B., & Lembens, A. (2012). Lohnt sich der Aufwand? Inquiry und Erwartungen der LehrerInnen. In Bernholt (Hg.) Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012, Bd 33, 368-370.
- Mayring, P. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse, Grundlagen und Techniken (10 ed.). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Organisation For Economic Co-Operation And Development [OECD] (2005) The definition and selection of key competencies [Executive Summary]. Online unter: <http://www.oecd.org/dataoecd/47/61/35070367.pdf> [13. Oktober 2013].
- Rychen, D. S., Salganik, L. H., & McLaughlin, M. E. (2003). Contributions to the Second DeSeCo Symposium. Paper presented at the Second DeSeCo Symposium, Geneva.
- Singer, S., R., Hilton, M., L., & Schweingruber, H., A. (2006). America's Lab Report. Investigations in High School Science. Washington: The National Academic Press.
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012): A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299-321.

## **Zur Domänenspezifität von Kompetenzeinschätzungen: Chemiebezogene Competence Beliefs**

### **Einleitung**

Bei der Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenzen spielen neben performanzbasierten Konstrukten auch persönlichkeitsbezogene Kovariaten eine entscheidende Rolle. Brunner et al. (2009) sowie Marsh (1990) konnten beispielsweise zeigen, dass das allgemeine akademische Selbstkonzept der Schüler/innen sowie domänenspezifische Komponenten wichtige Prädiktoren schulischer Kompetenzen darstellen. Marsh, Walker und Debus (1991) wiesen zusätzlich die enorme Bedeutung spezifischer Kompetenzeinschätzungen im Sinne einer fachgebundenen Selbstwirksamkeitserwartung nach. Bisherige Studien fokussierten jedoch nicht auf chemiebezogene *Competence Beliefs*, die einen direkten Bezug zu den Nationalen Bildungsstandards herstellen und somit eine Einschätzung hinsichtlich der realen Forderungen des Chemieunterrichts erlauben.

Die vorliegende Studie verfolgt vor diesem Hintergrund folgende Ziele:

1. Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung chemiespezifischer Kompetenzeinschätzungen von Schüler/innen auf Basis der Bildungsstandards
2. Analyse der Struktur der Competence Beliefs
3. Beschreibung der Domänenspezifität der Competence Beliefs

### **Theoretischer Rahmen**

#### *Akademisches und fachspezifisches Selbstkonzept*

Schulisches Selbstkonzept bezieht sich stets auf individuelle Wahrnehmungen von Schüler/innen hinsichtlich ihrer schulischen Leistungen und wird durch Erfahrungen und Interaktionen mit der schulischen Umwelt ausgebildet (Marsh, Walker, & Debus, 1991). Marsh (1990) zeigte, dass das Konstrukt als mehrdimensional anzusehen ist, da Kompetenzeinschätzungen in den Schulfächern verschieden ausgeprägt sein können. Diesen Befund konnten Brunner et al. (2009) mit einem genesteten Modell replizieren und argumentierten, dass neben allgemeinen akademischen auch fachbezogene Komponenten des Konstrukts eine entscheidende Rolle spielen. Zudem zeigten sie auf, wie hierarchische Strukturen des Selbstkonzepts auch in den Naturwissenschaften vorliegen.

#### *Fachspezifische Selbstwirksamkeitserwartung*

Neben den *globalen* Kompetenzeinschätzungen der Schüler/innen (Selbstkonzepte) zeigen auch *spezifische* Competence Beliefs einen deutlichen Effekt auf die schulischen Leistungen (Marsh, Walker, & Debus, 1991). Für das Fach Mathematik ist es Ferla, Valcke und Cai (2009) gelungen anhand konkreter Operationalisierungen mathematischer Kompetenzen, spezifische Einschätzungen der Schüler/innen zu erhalten. Diese wiesen deutliche Zusammenhänge mit den Leistungen im Fach Mathematik, aber auch mit dem mathematischen Selbstkonzept auf. Es wurde hierbei aufgezeigt, dass globale und spezifische Competence Beliefs als empirisch voneinander trennbare Konstrukte betrachtet werden können. Über das Zusammenspiel der verschiedenen Facetten der Kompetenzeinschätzungen und insbesondere über die Domänenspezifität ist in naturwissenschaftlichen Fächern bislang wenig bekannt (Scherer, 2013). Dennoch gibt es erste Hinweise darauf, dass eine genestete, aber korrelierte Struktur vorliegt (Brunner et al., 2009; Marsh, Walker, & Debus, 1991).

## Methoden

### *Stichprobe*

An der Studie nahmen 459 Schüler/innen der Jahrgangsstufen 10 bis 13 an fünf Berliner und Brandenburgischen Gymnasien und Gesamtschulen teil. In diesem Sample befanden sich 53,4% Mädchen und 21,5% Schüler/innen nichtdeutscher Herkunftssprache. Das Durchschnittsalter betrug 16,6 Jahre ( $SD=1,2$  Jahre,  $Min=14$ ,  $Max=21$ ).

### *Testinstrumente*

Vor dem Hintergrund der aufgestellten Forschungsfragen wurden Testinstrumente zur Erfassung des akademischen und chemiebezogenen Selbstkonzepts sowie der Selbstwirksamkeitserwartung eingesetzt. Die beiden Selbstkonzept-Komponenten wurden mit Hilfe von teildaptierten Skalen aus der PISA 2006 Studie erhoben (ACASC, SCSCIE; OECD, 2009). Diese wiesen gute interne Konsistenzen auf und wurden in nachfolgenden Analysen als latente Konstrukte modelliert (ACASC:  $\alpha=.84$ ; SCSCIE:  $\alpha=.90$ ).

Im Rahmen der Studie wurde ein Test entwickelt, der spezifische Einschätzungen der Schüler/innen hinsichtlich der vier Kompetenzbereiche der Nationalen Bildungsstandards erfasst. Der neu entwickelte Test umfasste 19 Items, die in Form von Kompetenzbeschreibungen administriert wurden und auf einer vierstufigen Likert-Skala evaluiert wurden (Scherer, 2013). Diese Skala der chemiebezogenen Selbstwirksamkeitserwartung zeigte eine gute interne Konsistenz von  $\alpha=.90$  mit Trennschärfen zwischen .36 und .67.

### *Statistische Analysen*

Strukturelle Analysen zu den Zusammenhängen der Komponenten der Competence Beliefs sowie Analysen der Domänenspezifität anhand von genesteten Modellen wurden mit CFA- und MTMM-Modellen in *Mplus 6* spezifiziert (Brunner et al., 2009; Eid, 2000). Auf Basis der Modellschätzungen mit Hilfe des MLR-Estimators wurden die Modelle anhand üblicher Fitstatistiken evaluiert (Hu & Bentler, 1999;  $\chi^2/df < 3$ ; CFI  $> .90$ , RMSEA  $< .08$ , SRMR  $< .10$ ) und ineinander geschachtelte Modelle mit einem Satorra-Bentler (SB) korrigiertem  $\chi^2$ -Differenzentest verglichen.

## Ergebnisse

### *Struktur der Competence Beliefs*

In einer Reihe von Strukturmodellen zeigte sich, dass ein Modell mit drei Faktoren der Kompetenzeinschätzungen (Akademisches Selbstkonzept, Chemisches Selbstkonzept, Chemische Selbstwirksamkeitserwartung) sowie einem Faktor zweiter Ordnung die Daten am besten repräsentierte (SB- $\chi^2(366, N=459)=811.1$ ,  $p < .001$ , CFI=.92, RMSEA=.05, SRMR=.05). In diesem Modell zeigten sich mittlere Korrelationen zwischen dem akademischen Selbstkonzept und weiteren Facetten ( $r=.40-.42$ ) sowie eine hohe Korrelation zwischen den beiden chemiebezogenen Komponenten der Competence Beliefs ( $r=.82$ ).

### *Analyse der Domänenspezifität*

Die MTMM-Analyse zeigte eine gute Modellanpassung des genesteten Modells aus Abb. 1. In diesem Modell wurde der Zusammenhang zwischen den beiden chemiebezogenen Komponenten um einen generellen Faktor der Competence Beliefs kontrolliert. Selbst nach Kontrolle der gemeinsamen Varianz bestand ein hoher Zusammenhang ( $r=.78$ ), der die Existenz einer weiteren, gemeinsamen Facette indizierte. In gleicher Weise wurde der Zusammenhang zwischen den beiden Selbstkonzept-Komponenten untersucht. Es zeigte sich eine nicht signifikante Korrelation zwischen beiden Konstrukten ( $r=.11$  ns; Details: siehe Scherer, 2013).

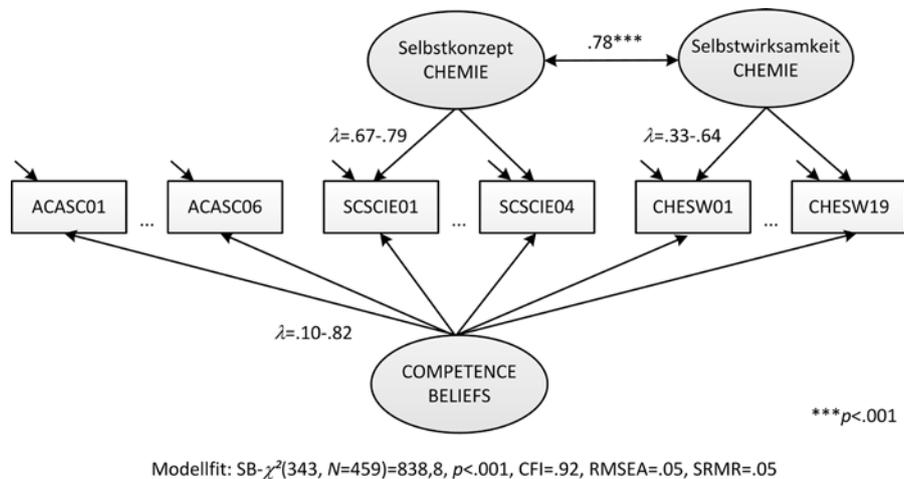


Abb. 1. Genestete Struktur der chemiebezogenen Kompetenzeinschätzungen.

### Diskussion

In dieser Studie ist es gelungen, einen Test zu entwickeln, der spezifische Einschätzungen der Schüler/innen hinsichtlich der vier Kompetenzbereiche im Fach Chemie erfasst. Neben der guten Reliabilität der resultierenden Skala zeigten sich auch substantielle Zusammenhänge mit den weiteren Komponenten der Competence Beliefs, die für interne Validität sprechen. In diesem Kontext gab es selbst nach Kontrolle eines Generalfaktors eine hohe Korrelation zwischen den chemiebezogenen Komponenten, die als ein Hinweis auf Domänenspezifität gedeutet werden kann (Brunner et al., 2009). Insbesondere erwiesen sich das akademische und chemiebezogene Selbstkonzept als empirisch trennbare Konstrukte, wie Marsh (1990) für andere Domänen zeigen konnte.

Des Weiteren wurde der Zusammenhang zwischen Selbstkonzept und Selbstwirksamkeitserwartung für das Fach Chemie beschrieben. Dieser zeigte hohe Werte und deutet erwartungsgemäß darauf hin, dass allgemeine und spezifische Competence Beliefs interagieren (Ferla, Valcke, & Cai, 2009).

Vor dem Hintergrund der Bedeutung der Competence Beliefs im schulischen Kontext stellt sich in nachfolgenden Analysen die Frage nach den Effekten auf die Leistungen der Schüler/innen (Scherer, 2013). Zudem ist bislang noch ungeklärt, inwieweit sich die vorgeschlagenen Strukturen der Competence Beliefs auch auf andere naturwissenschaftliche Fächer übertragen lassen (Marsh, Walker, & Debus, 1991).

### Literatur

- Brunner, M., Keller, U., Hornung, C., Reichert, M., & Martin, R. (2009). The cross-cultural generalizability of a new structural model of academic self-concepts. *Learning and Individual Differences*, 19, 387-403.
- Eid, M. (2000). A multitrait-multimethod model with minimal assumptions. *Psychometrika*, 65, 241-256.
- Ferla, J., Valcke, M., & Cai, Y. (2009). Academic self-efficacy and academic self-concept: Reconsidering structural relationships. *Learning and Individual Differences*, 19, 499-505.
- Hu, L.-T., & Bentler, P. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6, 1-55.
- Marsh, H. W. (1990). The structure of academic self-concept: The Marsh/Shavelson model. *Journal of Educational Psychology*, 82, 623-636.
- Marsh, H. W., Walker, R., & Debus, R. (1991). Subject-specific components of academic self-concept and self-efficacy. *Contemporary Educational Psychology*, 16, 331-345.
- OECD (2009). PISA 2006 Technical Report. Paris: OECD Publications.
- Scherer, R. (2013, accepted). Further evidence on the structural relationship between academic self-concept and self-efficacy: On the effects of domain specificity. *Learning and Individual Differences*.

## **Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen**

### **Einleitung**

Das Konzept der individuellen Förderung ist nicht zuletzt durch die Einforderung in den deutschen Schulgesetzen (z. B. in NRW im Jahre 2005) Mittelpunkt aktueller Diskussionen. Für die Lehrkräfte bedeutet dies insbesondere, der Diversität der Bedürfnisse der Lernenden gerecht zu werden. Die Implementierung individueller Förderung gestaltet sich allerdings als problematisch: Derzeit sind sowohl Materialien für die Diagnostik als auch für individuelle Fördermaßnahmen, insbesondere für den Chemieunterricht, kaum vorhanden. Zusätzlich mangelt es an Forschung zur Effektivität dieser Methoden.

### **Theoretischer Hintergrund**

Für die hier vorgestellte Studie wird folgende Definition in Anlehnung an Trautmann und Wischer (2008) verwendet: Individuelle Förderung bedeutet, dass differenzierende Lernarrangements eingerichtet werden, die es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, individuelle Lernwege zu beschreiten. Unabdingbar ist dabei die direkte Passung zu dem Vorwissen und den Bedürfnissen der Lernenden. Individuelle Förderung ist folglich stets eine Kombination aus vorgeschalteter Diagnostik und darauf aufbauenden Fördermaßnahmen. Bisher konnte die Effektivität von Methoden zur individuellen Förderung nicht allgemein gezeigt werden (vgl. Blaes, Anus, Kallweit, Naeve & Melle, 2012). Eine Verknüpfung des Konzepts der individuellen Förderung mit der Theorie des selbstregulierten Lernens scheint ein Ansatz zu sein, die Implementierung in den Schulalltag zu erleichtern und eine Balancierung des Arbeitsaufwandes auf Seiten der Lehrenden und Lernenden zu ermöglichen. Nach Zimmerman (2002) wird selbstreguliertes Lernen als ein zyklischer Prozess verstanden, in welchem die Schülerinnen und Schüler den Lernprozess eigenständig planen, beobachten und reflektieren. Die Fokussierung auf die Selbstverantwortlichkeit der Lernenden verhilft den Lehrpersonen zu mehr nutzbaren Freiräumen während des Unterrichts. Darüber hinaus verdeutlichen Forschungsergebnisse die Bedeutung dieses Konzepts für den Lernerfolg: Selbstreguliertes Lernen kann zu einem größeren Lernerfolg führen (z. B. Zimmerman & Martinez-Pons, 1986), gleichzeitig hat auch die Genauigkeit der Selbsteinschätzung einen Einfluss auf die Leistung (Chen, 2003). In diesem Projekt werden die beiden theoretischen Ansätze miteinander verknüpft. Dies geschieht durch die Arbeit mit einem Selbsteinschätzungsbogen im Rahmen einer Fördereinheit. Mit Hilfe des Bogens wird es den Schülerinnen und Schülern ermöglicht, den eigenen Lernprozess zu planen und zu beobachten.

### **Forschungshypothesen**

Aufgrund der Ergebnisse der Pilotierung (Kallweit & Melle, 2013) und des theoretischen Hintergrunds wurden folgende Hypothesen formuliert:

Der Einsatz des Selbsteinschätzungsbogens im Rahmen einer Fördereinheit führt im Vergleich zu einer bezüglichen Lernzeit und Inhalten identischer Übungsphase zu

- einem höheren Fachwissenszuwachs.
- einem nachhaltig höheren Fachwissenszuwachs.
- einer positiveren Einstellung der Lernenden bezüglich der Einheit.

Des Weiteren wird untersucht, ob das akademische Selbstkonzept bzw. die Selbsteinschätzungsgenauigkeit einen Einfluss auf den Lernzuwachs haben.

### Materialien

Für die Studie wurde eine 90-minütige Fördereinheit für 7. Klassen an Gymnasien zum Basiskonzept Chemische Reaktion entwickelt. Aus den Inhaltsfeldern des Kernlehrplans NRW für die Sekundarstufe I wurden neun konzeptbezogene Kompetenzen ausgewählt, die im Rahmen der Fördereinheit thematisiert werden. Diese sind tabellarisch auf dem Selbsteinschätzungsbogen aufgelistet. Die Schülerinnen und Schüler schätzen ihre individuellen Fähigkeiten auf einer vierstufigen Likert-Skala für jede einzelne Kompetenz ein. Des Weiteren findet durch den Aufbau des Bogens eine direkte Verknüpfung zu den Lernmaterialien statt. Die Arbeitsmaterialien bestehen aus Erklärungstexten, Aufgaben und besonders anspruchsvollen Aufgaben. Mit welchen Materialien die Lernenden arbeiten und zu welchem Zeitpunkt sie dies tun, ist freigestellt. Hilfestellungen erfahren sie durch Hilfefkarten, die für jede Aufgabe bereit stehen, selbstverantwortliches Feedback erhalten die Schülerinnen und Schüler durch bereitgestellte Musterlösungen.

### Testinstrumente

Zur Erfassung des *Fachwissens* zum Basiskonzept Chemische Reaktion wurde ein Multiple-Choice-Test mit 35 Items entwickelt. Cronbachs Alpha beträgt .85. Für den mehrmaligen Einsatz wurde jeweils die Itemreihenfolge verändert. Die *Einstellung* bezüglich der Fördereinheit wurde mit einem Fragebogen erhoben, bei welchem die Lernenden für 17 Items eine Einschätzung auf einer fünfstufigen Likert-Skala vornehmen. Der Fragebogen gliedert sich in drei Subskalen auf, die Items zur Motivation, zur Herausforderung und zur Unterrichtsmethode beinhalten. Cronbachs Alpha beträgt .89. Um zwei vergleichbare Gruppen generieren zu können, wurden die *kognitiven Fähigkeiten* mit dem Culture-Fair-Test 20 nach Weiß (1998) erhoben. Des Weiteren wurden die Skalen zur Erfassung des *schulischen Selbstkonzepts* (Schöne, Dickhäuser, Spinath & Stiensmeier-Pelster, 2002) und die Skalen bezüglich der Fächer Mathematik und Physik aus dem Differentiellen Schulischen Selbstkonzept-Gitter (Rost, Sparfeldt & Schilling, 2007) eingesetzt.

### Hauptuntersuchung

#### *Untersuchungsdesign*

Zur Überprüfung der Forschungshypothesen wurde ein Kontrollgruppendesign mit Pre-, Post- und Follow-up Messzeitpunkten gewählt. Eine Woche vor der Fördereinheit wurden der Pre-Fachwissenstest zur Erfassung des Vorwissens durchgeführt sowie die kognitiven Fähigkeiten und das akademische Selbstkonzept erhoben. Auf Grundlage des Vorwissens und der kognitiven Fähigkeiten wurden nach dem *matched-pairs-Prinzip* zwei vergleichbare Gruppen generiert. Beide Gruppen arbeiteten zur gleichen Zeit, mit den gleichen Materialien, allerdings räumlich voneinander getrennt in der Fördereinheit. Die Kontrollgruppe arbeitete mit dem Lernmaterial und einer Übersicht, die die Struktur der Aufgabenblätter enthielt, wohingegen die Selbsteinschätzungsgruppe mit dem Bogen und den Materialien lernte. Zu Beginn der Einheit erhielten beide Gruppen eine zehnminütige Instruktion in die Materialien, anschließend übten die Lernenden 80 Minuten lang selbstständig. Eine Woche nach der Einheit wurde der Post-Fachwissenstest und der Einstellungsfragebogen eingesetzt sowie das differentielle akademische Selbstkonzept erfasst. Zur Erhebung eines nachhaltigen Effekts wurde der Follow-up-Fachwissenstest vier Wochen nach der Einheit durchgeführt.

#### *Stichprobe*

An der Hauptuntersuchung nahmen neun 7. Klassen dreier Gymnasien aus Nordrhein-Westfalen teil ( $N = 234$ ). Für die Auswertung wurden die Daten derjenigen Schülerinnen und Schüler einbezogen, die sowohl an der Intervention als auch an Pre- und Post-Test

teilnahmen. Diese Anforderungen erfüllten 218 Schülerinnen und Schülern. Für die Auswertung der Follow-up-Testergebnisse reduziert sich die Stichprobe weiter auf 207 Lernende.

#### *Auswertung*

Durch die Arbeit mit den Materialien im Rahmen der Fördereinheit erzielen alle Lernenden einen unmittelbaren Lernerfolg ( $t_{\text{Pre-Post}}(217) = 13.92, p < .001, d = 0.69$ ). Zur Überprüfung der ersten Forschungshypothese wird eine Analyse der Residuen durchgeführt. Anhand des Ergebnisses des Signifikanztests ist erkennbar, dass die Lernenden, die mit dem Selbsteinschätzungsbogen arbeiteten, direkt nach der Fördereinheit einen höheren Lernerfolg erzielen als diejenigen, die ohne den Bogen arbeiteten ( $t_{\text{Residuen,Pre-Post}}(216) = 2.53, p = .012, d = 0.35$ ). Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich auch bei der Betrachtung der Follow-up-Tests. Hier erzielt ebenfalls die Selbsteinschätzungsgruppe signifikant bessere Werte ( $t_{\text{Pre-Follow-up}}(205) = 2.14, p = .033, d = 0.29$ ). Auch bei dem Einstellungsfragebogen bewertet die Selbsteinschätzungsgruppe die Fördereinheit positiver ( $t_{\text{Einstellung}}(214) = 3.13, p = .002, d = 0.50$ ). Dieses Ergebnis lässt sich auch für die Subskalen des Einstellungsfragebogens nachweisen. Es treten keine Interaktionseffekte der Gruppen mit dem Geschlecht oder den kognitiven Fähigkeiten auf.

#### *Zusammenfassung und Ausblick*

Die Ergebnisse der Hauptuntersuchung bestätigen die Forschungshypothesen: Durch die Arbeit mit dem Selbsteinschätzungsbogen werden höhere Lernerfolge erzielt als in einer vergleichbaren Übungsphase ohne Selbsteinschätzungsbogen. Es konnte außerdem gezeigt werden, dass dieser Unterschied langfristig erhalten bleibt. Dabei treten jeweils nur schwache Effektstärken auf, was jedoch aufgrund der kurzen Interventionsdauer (90 Minuten) und der großen Ähnlichkeit der beiden Gruppen zu erwarten war. Zur tieferen Auswertung und Aufklärung, weshalb die Selbsteinschätzungsgruppe erfolgreicher arbeitete, werden Videoaufnahmen von 72 Schülerinnen und Schülern sowie die eingescannten Arbeitsmaterialien aller Lernenden analysiert. Darüber hinaus sollen die Auswertung der Selbstkonzepttests und die Analyse des Zusammenhangs zwischen Lernerfolg und Einschätzungsgenauigkeit weitere Informationen liefern.

#### **Literatur**

- Blaes, C., Anus, S., Kallweit, I., Naeve, S., & Melle, I. (2012). Individuelle Förderung im Chemieunterricht. MNU. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 65(5), 293-300.
- Chen, P. P. (2003). Exploring the accuracy and predictability of the self-efficacy beliefs of seventh-grade mathematics students. Learning and Individual Differences, 14, 79-92.
- Kallweit, I., & Melle, I. (2013). Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht. Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen. In S. Bernholt (Ed.), Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: IPN, 581-583.
- Rost, D. H., Sparfeldt, J. R., & Schilling, S. R. (2007). DISK-Gitter mit SKSLF-8. Differentielles Schulisches Selbstkonzept-Gitter mit Skala zur Erfassung des Selbstkonzepts schulischer Leistungen und Fähigkeiten. Göttingen: Hogrefe.
- Schöne, C., Dickhäuser, O., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). SESSKO. Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts. Göttingen: Hogrefe.
- Trautmann, M., & Wischer, B. (2008). Das Konzept der Inneren Differenzierung – eine vergleichende Analyse der Diskussion der 1970er Jahre mit dem aktuellen Heterogenitätsdiskurs. In M. A. Meyer, M. Prenzel & S. Hellekamps (Eds.), Zeitschrift für Erziehungswissenschaft: Sonderheft 9. Perspektiven der Didaktik. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 159-172.
- Weiß, R. H. (1998). Grundintelligenztest Skala 1 (CFT 20). Göttingen: Hogrefe.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. Theory into Practice, 41(2), 64-70.

## **Webbasierte individuelle Förderung im Chemieunterricht**

### **Ziel der Studie**

Seit einigen Jahren wird von bildungspolitischer Seite gefordert, dass individuelle Förderung zum dringenden Thema der Bildungsforschung, zum unverzichtbaren Teil der Lehreraus- und -fortbildung sowie zum festen Bestandteil des Unterrichts werden soll.

Anders als es die politische Forderung vermuten lässt, ist individuelle Förderung nach Aussagen zahlreicher Lehrkräfte weder bis heute in den Schulalltag integriert worden noch halten diese es für möglich, dass sich in den nächsten Jahren eine Veränderung einstellt (vgl. Stenzel, 2012). Zwei Hauptgründe dafür, dass diese Förderung noch kaum in den Fachunterricht integriert wurde, scheinen der Mangel an evaluiertem Unterrichtsmaterial zu sein sowie die Befürchtung der Lehrkräfte, dass eine solche Förderung viel Zeit in Anspruch nehmen würde (vgl. Solzbacher, 2008).

Auch in bildungswissenschaftlichen Studien konnten weder die Vor- noch die Nachteile einer individuellen Förderung eindeutig bestimmt werden. Allerdings können einige Fördermethoden, deren positiver Effekt bereits in verschiedenen Interventionsstudien bewiesen werden konnte, als Möglichkeit zu einer solchen eingesetzt werden.

Um genauere Erkenntnisse zu erhalten, wurde für diese Studie eine Methode der individuellen Förderung im Fach Chemie entwickelt.

### **Beschreibung des entwickelten Webprogramms**

Nach Buholzer (2003) sollte jede Förderung zyklisch und in drei nacheinander folgenden Schritten durchgeführt werden. Demnach muss in jedem Zyklus zuerst eine Standortbestimmung, anschließend eine Förderung und schließlich eine Evaluation mit jeder Schülerin/ jedem Schüler durchgeführt werden. Ein gesondertes Verfahren für die Standortbestimmung muss dabei nur im ersten Durchlauf eingeführt werden. Danach kann die Evaluation des vorherigen Zyklus mit der Standortbestimmung des kommenden Zyklus gemeinsam durchgeführt werden. Dieses Verfahren sollte auch zur individuellen Förderung der Schülerinnen und Schüler angewendet werden, erfordert aber durch die sich wiederholenden Standortbestimmungen und Evaluationen einen erheblichen Zeitaufwand, den Lehrkräfte als Problem ansehen. Um diesen so gering wie möglich zu halten, ohne auf die beiden Teile zu verzichten, wurde ein Webprogramm entwickelt, das diese beiden Teile selbstständig auswertet und eine individuelle Förderung passend zum Unterrichtsstoff anbietet.

Eine Standortbestimmung der Schülerinnen und Schüler dient vor allem dazu, den Kenntnisstand, den Leistungsfortschritt sowie Leistungsprobleme der einzelnen Schülerinnen und Schüler festzustellen. Für das entwickelte Webprogramm bedeutet dies, dass im ersten Zyklus der Fokus auf einer Lernausgangs- und anschließend auf einer Lernprozessdiagnostik liegt. Die Lernausgangsdagnostik wird durch einen Multiple-Choice-Test realisiert, der von den Schülerinnen und Schülern als Hausaufgabe bearbeitet und anschließend automatisch vom Computer ausgewertet wird. Die anschließenden Standortbestimmungen werden jeweils gemeinsam mit den Evaluationen durchgeführt.

Auch die individuelle Förderung, die nach Buholzer auf jede Standortbestimmung folgt, wird vom Webprogramm gestützt. Dazu wurden in dieses offene Lernaufgaben (individualisierte Aufgaben) eingepflegt. Diese können den Schülerinnen und Schülern jeweils passend zum Unterrichtsinhalt durch die Lehrkräfte freigeschaltet werden. Um individuell zu fördern, wurden zu allen Themen drei Aufgaben unterschiedlicher

Schwierigkeit entwickelt, denen zusätzlich verschiedene Hilfestellungen zugeschaltet werden können. Sowohl von Aufgaben unterschiedlicher Schwierigkeitsniveaus (vgl. Schabram, 2007) als auch von denen mit Hilfestellungen (vgl. Hänze, Stäudel & Wodzinski, 2006) ist bekannt, dass sich diese positiv auf den Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler auswirken. Die Hilfestellungen und das Schwierigkeitsniveau der Aufgaben werden nach einem Durchgang des Förderzyklus jeweils adaptiv an die Leistungen der Schülerinnen und Schüler angepasst.

Die Evaluation und somit der letzte Schritt des Förderzyklus geschieht automatisch durch das Webprogramm. Dazu wertet dieses die gegebenen Antworten der Schülerinnen und Schüler aus. Die Ergebnisse werden in einem Rückmeldebogen, dem entnommen werden kann, wie die Einzelnen in verschiedenen inhaltlichen Teilbereichen abgeschnitten haben, dargestellt. Die Teilbereiche entsprechen denen des Kernlehrplans NRWs. Die Rückmeldebögen werden sowohl der Lehrkraft als auch den Schülerinnen und Schülern individuell angezeigt. Außerdem werden diese als Standortbestimmung verwendet und dienen somit der adaptiven Anpassung der Aufgaben. Werden die Evaluation und die Standortbestimmung zusammengefasst und als ein Element angesehen, wie es auch Buholzer vorschlägt, können sie als Formatives Assessment angesehen werden.

### **Hypothesen und Forschungsfragen**

In einer Interventionsstudie soll der Einfluss der beiden Teilbereiche des Webprogramms (individualisierte Aufgaben und formatives Assessment) auf die Leistung sowie das Interesse der Schülerinnen und Schüler ermittelt werden.

Dabei können unter Berücksichtigung der Literaturlage folgende Hypothesen aufgestellt werden.

1. Schülerinnen und Schüler, die ein formatives Assessment erhalten, lernen während der Intervention mehr dazu als solche, die dieses nicht erhalten.
2. Schülerinnen und Schüler mit individuell zugeordneten Aufgaben empfinden diese als interessanter als diejenigen mit standardisierten Aufgaben.
3. Schülerinnen und Schüler, die sowohl ein formatives Assessment als auch individualisierte Aufgaben erhalten, lernen mehr als diejenigen, die kein formatives Assessment erhalten und empfinden die Aufgaben als interessanter als solche, die standardisierte Aufgaben erhalten.

### **Design der Studie**

Um die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen, wurde das Webprogramm im Rahmen einer Interventionsstudie von 582 Schülerinnen und Schülern der 8. Jahrgangsstufe parallel zum Schulunterricht zu den Themen „Ionenbindung und –kristalle“ sowie „freiwillige und erzwungene Elektronenübergänge“ eingesetzt. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Studie wurden zur Realisierung eines 2x2-Designs innerhalb jeder Klasse zufällig in vier Gruppen aufgeteilt. Dabei erhielt die erste Gruppe 22 Aufgaben standardisierter Schwierigkeitsniveaus ohne Hilfestellungen. Diese entsprachen in etwa denen eines Schulbuchs. Die Schülerinnen und Schüler der zweiten Gruppe erhielten 22 Aufgaben, deren Schwierigkeitsniveaus individuell von der jeweiligen Lehrkraft ausgewählt wurden. Außerdem konnte die Lehrkraft den Schülerinnen und Schülern Hilfestellungen zu den Aufgaben freischalten. Die Schwierigkeit der Aufgaben sowie die Freischaltung der Hilfestellungen konnte von der Lehrkraft jeweils nach 6 (bzw. beim ersten Durchgang nach 4) Aufgaben adaptiv an die jeweiligen Leistungen angepasst werden. Die dritte Gruppe erhielt dieselben Aufgaben wie die erste Gruppe. Allerdings wurden die gegebenen Antworten im Rahmen des formativen Assessment ausgewertet und die Ergebnisse den Schülerinnen und Schülern im Rückmeldebogen angezeigt. Die Schülerinnen und Schüler

der vierten Gruppe erhalten ebenso wie die zweite Gruppe individualisierte Aufgaben und das formative Assessment der dritten Gruppe.

Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer haben sowohl zu Beginn als auch zum Abschluss der Studie einen Multiple-Choice-Test (Wissenstest) und einen Fragebogen zur Akzeptanz von Computereinsatz im Chemieunterricht ausgefüllt.

### **Erste Ergebnisse**

Alle hier dargestellten Ergebnisse beziehen sich lediglich auf den ersten Inhaltsbereich „Ionenbindung und –kristalle“ und erfassen nur eine Teilstichprobe von 269 Schülerinnen und Schülern, da die restlichen zurzeit noch mit dem Webprogramm arbeiten.

Bezüglich der Akzeptanz von Computern im Chemieunterricht konnte gezeigt werden, dass Schülerinnen und Schüler diesem nur neutral und nicht wie erwartet positiv gegenüber stehen, eine Akzeptanz aber weder Einfluss auf die Nutzung des Webprogramms noch auf den Lernerfolg mit diesem hat. Ein t-Test konnte bei allen Gruppen signifikante ( $p < .001$ ) Lernzuwächse ermitteln. Unerwartet ließ sich mit der LSD-Post-Hoc-Analyse kein signifikant unterschiedlicher Lernzuwachs bei den Gruppen feststellen. Somit muss die Hypothese, dass ein formatives Assessment bei Schülerinnen und Schülern der dritten und vierten Gruppe zu einem größeren Lernzuwachs führt, verworfen werden. Das Interesse der Schülerinnen und Schüler scheint sich zumindest teilweise durch die individuell zugeordneten Aufgaben beeinflussen zu lassen. Ein LSD-Post-Hoc Test lässt erkennen, dass Schülerinnen und Schüler der zweiten und vierten Gruppe signifikant ( $p < .05$ ) mehr Aufgaben beantwortet haben als die der dritten Gruppe. Außerdem zeigte dieser Test, dass Schülerinnen und Schüler der zweiten und vierten Gruppe im Vergleich zu denen der ersten Gruppe die Aufgaben signifikant ( $p < .05$ ) als interessanter beurteilt haben.

### **Diskussion der Ergebnisse**

Dass die Hypothesen über ein höheres Interesse der Schülerinnen und Schüler mit individuell zugeordneten Aufgaben nur teilweise und die über höheren Leistungszuwachs der Schülerinnen und Schüler mit formativem Assessment sich nicht bestätigten, kann zumindest teilweise an aufgetretenen Problemen mit dem Webprogramm liegen. Viele Schülerinnen und Schüler haben nur sehr wenige Aufgaben bearbeitet. Dies gilt insbesondere für die Schülerinnen und Schüler der dritten Gruppe, die ein formatives Assessment erhielten. Insbesondere kann die geringe Beantwortung der Aufgaben auf eine eventuelle Demotivierung, bedingt durch eine nicht immer richtig funktionierende Aufgabenauswertung, schließen lassen. Oft wurden Aufgaben vom Computer als falsch eingestuft, obwohl die eingegebene Antwort als richtig oder als teilweise richtig hätte gewertet werden können. Dies hatte vor allem seine Ursache darin, dass die Schülerinnen und Schüler sich nicht an die Eingabevorschriften gehalten haben und deshalb Rückmeldebögen häufig negativer als nötig ausfielen.

### **Literatur**

- Buholzer, A. (2003). Förderdiagnostisches Sehen, Denken und Handeln. Grundlagen, Erfassungsmodell und Hilfsmittel. Aarau: Bildung Sauerländer.
- Schabram, K. (2007). Lernaufgaben im Unterricht: Instruktionspsychologische Analyse am Beispiel der Physik. Essen: Universität Duisburg-Essen.
- Solzbacher, C. (2008). Was denken Lehrerinnen und Lehrer über individuelle Förderung? Pädagogik, 60, 38.
- Stenzel, J. (2012). Studie über den Stellenwert von individueller Förderung im Schulalltag unter besonderer Berücksichtigung des Chemieunterrichtes. Unveröffentlichte Vertiefungsarbeit, Universität Duisburg-Essen.
- Wiebke S. (2011). Individuelle Förderung - Vergleichende Fallstudien zur Umsetzung der NRW Schulgesetzweiterung in der Sekundarstufe I. Bielefeld.
- Wodanski, R., Hänze, M. & Städel, I. (2006). Lernen von Physik und Chemie durch gestufte Lernhilfen, Lehren und Lernen mit neuen Medien. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2005. Band 26. Berlin: Lit-Verlag. 251-253.

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

### **Ausgangslage**

Die Forderung nach individueller Förderung aller Lernenden mit deren spezifischen Lernausgangslagen gewinnt weiterhin an Relevanz. Dies zeigt sich nicht nur in der verbindlichen Verankerung individueller Förderansätze in den meisten Schulgesetzen der deutschen Bundesländer, sondern ebenso in der internationalen Bildungslandschaft (z. B. Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen, 2005; z. B. No Child Left Behind [NCLB], 2002). Im Folgenden werden unter individueller Förderung in Anlehnung an Trautmann und Wischer (2008) differenzierende Lernarrangements verstanden, die mit Hilfe diagnosegestützter Fördereinheiten eine möglichst optimale Passung zum Vorwissen erreichen. Bezüglich der Effektivität lassen sich in der Literatur allerdings nur wenige zuverlässige Ergebnisse finden. Es werden sowohl Vorteile für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler (Bode, 1996) als auch starke Effekte für einen adaptiven Unterricht (Waxmann, Wang, Anderson & Walberg, 1985) belegt. Jedoch lassen sich ebenso Studien anführen, die keine signifikanten Unterschiede im Bezug zum Fachwissenszuwachs zwischen individualisiertem und traditionellem Unterricht zeigen (z. B. Atash & Dawson, 1986). Bestätigt werden diese Ergebnisse durch eine Meta-Analyse zum individualisierten Unterricht, die diesem einen schwach bis zu vernachlässigenden Effekt nachweisen (Hattie, 2009). Für weitere Studienergebnisse zur Effektivität individueller Förderung sei auf Anus und Melle (2013) verwiesen.

### **Studie**

Die hier vorgestellte Studie (gefördert von der Deutsche Telekom-Stiftung) setzt nun an einer zentralen Stelle innerhalb des individuellen Lernprozesses von Schülerinnen und Schülern an, der Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen.

### *Zentrale Fragestellungen*

Zentrales Ziel der Studie ist die Evaluation der individuellen Aufgabenzuordnung als praktische Methode der individuellen Förderung im Vergleich zu einer strukturierten oder zufälligen Aufgabenbearbeitung von Lernenden im Unterricht. Im Rahmen dieser Studie wird untersucht, welchen Einfluss die optimale Passung zwischen Vorwissen und Aufgabenbearbeitung auf den Lernerfolg ausübt. Die folgenden Forschungsfragen stehen dabei im Vordergrund:

1. Besteht ein Unterschied durch die Bearbeitung von Aufgaben auf Grundlage einer Diagnose und Aufgabenzuordnung im Vergleich zu einer strukturierten oder willkürlichen Aufgabenzuordnung ohne Diagnose
  - im Fachwissenszuwachs?
  - in der Einschätzung des Unterrichts?
  - in der aktuellen Motivation (z. B. Interesse)?
2. Bestehen Wechselwirkungen in Bezug auf den Fachwissenszuwachs zwischen den Aufgabenbearbeitungen (Gruppen) und verschiedenen kognitiven Leistungsniveaus (kognitiv über-, unter- und durchschnittlich)?
3. Besteht ein Zusammenhang zwischen der Aufgabenbearbeitung, dem Verhalten während der Unterrichtszeit und dem Fachwissenszuwachs?

### Untersuchungsdesign

Um die zentralen Fragestellungen zu untersuchen, wurde eine Interventionsstudie im Kontrollgruppendesign zur individuellen Förderung zum Basiskonzept ‚Chemische Reaktion‘ für neunte Klassen an Gymnasien durchgeführt. Die Einheit wird dabei als Abschluss- und Zusammenfassungseinheit des Basiskonzepts verstanden. Im Vergleich zu einer vorangegangenen Teilstudie (vgl. Anus & Melle, 2013) wurde die Fördereinheit verkürzt, sodass die Förderung nun aus zwei Unterrichtsstunden á 45 Min besteht.

Es werden jeweils drei Untersuchungsgruppen in einer Klasse zur selben Zeit realisiert. Die Gruppen unterscheiden sich dabei lediglich in der zugeordneten Aufgabensortierung und damit in der Abfolge der Aufgabenbearbeitung. Gruppe Diagnose (D) erhält eine individuelle Aufgabensortierung auf Grundlage des Diagnoseergebnisses des Pre-Tests. Daraus folgt, dass jeder Lernende eine individuelle Abfolge verschiedener Aufgabenpakete entsprechend seines Förderbedarfs und Förderpotenzials bearbeitet. Aus motivationalen Gründen beginnen diese Schülerinnen und Schüler mit dem für sie zweitschwächsten Inhaltsbereich. Die Gruppen Struktur (S) und Chaos (C) erhalten keine diagnosegestützten Aufgabensortierungen. Gruppe S bearbeitet Aufgaben entsprechend der inhaltlichen Struktur des Lernmaterials mit steigendem Schwierigkeitsgrad, und Gruppe C erhält eine zufällige, willkürliche Aufgabensortierung ohne Diagnose und Struktur.

Die Lerngruppen wurden basierend auf den Ergebnissen eines zuvor durchgeführten kognitiven Fähigkeits-Tests (CFT 20, Weiß, 1998), den Ergebnissen des Pre-Tests, der Chemienote und dem Geschlecht balanciert. Der Fachwissenstest wurde in identischer Form, jedoch mit variiertem Item-Reihenfolge, als Pre-, Post- und (nach vier Wochen) als Follow-up-Test eingesetzt. Ergänzend wurden die aktuelle Motivation (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001) und die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung (Schwarzer & Jerusalem, 1999) nach der ersten Unterrichtsstunde und die Einschätzung zur Fördereinheit zum Post-Testzeitpunkt erhoben. Während der Fördereinheit wurden Schülerinnen und Schüler verschiedener Gruppen und Leistungsniveaus videographiert ( $n = 90$ ) und alle Arbeitshefte zur Auswertung der Bearbeitungsqualität ( $N = 268$ ) eingescannt.

### Erste Ergebnisse der Hauptuntersuchung

Es nahmen insgesamt 268 Schülerinnen und Schüler ( $M_{\text{Alter}} = 14.85$ ,  $SD_{\text{Alter}} = .52$ , 45.5 % ♀) von zehn verschiedenen Gymnasien vom Pre- zum Post-Testzeitpunkt an der Hauptuntersuchung teil. Aufgrund von Fehlzeiten reduziert sich die Stichprobe zum Follow-up-Testzeitpunkt auf 252 Lernende. Der eingesetzte Fachwissenstest besteht aus 42 Items und weist eine gute Reliabilität über alle Testzeitpunkte von Cronbrachs  $\alpha_{\text{pre}} = .849$ ,  $\alpha_{\text{post}} = .864$  und  $\alpha_{\text{follow-up}} = .895$  auf. Auch der Einschätzungstest mit 22 Items liefert eine gute Reliabilität von  $\alpha = .885$ .

### Quantitative Analyse

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden die Daten residuenbasiert ausgewertet. Es zeigt sich, dass die Fördereinheit zur Aufarbeitung lernwirksam ist. Durchschnittlich werden danach 9 Prozent mehr Items richtig beantwortet, dies ist eine signifikante Steigerung des Fachwissens mit einem mittleren Effekt ( $M_{\text{pre}} = .39$ ;  $M_{\text{post}} = .48$ ;  $t(267) = -13.575$ ,  $p < .001$ ,  $d = 0.52$ ). Betrachtet man nun den unmittelbaren Fachwissenszuwachs vom Pre- zum Post-Test im Vergleich der Gruppen, so zeigen sich keine signifikanten Unterschiede (D-S:  $t(180) = 1.114$ ,  $p = .267$ ,  $d = 0.17$ ; D-C:  $t(180) = 1.427$ ,  $p = .155$ ,  $d = 0.21$ ; S-C:  $t(170) = 0.311$ ,  $p = .757$ ,  $d = 0.05$ ). Gleiches gilt für den nachhaltigen Fachwissenszuwachs vom Pre- zum Follow-up-Messzeitpunkt. Auch in der Einschätzung des Unterrichts setzt sich diese Tendenz fort: Die Gruppen weisen keine signifikanten Unterschiede in der Einschätzung auf. Weiterführende Auswertungen zu Wechselwirkungen in Bezug auf den Fachwissenszuwachs zwischen mit dem kognitiven Niveau und den Gruppen S und D wei-

sen auf einen signifikanten Haupteffekt des kognitiven Niveaus und signifikante Wechselwirkungen zwischen der Gruppe und dem kognitiven Niveau für einen unmittelbaren bzw. nachhaltigen Lernerfolg hin ( $F(2,182)_{\text{unmittelbar}} = 3.518, p = .032, \eta^2 = .038$ ;  $F(2,172)_{\text{nachhaltig}} = 4.123, p = .018, \eta^2 = .047$ ). Dabei profitieren kognitiv leistungsstarke und -schwache Lernende von einer diagnosegestützten Aufgabenbearbeitung (Gruppe D), wohingegen kognitiv durchschnittliche Schülerinnen und Schüler höhere, jedoch keine signifikant besseren, Lernerfolge in einer strukturierten Aufgabenbearbeitung (Gruppe S) erreichen.

#### *Qualitative Analyse und mixed models*

Die Auswertung der qualitativen Daten und die Verzahnung der quantitativen mit qualitativen Datensätzen befinden sich momentan in der Auswertung. Dabei deuten Analysen von Einzelfällen auf einen Nutzen für die Identifikation weiterer Gelingenbedingungen hin.

#### **Zusammenfassung und Fazit**

Es zeigt sich, dass eine differenzierte Betrachtung zur Beantwortung der Fragestellungen nötig ist. Insgesamt deutet es sich jedoch an, dass eine vorgeschaltete Diagnose und Aufgabensortierung nicht der entscheidende Faktor positiver Resultate im Lernzuwachs ist. In Hinblick auf einen nachhaltigen Lernerfolg fällt weiter auf, dass besonders kognitiv leistungsstarke und leistungsschwache Lernende von individuellen Förderangeboten profitieren. Diese Befunde bestätigen somit den auch in anderen Studien gefundenen Nutzen adaptiver Lernumgebungen für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler. Weiter fällt auf, dass zusätzlich auch kognitive leistungsschwache Lernende von einer vorgeschalteten Diagnose und Aufgabensortierung profitieren. Interpretationsansätze und weitere Auswertungsverfahren zum noch tiefergehenden Verständnis der vorliegenden Daten werden zurzeit entwickelt und evaluiert.

#### **Literatur**

- Anus, S., & Melle, I. (2013). Diagnose und individuelle Förderung im Chemieunterricht - Konzeption und Evaluation einer Fördereinheit. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 584 - 586). Kiel: IPN.
- Atash, M. N., & Dawson, G. O. (1986). Some effects of the ISCS program: A meta analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(5), 377-385.
- Bode, R. K. (1996). Is it ability grouping or the tailoring of instruction that makes a difference in student achievement? Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. New York (ERIC Document Reproduction Service No. ED 400 268).
- Hattie, John A. C. (2009). *Visible Learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London & New York: Routledge.
- No Child Left Behind (NCLB) Act of 2001, Pub. L. No. 107-110, § 115, Stat. 1425 (2002).
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, 2, 57-66.
- Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (SchulG NRW) vom 15. Februar 2005 (GV. NRW. S. 102) zuletzt geändert durch Gesetz vom 5. April 2011 (GV. NRW. S. 205).
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (Hrsg.) (1999). *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. Berlin: Freie Universität Berlin.
- Trautmann, M., & Wischer, B. (2008). Das Konzept der Inneren Differenzierung – eine vergleichende Analyse der Diskussion der 1970er Jahre mit dem aktuellen Heterogenitätsdiskurs. In M. A. Meyer, M. Prenzel & S. Hellekamps (Hg.): *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft: Sonderheft 9. Perspektiven der Didaktik*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 159-172.
- Waxmann, H. C., Wang, M. C., Anderson, K. A., & Walberg H. J. (1985). Synthesis of research on the effects of adaptive education. *Educational Leadership*, 43 (1), 26-29.

Katharina Pollmeier<sup>1</sup>  
 Kim Lange<sup>2</sup>  
 Kornelia Möller<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
<sup>2</sup> Universität Augsburg

### **Wie nehmen Schüler/innen ihren Physikunterricht von der 4. bis zur 7. Klasse wahr?**

#### **Theoretische Rahmung, Forschungsstand und Zielsetzung**

Im Rahmen der Lehr-Lernforschung wird neben unterrichtlichen Lerngelegenheiten auch die Bedeutung von Mediationsprozessen auf Schülerseite für die Wirksamkeit von Unterricht hervorgehoben (Gruehn, 2000). Zu diesen vermittelnden Prozessen gehören zum einen die subjektive Wahrnehmung sowie die Interpretation der von der Lehrkraft angebotenen unterrichtlichen Maßnahmen und Erwartungen und zum anderen die individuellen Verarbeitungsprozesse auf Schülerseite (Helmke, 2009). Die Wirksamkeit von Unterricht ist somit das Ergebnis eines durch den Unterricht initiierten und auf Schülerseite medierten Prozesses. Dies gilt sowohl für den wissensbezogenen Lernerfolg als auch für motivationale und selbstbezogene Zielkriterien. Aufgrund des bedeutsamen Einflusses für den Aufbau kognitiver, motivationaler und sozialer Kompetenzen wird der Schülerwahrnehmung eine besondere Bedeutung für die Weiterentwicklung von Unterricht zugeschrieben (Gates Foundation MET Project, 2010; Helmke, 2003; Gruehn, 2000).

Derzeit gibt es aber trotz der großen Bedeutung, die der Schülerwahrnehmung für den Kompetenzaufbau zugeschrieben wird, nur sehr wenige Studien, die den Unterricht – insbesondere in der Phase des Übergangs vom Primar- in den Sekundarbereich – aus Sicht der Lernenden erfassen. Unter Berücksichtigung ausländischer Studien liegen erste Hinweise auf eine unterschiedliche Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts zwischen den beiden Schulstufen vor. So wird der „Science“-Unterricht in der australischen Primarstufe als ein schüler- und erfahrungsorientierter Unterricht mit Experimenten und „Hands-on“-Aktivitäten beschrieben (Logan & Skamp, 2008; Rennie, Goodrum & Hackling, 2001), während Lernende der Sekundarstufe in ihrem naturwissenschaftlichen Unterricht verstärkt Demonstrationsexperimente und das Äußern der eigenen Meinung wahrnehmen. Die Anwendung von Konzepten auf Alltagsphänomene sowie Klassengespräche sind im Sekundarbereich nur selten zu beobachten (Seidel, Prenzel, Wittwer & Schwindt, 2007).

Vor dem Hintergrund dieser Forschungslücke wurde im Rahmen des DFG- geförderten Forschungsprojektes Längsschnitt PLUS der Frage nachgegangen, wie sich der physikbezogene (Sach-)Unterricht aus Sicht der Lernenden von der vierten bis zur siebten Klasse verändert. Der Fokus der Studie lag dabei auf der Wahrnehmung verstehensfördernder Unterrichtsmerkmale, welche auf Basis moderat-konstruktivistischer Lerntheorien (Theorien zur situierten Kognition, sozial-konstruktivistische Ansätze und sog. conceptual change Theorien) operationalisiert wurden. Diesen Theorien wird eine besondere Bedeutung für das Lernen von Physik zugesprochen (Treagust & Duit, 2008), wobei das Lernen als ein aktiver, sozialer und situierter Konstruktionsprozess verstanden wird (Gerstenmaier & Mandl, 1995; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998).

Die Ergebnisse der PLUS-Längsschnittstudie zeigen aus Sicht der Lernenden im Mittel eine statistisch signifikante Abnahme verstehensfördernder Unterrichtsmerkmale von der vierten bis zur siebten Klasse. Der deutlichste Rückgang erfolgte nach der vierten Klasse, wohingegen nur geringe, nicht signifikante Unterschiede zwischen Klasse fünf und sechs wahrgenommen wurden. Bedeutsame Unterschiede in der Unterrichtsbeurteilung zwischen Gymnasiasten/innen und Hauptschülern/innen bestehen in drei der insgesamt fünf erfassten Skalen (,schülergenerierte Erklärungen‘, ,Alltagsbezug‘ und ,fehlende Klarheit‘), wobei die stärkste Differenz in allen drei Skalen im siebten Schuljahr zugunsten des Gymnasiums

wahrgenommen wurde. Neben den drei beschriebenen Skalen liegen somit keine signifikanten Unterschiede zwischen Gymnasial- und Hauptschulunterricht bezüglich der Wahrnehmung der Durchführung von (Schüler-)Versuchen und deren kognitiver Aktivierung bei den Lernenden vor (Skalen: ‚kognitiv aktivierende Schülerversuche‘ und ‚praktische Aktivität‘). Bedeutsame Geschlechtsunterschiede konnten nicht festgestellt werden.

Die Befunde der PLUS-Studie zeigen, dass mit dem Wechsel auf die weiterführende Schule hinsichtlich der definierten verstehensfördernden Merkmale deutliche Veränderungen aus Sicht der Lernenden in den unterrichtlichen Bedingungen einhergehen. Offen bleibt dabei, inwieweit die Schüler selbst einen Zusammenhang zwischen den als verstehensfördernd angenommenen Unterrichtsmerkmalen und ihrem tatsächlichen Verstehen von Unterrichtsinhalten herstellen. Dieser Frage wurde im Rahmen einer an die PLUS-Längsschnittstudie angegliederten Interviewstudie nachgegangen. Dazu wurden die Lernenden in einem ersten Schritt retrospektiv zu ihrem erlebten Unterricht befragt. Auf Basis des beschriebenen Unterrichts sollten die Lernenden dann in einem zweiten Schritt einen Zusammenhang zwischen den wahrgenommenen Merkmalen und ihrem Einfluss auf den Verstehensprozess herstellen und sich zu verstehensfördernden Merkmalen äußern.

### **Design und Methode**

Um den beiden aufgeführten Forschungsfragen nachzugehen, wurden insgesamt 20 Gymnasiasten/innen (11 Jungen, 9 Mädchen) am Ende des sechsten Schuljahres retrospektiv zu ihrem erlebten physikbezogenen Unterricht in Klasse vier und sechs befragt. Für die Interviews wurden ausschließlich Schüler/innen aus der Längsschnittstichprobe des PLUS-Projektes ausgewählt. Auswahlkriterium waren die Fragebogenergebnisse hinsichtlich der wahrgenommenen Verständnisorientiertheit des Unterrichts in Klasse vier und sechs: Zum einen wurde darauf geachtet, dass die Klasse einen akzeptablen  $AD_M(J)$  (average absolute deviation Index) als Maß für die Homogenität der Unterrichtswahrnehmung (vgl. Lüdtke, Trautwein, Kunter & Baumert, 2006) aufweist und zum anderen sollten die individuellen Einschätzungen der ausgewählten Schüler/innen den Klassenmittelwert repräsentieren (innerhalb  $\pm 1$  SD vom Klassenmittelwert).

Die leitfaden- und materialgestützten Interviews wurden als halbstrukturierte Einzelbefragungen in einem zeitlichen Rahmen von ca. 45 Minuten durchgeführt.

Die Auswertung der ersten Interviewfragestellung erfolgte in Anlehnung an die Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010). Inter- und Intracoderreliabilität weisen auf eine zufriedenstellende Übereinstimmung im Kodierprozess hin. Auf Grundlage dieser Analysen wurde anschließend die Auswertung der zweiten Interviewfragestellung vorgenommen: Hier wurden die von den Schülern wahrgenommenen Aussagen hinsichtlich ihrer Verstehensförderung bewertet. Eine paarweise Übereinstimmungsprüfung brachte auch hier zufriedenstellende Reliabilitäten.

### **Ergebnisse der Interviewstudie und Ausblick**

Zur Beschreibung des physikbezogenen Unterrichts in Klasse vier und sechs wurden die von mindestens 75% der Schüler/innen beobachteten Unterrichtsmerkmale herangezogen. Dabei zeigte sich insgesamt ein recht vielfältiger Unterricht, wobei alle Unterrichtsmerkmale, welche die Schüler im Unterricht der Primarstufe beobachteten, auch in ihrem Unterricht der Sekundarstufe vorkamen. Wesentliche Merkmale des erlebten Unterrichts in Primar- und Sekundarstufe waren aus Sicht der Schüler/innen die Durchführung von Schülerexperimenten, Erklärungen der Lehrperson, die Möglichkeit eigene Fragen stellen zu können, die Möglichkeit eigene Ideen und Begründungen zu äußern sowie das Herstellen von Bezügen zur Lebenswelt der Schüler. Neben dieser eher schülerorientierten Unterrichtsgestaltung wurden zur Beschreibung des Physikunterrichts in der Sekundarstufe

weitere Unterrichtsmerkmale von den Schüler/innen herangezogen. Hierzu gehörten Lehrerdemonstrationsversuche, das lehrergelenkte Klassengespräch sowie Schülerdiskussionen. Neben den schülerorientierten Unterrichtsmerkmalen erhalten somit auch einzelne lehrerzentriertere Unterrichtsmethoden verstärkt Einzug in den Physikunterricht der Sekundarstufe. Hierzu zählten ebenso die Einträge in das Schulheft, welche zwar durchaus auch im Unterricht der vierten Klasse vorkommen, aber deutlich im Physikunterricht der Sekundarstufe dominieren.

Welche dieser beobachteten Merkmale einen Einfluss auf den individuellen Verstehensprozess der Lernenden haben und von ihnen als verstehensfördernd wahrgenommen werden, zeigen die Analysen zur zweiten Interviewfragestellung. Als zentrales verstehensförderndes Unterrichtsmerkmal wurde von den meisten Schüler/innen für beide Schulformen die Durchführung von Schülerversuchen genannt. Darüber hinaus waren mindestens der Hälfte aller Lernenden in beiden Schulformen eine klare Sprache sowie Erklärungen durch die Lehrperson wichtig, um die Unterrichtsinhalte verstehen zu können. Für den physikbezogenen Sachunterricht war es den Schüler/innen darüber hinaus wichtig, eigene Fragen stellen zu können, während die Schüler/innen im Physikunterricht der Sekundarstufe die Bezüge zur Lebenswelt sowie das Äußern eigener Ideen und Begründungen als wichtig für den Verstehensprozess ansahen.

Welcher Unterricht von den Lernenden im direkten Vergleich als verständlicher eingestuft wurde, war stark davon abhängig, welche und wie viele der genannten Merkmale wahrgenommen wurden. Einen besonderen Stellenwert nahm dabei das Vorkommen und zum Teil auch die Qualität von (Schüler-)Versuchen ein. Die Ergebnisse zeigen, welchen Unterrichtsmerkmalen eine bedeutsame Rolle im individuellen Verstehensprozess der Lernenden zuzukommen scheint. Dabei lassen sich in den Aussagen der Schüler/innen die theoretisch auf Basis der benannten Lerntheorien abgeleiteten Unterrichtsmerkmale wiederfinden.

#### Literatur

- Gates Foundation MET Project Research Paper (2010). Learning about teaching: Initial findings from the measures of effective teaching project. Retrieved January 30, 2013, from [http://www.metproject.org/downloads/Preliminary\\_Findings-Research\\_Paper.pdf](http://www.metproject.org/downloads/Preliminary_Findings-Research_Paper.pdf).
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41 (6), S. 867-888.
- Gruehn, S. (2000). *Unterricht und schulisches Lernen*. Münster: Waxmann.
- Helmke, A. (2003). *Unterrichtsqualität: erfassen, bewerten, verbessern*. Seelze: Kallmeyer.
- Logan, M. & Skamp, K. (2008). Engaging students in science across the primary secondary interface: Listening to the students' voice. *Research in Science Education*, 38, 501-527.
- Lüdtke, O., Trautwein, U., Kunter, M., & Baumert, J. (2006). Analyse von Lernumwelten: Ansätze zur Bestimmung der Reliabilität und Übereinstimmung von Schülerwahrnehmungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 30 (1/2), 85-96.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1998). Wissensvermittlung. Ansätze zur Förderung des Wissenserwerbs. In F. Klix, H. Spada (Hrsg.), *Wissenspsychologie*. Göttingen: Gogrefe, 457-500.
- Seidel, T.; Prenzel, M.; Wittwer, J.; Schwindt, K. (2007). Unterricht in den Naturwissenschaften. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Münster: Waxmann, 147-179.
- Rennie, L., Goodrum, D. & Hackling, M. (2001). Science Teaching and Learning in Australian Schools: Results of a National Study. *Research in Science Education*, 31, 455-498.
- Treagust, D. & Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies in Science education*, 3, 297-328.

Lena Mareike Walper<sup>1</sup>  
 Kim Lange<sup>2</sup>  
 Kornelia Möller<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
<sup>2</sup>Universität Augsburg

## Beeinflusst der Unterricht die Entwicklung physikbezogener Interessen?

### Theoretische Rahmung

Die Förderung und Aufrechterhaltung von naturwissenschaftlichen Interessen wird sowohl in der Primar- als auch in der Sekundarstufe als bedeutsames Unterrichtsziel angesehen. Gemäß der Pädagogischen Interessentheorie wird Interesse dabei als eine bestimmte Relation zwischen einer Person und einem Gegenstand verstanden, die durch eine wertbezogene und eine emotionale Merkmalskomponente charakterisiert ist (Krapp & Prenzel, 2011). Darüber hinaus werden üblicherweise zwei verschiedene Arten von Interesse unterschieden: Das *individuelle Interesse*, das als ein relativ dauerhaftes Merkmal der eigenen Persönlichkeit zu verstehen ist, und das *situationale Interesse*, das einen Interessenzustand beschreibt, der primär durch äußere Anreize bedingt ist. Es wird angenommen, dass sich aus einem situationalen Interesse langfristig ein individuelles Interesse entwickeln kann (Krapp, 1998).

### Forschungsstand und Zielsetzungen

Während repräsentative Schulstudien wie IGLU-E und TIMSS darauf hindeuten, dass deutsche Schülerinnen und Schüler am Ende der Grundschulzeit positive Einstellungen gegenüber dem Fach Sachunterricht aufweisen und ausgewählten naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen und Themen neugierig und aufgeschlossen gegenüberstehen (Kleickmann, Brehl, Saß, Prenzel & Köller, 2012; Prenzel, Geiser, Langeheine & Lobemeier, 2003), wird mit Blick auf die Naturwissenschaften und den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe von einem Interessenrückgang berichtet (Krapp, 1998). Dies gilt insbesondere für das fach- und sachbezogene Interesse an Physik. Darüber hinaus ist bekannt, dass Mädchen in der Sekundarstufe im Vergleich zu Jungen ein geringeres Physikinteresse aufweisen (Daniels, 2008; Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998). Diese konträren Befunde für die Primar- und die Sekundarstufe lenken den Blick auf den Schulstufenübergang, sind aber aufgrund ihres abweichenden inhaltlichen Zuschnitts (Sachunterricht und Naturwissenschaften in der Grundschule vs. Naturwissenschaften und Physik in der Sekundarstufe) nicht unmittelbar miteinander zu vergleichen. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen des DFG-geförderten Forschungsprojekt *Längsschnitt PLUS* untersucht, wie sich die physikbezogenen Interessen von Schülerinnen und Schülern im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe entwickeln. Die Ergebnisse der PLUS-Studie belegen, dass sowohl für das individuelle Interesse an Physik als auch für das situationale Interesse am physikbezogenen Unterricht im Mittel signifikante Rückgänge von der vierten bis zur siebten Klasse mit großen bis sehr großen Effekten zu verzeichnen sind. Diese Befundlage zeichnete sich sowohl bei Schülern verschiedener Schularten als auch bei Mädchen und Jungen ab, auch wenn die Rückgänge bei den Mädchen zum Teil stärker ausgeprägt waren (Walper, in Vorb.).

Angesichts dieser Ergebnisse stellt sich die Frage nach den Hintergründen des Rückgangs der physikbezogenen Interessen von Schülerinnen und Schülern. In der Forschungsliteratur werden verschiedene Ursachen diskutiert, die Einfluss auf die Interessenentwicklung nehmen können. Neben einem negativen und geschlechtsstereotypen Image von Naturwissenschaften (Kessels, Rau & Hannover, 2006), einer fortschreitenden Interessenausdifferenzierung (Daniels, 2008) sowie übergangsbedingten Referenzgruppeneffekten (z. B. Köller, 2004) scheint auch die Unterrichtsgestaltung ein plausibler Einflussfaktor für die Entwicklung physikbezogener Interessen zu sein (z. B. Logan & Skamp, 2008). Da bislang jedoch noch nicht abschließend geklärt ist, welche Rolle dem physikbezogenen Unterricht

im Bedingungsgefüge der Interessenentwicklung zukommt, besteht ein weiter-führendes *Ziel* darin, Hinweise darauf zu erlagen, (1.) ob und (2.) inwiefern der physikbezogene Unterricht Einfluss auf die Interessenentwicklung nimmt.

### **Quantitative Analysen**

#### *Methodisches Vorgehen*

Um dem ersten Teilziel nachzugehen, wurden die im Rahmen des PLUS-Projekts vorliegenden Längsschnittdaten zum physikbezogenen Interesse der Lernenden in zwei Schritten näher analysiert. Zunächst wurde die Entwicklung des individuellen Interesses von Schülerinnen und Schülern mit und ohne Physikunterricht im Laufe der Schuljahre verglichen. Die Vergleiche der Entwicklungsverläufe wurden mithilfe von Varianzanalysen der Daten von 371 bis zu 524 Schülerinnen und Schülern durchgeführt.<sup>1</sup> In einem nächsten Schritt wurde die Intraklassenkorrelation für das situationale Interesse und das individuelle Interesse der Lernenden aus Klassen mit physikbezogenem Unterricht ermittelt. Die ICC(1) zeigt dabei an, wie hoch der prozentuale Anteil der Gesamtvarianz ist, der durch Unterschiede zwischen Schulklassen bedingt ist (Lüdtke, Trautwein, Kunter & Baumert, 2006). Um Einflüsse der Schularten zu vermeiden, wurde die Intraklassenkorrelation separat für Schülerinnen und Schüler der Hauptschule und des Gymnasiums berechnet.

#### *Ergebnisse*

Beim Vergleich der Interessenentwicklung von Schülerinnen und Schülern mit und ohne physikbezogenem Unterricht zeigte sich hinsichtlich des individuellen Interesses, dass weder im fünften noch im siebten Schuljahr Unterschiede zwischen den beiden unterschiedenen Schülergruppen nachweisbar waren. Lediglich im sechsten Schuljahr unterschied sich die Interessenentwicklung zwischen den beiden Gruppen signifikant und mit kleinen Effekten zugunsten der Schüler ohne Physikunterricht. Die Intraklassenkorrelation für das situationale Interesse am physikbezogenen Unterricht zeigt an, dass der Anteil der Varianz zwischen den untersuchten Schulklassen im Untersuchungszeitraum vom fünften bis zum siebten Schuljahr für diese Variable durchgängig sehr hoch war.

#### *Diskussion*

Die dargestellten Befunde legen nahe, dass der physikbezogene Unterricht die Entwicklung des individuellen Interesses an Physik nicht maßgeblich beeinflusst. Allerdings weisen die hohen Intraklassenkorrelationen darauf hin, dass die Klassenzugehörigkeit einen nicht zu verachtenden Einfluss auf das situationale Interesse am Unterricht hat. Dies kann als ein Hinweis auf die Bedeutung der Unterrichtsgestaltung für die Entwicklung situationaler Interessen verstanden werden. Insgesamt deuten diese Ergebnisse im Einklang mit einer Argumentation des Interessenforschers Andreas Krapp (1998) darauf hin, dass es kein realistisches Unterrichtsziel zu sein scheint, im physikbezogenen Unterricht beim Gros der Schülerinnen und Schüler ein individuelles Interesse an Physik zu erzeugen. Stattdessen sollte zunächst die Förderung des situationalen Interesses im Unterricht fokussiert und dadurch die Chance für die Entwicklung weiterführender Fachinteressen optimiert werden (Krapp, 1998). Aus der bestehenden Forschungsliteratur können bereits einige allgemeine Hinweise zur interessenförderlichen Unterrichtsgestaltung abgeleitet werden. Da es bislang allerdings noch keine Studien gibt, die sich speziell auf die Interessenförderung im Rahmen des physikbezogenen Unterrichts im Schulstufenübergang beziehen, wurde mit Blick auf das zweite formulierte Teilziel der Frage nachgegangen, welche Unterrichts- und Lehrermerk-

<sup>1</sup> Aufgrund eines listenweisen Fallausschlusses variieren die Stichprobengrößen der Lernenden, die am ersten und zweiten, am zweiten und dritten oder am dritten und vierten Messzeitpunkt teilnahmen.

male im physikbezogenen Unterricht der vierten bis sechsten Klasse aus Sicht der Schülerinnen und Schüler als interessenförderlich oder -hemmend erachtet werden.

## Qualitative Analysen

### *Methodisches Vorgehen*

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden 18 Sechstklässler aus dem PLUS-Sample (Gymnasiasten; Großraum Münster) interviewt. Bei den Interviews handelte es sich um ca. 45-minütige leitfaden- und materialgestützte Einzelinterviews. Die Auswertung der qualitativen Daten erfolgte inhaltsanalytisch (Mayring, 2010) mithilfe des Programms MAXQDA. Sowohl die Inter- als auch die Intra-Rater-Übereinstimmung weisen auf eine zufriedenstellende Reliabilität des Kodierprozesses hin.

### *Ergebnisse und Ausblick*

Aus den Interviews ging hervor, dass insbesondere praktische Aktivitäten, wie z. B. Schülerversuche, von den Lernenden als interessenförderlich erachtet werden. Darüber hinaus scheinen die Schülerinnen und Schüler ebenfalls eine angemessene Schwierigkeit des Unterrichts sowie die Möglichkeit zum selbstständigen Arbeiten als wichtig für ein bestehendes Interesse am physikbezogenen Unterricht zu empfinden. Im Gegensatz dazu wurde speziell das Abschreiben und Mitschreiben von Notizen im Unterricht als uninteressant eingestuft. Weiterhin wurden eine individuell wahrgenommene Überforderung sowie ein empfundener Leistungsdruck im Unterricht als interessenhemmend beschrieben. Da die Interviewten die beiden als interessenhemmend empfundenen Merkmalskomplexe (Abschreiben/Mitschreiben, Überforderung/Leistungsdruck) häufiger im Physikunterricht als im physikbezogenen Sachunterricht erlebten, könnte es sich dabei um wichtige „Stellschrauben“ handeln, an denen Physikunterricht ansetzen sollte, um das situationale Interesse zu fördern. Die Interviewergebnisse weisen auch darauf hin, dass praktische Aktivitäten – bei angemessener Qualität – das Potential haben dürften, das situationale Interesse der Lernenden am Physikunterricht zu steigern.

## Literatur

- Daniels, Z. (2008). Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter. Münster: Waxmann.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN.
- Kessels, U., Rau, M., & Hannover, B. (2006). What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. *British Journal of Educational Psychology*, 76, 761-780.
- Kleickmann, T., Brehl, T., Saß, S., Prenzel, M., & Köller, O. (2012). Naturwissenschaftliche Kompetenzen im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In W. Bos, H. Wendt, O. Köller & C. Selter (Hrsg.), TIMSS 2011. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann, 123-169.
- Köller, O. (2004). Konsequenzen von Leistungsgruppierungen. Waxmann: Münster.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie, Erziehung, Unterricht*. 44, 185-201.
- Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on Interest in Science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33 (1), 27-50.
- Logan, M., & Skamp, K. (2008). Engaging students in science across the primary secondary interface: Listening to the students' voice. *Research in Science Education*, 38, 501-527.
- Lüdtke, O., Trautwein, U., Kunter, M., & Baumert, J. (2006). Analyse von Lernumwelten. Ansätze zur Bestimmung und Übereinstimmung von Schülerwahrnehmungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20(1/2), 85-96.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (11., aktualisierte und überarbeitete Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Prenzel, M., Geiser, H., Langeheine, R., & Lobemeier, K. (2003). Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. In W. Bos, E.-M. Lankes, M. Prenzel, K. Schwippert, G. Walther & R. Valtin (Hrsg.), *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann, 143-187.

## Interessengenetischer Unterricht Modellierung und Perspektiven

### Zusammenfassung

In einer Interventionsstudie wurde über einen Zeitraum von 8 bis 16 Wochen die Interessensentwicklung von Schülerinnen und Schülern am Ende der Sekundarstufe I untersucht. Der Unterricht zu den Themenfeldern Druck und Auftrieb sowie Radioaktivität orientierte sich an der Interessensgenese nach Krapp (2002) unter besonderer Berücksichtigung geschlechtsspezifischer Merkmale. An der pre/post Erhebung der affektiven Merkmale Interesse, Selbstkonzept und Unterrichtswahrnehmung nahmen 750 Schülerinnen und Schüler in fünf Versuchsgruppen teil. Gleichzeitig wurden in einem Wissenstest die Lernvoraussetzungen und der Lernerfolg sowie die Einstellung der Lehrkräfte zu den eingesetzten Unterrichtsmethoden mit einem separaten Fragebogen erfasst. Durch Kontrolle der Variablen Vorwissen, Anfangsinteresse und Einstellung der Lehrkräfte können signifikante Korrelationen zwischen den Persönlichkeits- und den Prozessvariablen nachgewiesen werden.

### Einleitung

Das Entstehen von Interesse in schulischen und außerschulischen Lernprozessen kann ausgehend vom individuellen Interesse als genetischer Prozess dargestellt werden.

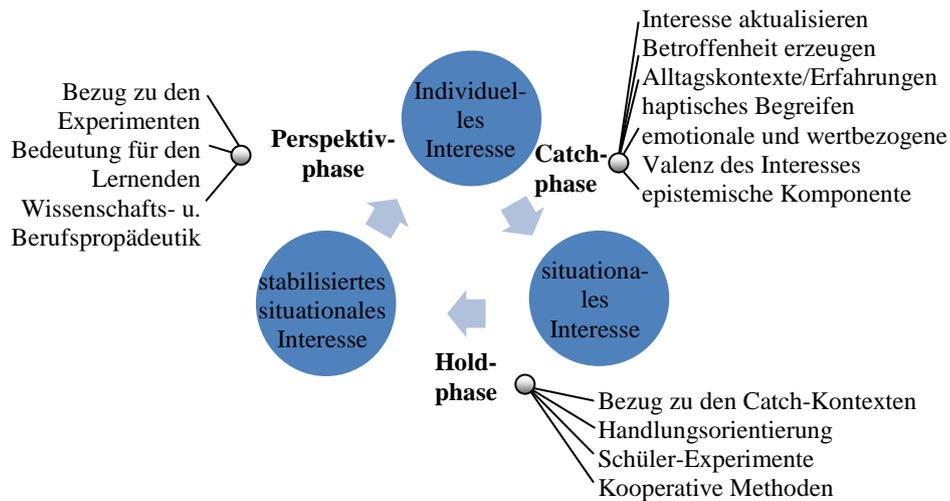


Abb.1: Das Modell für den interessensgenetischen Unterricht

Die Kontexte wurden dabei zielgerichtet unter besonderer Berücksichtigung geschlechtsspezifischer Interessenskonzepte konstruiert (vgl. Domjahn, 2011). Methodisch wurden die durchgeführten Unterrichtsreihen so ausgerichtet, dass im lernenden Miteinander das Erleben von Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit (Deci & Ryan, 1985) gefördert wird. Innerhalb eines Themenfeldes konnten die Lernenden ihre Handlungssituationen in Gruppen oder Partnerarbeit frei wählen.

### Design des Forschungsvorhabens

In einer Pilotierungsstudie wurde ein Schüler-Fragebogen zur Erfassung der Interessens- und Selbstkonzeptkomponenten sowie der Basic Needs, der Bedeutung der Experimente und des mathematisch/physikalischen Wissens vor und nach der unterrichtlichen Intervention zum Thema Radioaktivität sowie ein Lehrerfragebogen zur Erfassung der subjektiv wahrgenommenen Qualität der Unterrichtsreihen entwickelt (vgl. Domjahn, 2013).

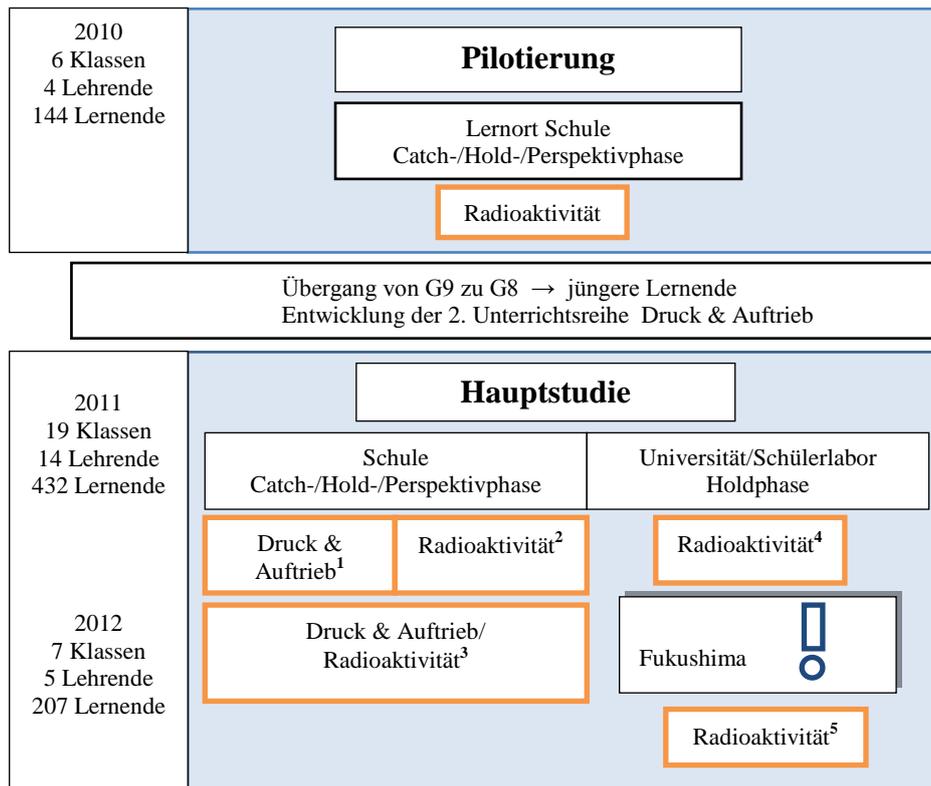


Abb. 2: Das Interventionsdesign

Die Versuchsgruppen Druck & Auftrieb<sup>1</sup> und Radioaktivität<sup>2</sup> bearbeiteten jeweils nur eine Unterrichtsreihe. Die Gruppe Druck & Auftrieb/ Radioaktivität<sup>3</sup> bearbeitete beide Unterrichtsreihen in direkter Folge ausschließlich in der Schule. Die Gruppe Radioaktivität<sup>4</sup> bearbeitete nur das Thema Radioaktivität, wobei die Durchführung der Versuche in eine Exkursion in das Schülerlabor der Universität Paderborn integriert wurde. Infolge des Reaktorunglücks in Japan während der Durchführung des Projektes im Frühjahr 2011 wurde das Design der Versuchsgruppe<sup>4</sup> wiederholt (Gruppe Radioaktivität<sup>5</sup>).

### Ergebnisse

In Abb. 3 sind die geschlechtsspezifischen Abweichungen vom Mittelwert aller Schülerinnen und Schüler der Variablen vor Beginn der unterrichtlichen Intervention dargestellt. Während sich die tatsächlichen Leistungen der Mädchen und Jungen, die in einem Vortest ermittelt wurden, kaum unterscheiden, zeigen sich für das physikalische Selbstkonzept sowie für das dispositionale Interesse der Mädchen deutlich kleinere Werte.

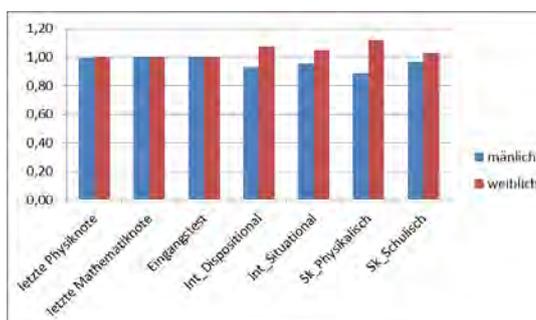


Abb. 3: Geschlechtsspezifische Unterschiede

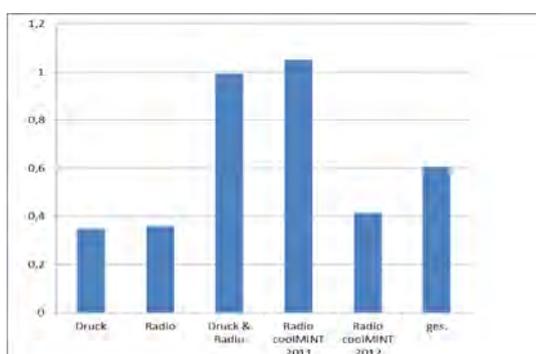


Abb. 4: Vergleich der Versuchsgruppen

Tab. 1: Partielle Korrelationen

Kontrollvariable: Anfangsinteresse situational	Interessenzunahme situational (* = hoch signifikant)
Basic Needs	0,447**
Interessenzunahme dispositional	0,312**
Unterrichtsqualität	0,273**

Obwohl das Geschlecht auf die Eingangsvariablen einen starken Einfluss ausübt, kann keine signifikante Korrelation zwischen Geschlecht und den Komponenten der Interessenzunahme, bei Kontrolle des Anfangsinteresses situational, gefunden werden.

#### Literatur

- Krapp, A. (2002): Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from ontogenetic perspective. *Learning and Instruction* 12, 383-409.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum Press.
- Domjahn, J. (2011). Interessenförderung im Physikunterricht - Die Funktion von Kontexten. In S. Bernholt (Hg.) *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg.
- Domjahn, J. (2013): Bedingungen der Interessensentwicklung, *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung* (ISSN 2191-379X). Beitrag angenommen.

Ein Vergleich der Effektstärke (Cohens d) der Steigerung des situationalen Interesses der Gruppen 1 und 2 mit der Gruppe 3 verdeutlicht die Wirkung der Verlängerung der Intervention. (Abb. 4) Die Integration des Schülerlabors trug insbesondere durch die bedauerliche Aktualität des Themas Radioaktivität erheblich zur Steigerung des situationalen Interesses bei.

Die im Modell des interessen-genetischen Unterrichts postulierte Bedeutung der Basic Needs wird durch die hohe Korrelation (Tab. 1,  $r = 0,447$ ) mit der Zunahme des situationalen Interesses gestützt. Lernende mit hohen Werten für die Variable Basic Needs weisen auch hohe Interessenssteigerungen sowohl für die situationale als auch für die individuelle Komponente des Interesses auf. Die von den Lehrenden empfundene Qualität der Unterrichtsreihen weist eine hoch signifikante Korrelation zur Interessenzunahme der Lernenden auf und trägt damit zur Erklärung der Unterschiede zwischen den Gruppen 4 und 5 bei.

### **Gesundheitsförderung durch Humor – Eine Intervention zum Sonnenschutz**

Der gesundheitsbewusste Umgang mit der Sonnenexposition sollte ein wichtiges Thema schulischer Gesundheitsförderung sein (Raithel, 2011). Seit den 1950er Jahren ist die kanzerogene Wirkung der UV-Strahlung bekannt. Heute stellt Hautkrebs – ausgelöst durch eine übermäßige Sonnenexposition – die weltweit häufigste Krebserkrankung dar (ADP, 2013). Eine Intervention im Chemieunterricht zum Thema „Sonne und Gesundheit“ bietet Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, von einer naturwissenschaftlichen Perspektive aus an die Thematik herangeführt zu werden. Zudem kann der naturwissenschaftliche Unterricht von diesem Thema profitieren, denn Schülerinnen und Schüler interessieren sich für körperbezogene- und die Gesundheit betreffende Unterrichtsinhalte (ROSE, 2004). Humor soll hier als innovative Methode in der Gesundheitsförderung des Chemieunterrichts genutzt werden.

#### **Gesundheitsförderung durch Humor?**

Gesundheitsfördernde Maßnahmen im Jugendalter sind allerdings nicht unproblematisch, gerade hier zeigt sich, dass die „Kluft“ zwischen Wissen und Handeln besonders groß ist. Die Gründe hierfür liegen in den entwicklungspsychologischen Besonderheiten dieses Alters. Jugendliche verhalten sich oft entgegen einer Erwachsenennorm, um sich von dieser abzugrenzen. Auch wollen Jugendliche ihre Grenzen erfahren und zeigen ein im Vergleich zu anderen Lebensphasen stark erhöhtes Risikoverhalten. Ein bestimmtes Maß an riskantem Verhalten ist allerdings normal in der Entwicklung vom Kind zum Erwachsenen. Dies liegt daran, dass Jugendliche riskante Verhaltensweisen als Reifensymbole ansehen und sich Anerkennung aus der Peer-Group erhoffen. Zudem empfinden Jugendliche noch keinen Leidensdruck, weshalb sie dem sogenannten „Optimistischen Fehlschluss“ unterliegen. Sie fühlen sich gesund und vital, daher stellen riskante Verhaltensweisen keine akute Bedrohung für sie dar (Hurrelmann, 2006). Gesundheitsfördernde Maßnahmen sollten also die besondere Entwicklungspsychologie der Adoleszenz berücksichtigen und an den Erfahrungen von Lebensfreude anknüpfen, um Interesse zu wecken und zielerreichend zu wirken (Hurrelmann & Settertobulte, 2000). Hier bietet das Konzept „Humor“ eine Möglichkeit anzusetzen, denn Humor spielt in der Entwicklung der Jugendlichen eine tragende Rolle und stellt gerade in Konfliktsituationen ein wichtiges Kommunikationsmedium dar (Wicki, 2000). Nach Johnson (1990) bietet Humor die Möglichkeit eine positive Lernatmosphäre zu schaffen, in der sich Schülerinnen und Schüler unangenehmen und bedrohlichen Themen öffnen. Studien zum Konstrukt „Einstellung“ geben zudem Hinweise darauf, dass über Humor Einstellungen zu Zielobjekten positiv beeinflusst werden können (Markiewicz, 1974). Diese Ergebnisse können in der Gesundheitsförderung aufgegriffen werden, indem versucht wird, über Humor auf die Einstellungen zum gesundheitsbewussten Verhalten einzuwirken. Studien zur Unterrichtsqualität belegen immer wieder, dass Lernende und Lehrende Humor als Unterrichtsmerkmal positiv bewerten. Diese subjektiven Einschätzungen konnten bereits in einigen empirischen Untersuchungen zur Wirkung von Humor auf unterrichtliche Prozesse bestätigt werden. So kann gezielt eingesetzter Humor die Aufmerksamkeit und das Interesse steigern, die Behaltensleistung fördern, die Lernleistung verbessern und das soziale Miteinander stärken sowie stressvolle Situationen entschärfen (Perrez et al., 2006).

### Konzept des fachspezifischen Humors

Humor ist bereits als Konzept für den Chemieunterricht als Merkmal von Bild-Textmaterialien definiert und validiert (Dickhäuser, Stachelscheid & Neumann, *im Druck*).

Weitere Studien zur Gültigkeit des Konzepts des chemiespezifischen Humors zeigen, dass sich das Konzept auch auf andere Fächer übertragen lässt und so zum fachspezifischen Humor (FaH) verallgemeinert werden kann (Voss, 2013). Das Konzept basiert auf zwei grundlegenden Theorien, der Inkongruenztheorie nach Koestler (1964) und dem pädagogischen Humor nach Kassner (2002). Inkongruenztheorien betonen die kognitive Komponente des Humors. Im Falle der Inkongruenztheorie nach Koestler (1964) wird Humor als das Vorhandensein zweier Bezugssysteme (BS) definiert, die inkongruent, also unpassend, miteinander verknüpft sind. Nach Kassner (2002) ist jeder Humor, der positiven Einfluss auf pädagogische Prozesse nimmt, pädagogischer Humor. In didaktischen Kontexten sollte der pädagogische Humor nicht isoliert von den Unterrichtsinhalten stehen und zudem durch die Lehrkraft geplant sein, um lernförderlich zu wirken. Für das Konzept des FaH (Abb. 1) bedeutet dies, dass zunächst ein fachlicher Inhalt gemäß des gültigen Lehrplans dieses Faches vorhanden sein muss (BS I). Zusätzlich muss eine auf diesen Inhalt sinnvoll bezogene Situation vorhanden sein (BS II). Beide Bezugssysteme müssen inkongruent, also unpassend, miteinander verknüpft sein. Die Anwendung des Konzepts im

Unterricht ist dem Artikel von Dickhäuser & Stachelscheid in

diesem Tagungsband zu entnehmen. In Abbildung 2 ist ein Beispiel für ein Bild-Textmaterial mit dem Merkmal FaH zu sehen. Hier stammt der fachliche Inhalt, das BS I, aus dem Physikunterricht. Konkret ist hier die Durchlässigkeit der Ozonschicht für UVA- und

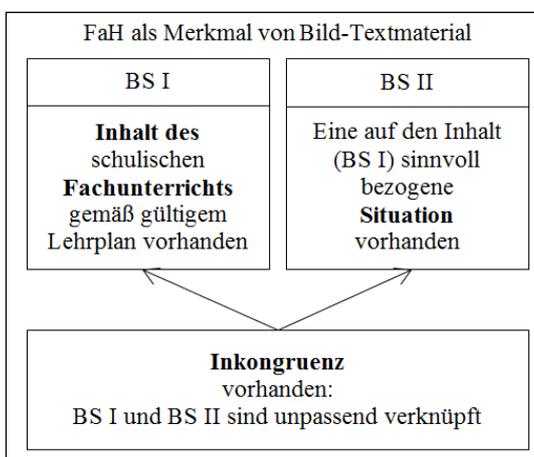


Abb. 1: Konzept des FaH

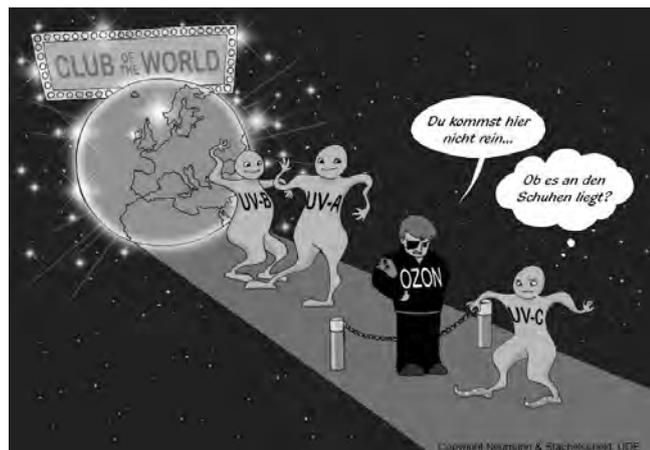


Abb. 2: Bild-Textmaterial mit dem Merkmal FaH

UVB-Strahlung, aber die Undurchlässigkeit für UVC-Strahlung dargestellt. Das BS II, die darauf sinnvollbezogene Situation, ist hier eine Einlasssituation vor einer Diskothek. Die unpassende Verknüpfung, die Inkongruenz, beider BS besteht hier zum einen in der Anthropomorphisierung der Strahlung und der Ozonschicht, und zum anderen in der Gleichsetzung der Begriffe Durchlässigkeit und Einlass.

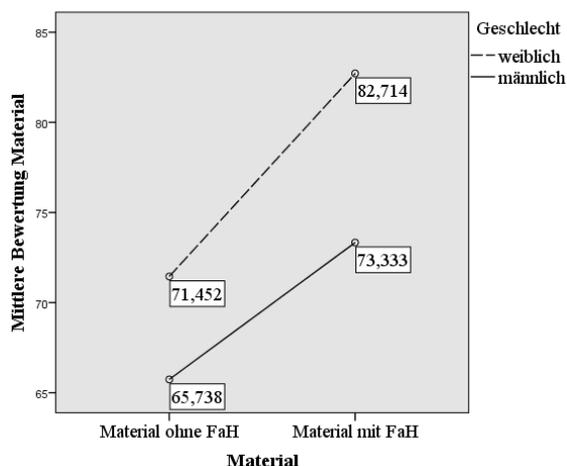


Abb. 3: Lernerbewertung Material

$\eta^2_p = .308$ ). Dabei zeigt sich zusätzlich ein Haupteffekt beim Geschlecht ( $F(1,82) = 7,546$ ;  $p = .007$ ,  $\eta^2_p = .084$ ). Mädchen bewerten das Material mit dem Merkmal FaH signifikant attraktiver als Jungen. Mit einer anschließenden Hauptuntersuchung wird die Lernwirksamkeit des Lehr-Lernmaterials in einer Experimental-Kontrollgruppeninterventionsstudie mit drei Messzeitpunkten (Pre-, Post- und Follow-up-Testung) überprüft. Dabei werden folgende Forschungsfragen untersucht:

Welchen Einfluss hat die unabhängige Variable fachspezifischer Humor ...

- ... auf die Verhaltenseinstellung zum Sonnenschutz?
- ... auf den Lernerfolg?
- ... auf das thematische Interesse?

#### Literatur

- ADP (2013). <http://www.unsererahut.de/de/unsere-haut/Hautkrebs.php>, 18.09.2013.
- Dickhäuser, A., Stachelscheid, K., Neumann, J. (im Druck). Humorforschung und ihr Nutzen für die Unterrichtspraxis. Chemiespezifischer Humor. MNU.
- Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag.
- Hurrelmann, K. (2006). Gesundheitssoziologie. Eine Einführung in sozialwissenschaftliche Theorien von Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung. Weinheim: Juventa
- Hurrelmann, K. & Settertobulte, W. (2000). Prävention und Gesundheitsförderung im Kindes- und Jugendalter. In F. Petermann (Hrsg.). Lehrbuch der klinischen Kinderpsychologie und – psychotherapie. Göttingen: Hogrefe, S. 132.
- Johnson, H. A. (1990). Humor as an innovative method or teaching sensitive topics. Educational Gerontology, 16(6), 547-559.
- Kassner, D. (2002). Humor im Unterricht. Bedeutung, Einfluss, Wirkungen. Hohengehren: Schneider.
- Koestler, A. (1964). The act of creation. New York: Penguin Books.
- Markiewicz, D. (1974). Effects of humor on persuasion. Sociometry, 37(3), 407-422.
- Perez, M. et al. (2006). Psychologie der Pädagogischen Interaktion. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.). Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch. Weinheim: Beltz-PVU-Verlag, 381-404.
- Raithel, J. (2011). Jugendliches Risikoverhalten. Eine Einführung. Wiesbaden: VS.
- Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004). Sowing the seeds of ROSE. Background, Rationale, Questionnaire Development and Data Collection for ROSE (The Relevance of Science Education) – a comparative study of students' views of science and science education. Acta Didactica 4/2004. Oslo: Dept. of Teacher Education and School Development, University of Oslo.
- Voss, J. (2013). Anwendung des Fachspezifischen Humors in den Naturwissenschaften. Schriftliche Hausarbeit LA GHR, Universität Duisburg-Essen. (unveröffentlicht)
- Wicki, W. (2000). Humor und Entwicklung. Eine kritische Übersicht. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 32(4), 173-185.

#### Lernerbewertung des Lehr-Lernmaterials mit dem Merkmal FaH

In Anlehnung an das Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2009) wurde die Wahrnehmung der Qualität des Lehr-Lernmaterials, im Speziellen der Attraktivität, durch Schülerinnen und Schüler der siebten Jahrgangsstufen von Realschulen des Landes NRW untersucht. Die Ergebnisse zeigen (Abb. 3), dass das Material mit dem Merkmal FaH als signifikant attraktiver bewertet wird, als das entsprechende Kontrollmaterial ohne das Merkmal FaH ( $F(1,82) = 36,516$ ;  $p < .001$ ,

## **Lernerfolge durch Schüler- und Demoexperimente in der geometrischen Optik**

### **Einleitung**

Lehrerinnen und Lehrer verbinden eine Vielzahl von Zielen mit dem Durchführen von Schülerexperimenten im Physikunterricht. Insbesondere soll eine Verbesserung des physikalischen Verständnisses der Schülerinnen und Schüler erreicht werden (Welzel et al., 1998). Die Forschungslage zur Effektivität von Schülerexperimenten im Zusammenhang mit einem erhöhten Fachwissenszuwachs zeichnet dagegen ein unklares Bild (Andersson, 2013; Hopf, 2007; Millar, 2010).

Die im folgenden Beitrag vorgestellte Studie unternimmt den Versuch, zumindest auf einem Teilgebiet der Physik – der geometrischen Optik – Aussagen über den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern zu treffen, die in ihrem Unterricht auf unterschiedliche Weise mit Experimenten konfrontiert wurden. Hierfür wurden 428 Schülerinnen und Schüler in drei Treatments unterrichtet und der Lernzuwachs zwischen den Gruppen verglichen. Erste Analysen der Daten legen nahe, dass zu hohe Erwartungen an „das“ Schülerexperiment ungerechtfertigt sind.

### **Design der Studie**

In unserer Studie wird der Lernerfolg dreier Interventionsgruppen miteinander verglichen. Die erste Gruppe erlernt einen neuen physikalischen Inhalt durch die Methode des Schülerexperiments in Kleingruppen, die zweite Gruppe durch die Beobachtung von Demonstrationsexperimenten („Demo“). Als Kriterium wird hierbei herangezogen, dass beim Demonstrationsexperiment das Gros der Schülerinnen und Schüler einer Person beim Experimentieren zuschaut. Da das Demoexperiment naturgemäß stark angeleitet ist, muss auch für das Schülerexperiment aus Gründen der Vergleichbarkeit eine detaillierte Versuchsanleitung („Kochbuch“) stattfinden. Diese wird in schriftlicher Form den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung gestellt. Damit bestehen zwei Gruppen, die sich vorrangig in den das Experiment durchführenden Personen unterscheiden.

Untersuchungen aus der Lernpsychologie (Mayer 2004) legen nahe, dass Probleme von Lernenden dann besser gelöst werden, wenn diese eine anleitende, nicht zu kleinschrittige Instruktion erhalten. Eine solche geführte („guided“), aber zum Nachdenken anregende Instruktion erhält die dritte Gruppe.

Vermutet wird, dass sich Unterschiede zwischen den Treatments zeigen lassen. Die unklare Forschungslage lässt dabei keinen Vorteil einer Experimentiermethode gegenüber einer anderen als begründet erscheinen.

Mittels eines selbst entwickelten quantitativen paper-pencil Tests im single-choice Antwortformat wurde die Leistungsentwicklung von Schülerinnen und Schülern gemessen. Während eines Pretests wurde das Vorwissen erhoben. Nach sechs Wochen Physikunterricht, in dem mehrere Schulklassen nach jeweils einer der drei Experimentiermethoden unterrichtet wurden, folgte ein Posttest. Um zu kontrollieren, dass in allen Klassen der gleiche Unterricht stattfand, orientierten sich die unterrichtenden Lehrkräfte an zur Verfügung gestellten Stundenskripten. Zusätzlich erhielten alle Schülerinnen und Schüler zur Durchführung und Dokumentation der Experimente Arbeitsblätter (Winkelmann & Erb, 2013). Insgesamt fließen die Daten von 428 Schülerinnen und Schülern in die Analyse des Lernerfolgs ein.

### Ergebnisse

Die Auswertung der Daten erfolgte mittels einer Varianzanalyse mit Kovariate (ANCOVA). Als Kovariate wurde der Einfluss der unterrichtenden Lehrkraft herauspartialisiert. Die folgenden Abbildungen zeigen die Leistungen der jeweils in den Blick genommenen Schülerinnen und Schüler zu den zwei Messzeitpunkten (Pre- und Posttest). Insgesamt hätten von den Schülerinnen und Schülern im Leistungstest 17 Punkte erreicht werden können.

#### Gesamtbetrachtung der drei Treatments

Abbildung 1 zeigt die Leistungsentwicklung aller Schülerinnen und Schüler differenziert nach den verschiedenen Experimentiermethoden. Der nahezu parallele Verlauf der Geraden verdeutlicht, dass es keine messbar signifikanten Unterschiede im Lernerfolg zwischen den Treatments gibt. Allerdings ist es bedauerlich, dass die Experimentiergruppe „Kochbuch“ mit einem signifikant niedrigeren Vorwissen startet, als die Schülergruppe, die Demoexperimente beobachtete. Verringert man mit Hilfe statistischer Verfahren diese Varianz der Leistungen im Pretest, lässt sich ein leichter – wenn auch nicht signifikanter – Vorteil für die „Demo“-Gruppe beobachten.

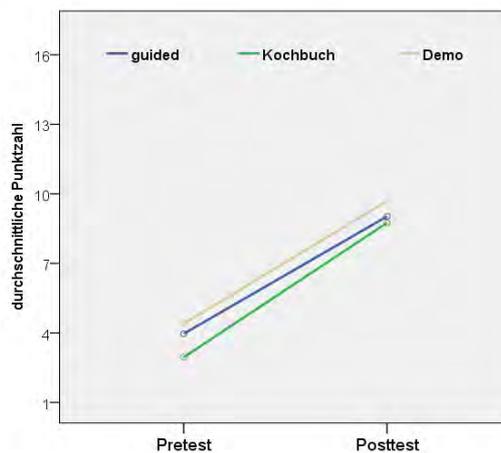


Abb. 1: Leistungen aller teilnehmenden Schülerinnen und Schüler

#### Vergleich nach Leistungsgruppen

Anhand der Leistungen im Pretest wurden die Schülerinnen und Schüler in Terzile eingeteilt. Für die Betrachtung des Lernerfolgs zeigen sich insbesondere im Drittel der leistungsschwächeren Schülerinnen und Schüler ( $n = 154$ ) interessante Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen. Insgesamt schneidet hier das Demoexperiment am besten ab: Die Schülerinnen und Schüler, die ihrer Lehrkraft beim Experimentieren zugehört haben, profitieren von dieser Experimentiermethode signifikant stärker als die Schülerinnen und Schüler der „guided“-Gruppe ( $p = .005$ ;  $\eta^2 = .02$ ). Der Lernzuwachs der „Kochbuch“-Gruppe liegt zwischen den beiden anderen Gruppen, die Unterschiede sind hier allerdings nicht signifikant. Für die besseren Schülerinnen und Schüler (mittleres und leistungsstärkstes Drittel) lassen sich keine Unterschiede zwischen den verglichenen Experimentiermethoden nachweisen.

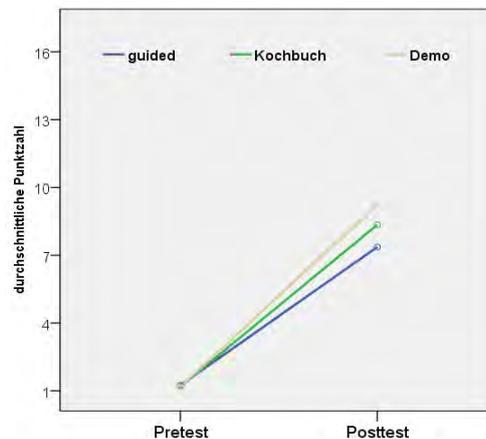


Abb. 2: Lernerfolg leistungsschwacher Schülerinnen und Schüler

### Vergleich nach Geschlecht

Betrachtet man die Leistungsentwicklung von Jungen und Mädchen, ergibt sich die in Abbildung 3 präsentierte Situation. Die Mädchen lernen in den sechs Wochen der stark von Experimenten geprägten Intervention signifikant mehr hinzu als ihre Mitschüler ( $p = .007$ ;  $\eta^2 = .017$ ). Für diesen Vergleich liegen Daten von 210 Mädchen und 205 Jungen vor. Analysiert man den Erfolg der Mädchen etwas detaillierter, zeigt sich, dass das Schülerexperiment mit enger Instruktion am hilfreichsten war. Hier kann man allerdings lediglich von einem signifikanten Trend sprechen, die Effektstärke ist entsprechend gering ( $p = .066$ ;  $\eta^2 = .001$ ). Die Jungen scheinen von allen Experimentierarten ähnlich gut zu profitieren.

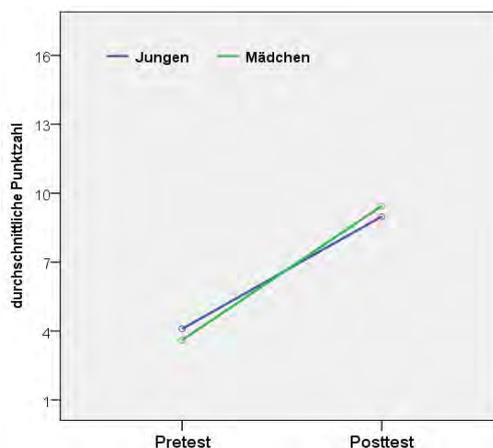


Abb. 3: Lernerfolg von Jungen und Mädchen

### Zusammenfassung und Ausblick

Mit den im Rahmen der vorgestellten Studie erhobenen Daten zum Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern gelingt es, Aussagen darüber zu formulieren, für welche Schülergruppen das Demoexperiment oder das Schülerexperiment als die geeignetere Methode erscheint.

Der Vergleich des Lernerfolgs zwischen den Treatments über alle Schülerinnen und Schüler kann zunächst die Nullhypothese nicht ausschließen und lässt daher den Schluss zu, dass es für das Erlernen fachlicher Inhalte unerheblich ist, mit welcher Experimentiermethode im Physikunterricht gearbeitet wird. Insbesondere leistungsschwache Schülerinnen und Schüler scheinen stärker von Demonstrationsexperimenten profitieren zu können. Die Auswertung des Lernzuwachses differenziert nach Jungen und Mädchen zeigt, dass die Mädchen signifikant mehr hinzu lernen konnten als ihre Mitschüler. Dabei unterstützt eine stark angeleitete Schülerexperimentierumgebung den Lernerfolg der Mädchen besonders gut.

Ab September 2013 findet eine weitere Studie statt, in der unter anderem zusätzliche Messungen direkt im Anschluss an die Durchführung der Experimente vorgesehen sind. Auf diese Weise soll untersucht werden, ob mögliche Unterschiede in den Treatments durch die Nachbereitung der Experimente im Lehrer-Schülergespräch ausgeglichen worden sind.

### Literatur

- Andersson, J. (2013): The role of different forms of laboratory work in physics at upper secondary school – An empirical longitudinal study. Poster präsentiert während der ESERA-Conference 2013 auf Zypern.
- Hopf, M. (2007): Problemorientierte Schülerexperimente. Logos: Berlin.
- Mayer, R. E. (2004): Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, 59(1), 14–19.
- Millar, R. (2010): Practical work. In: Osborne, J. & Dillon, J (Hrsg.): *Good practice in science teaching: What research has to say*. Open University Press, 2010, 108-134.
- Welzel, M.; Haller, K.; Bandiera, M.; Hammelev, D.; Koumaras, P.; Niedderer, H.; Paulsen, A.; Robinault, K.; von Aufschnaiter, S. (1998): Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden – Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *ZfDN*, 4(1), 29-44.
- Winkelmann, J. & Erb, R. (2012): Schüler- und Lehrerexperimente im Optikeingangsunterricht an Gymnasien. In: *PhyDid B – Didaktik der Physik*, Beitrag DD 22.3.

Alexander Koch<sup>1</sup>  
 Celia Längle<sup>1</sup>  
 Peter Labudde<sup>1</sup>  
 Enikő Zala<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pädagogische Hochschule FHNW  
<sup>2</sup> Pädagogische Hochschule Zürich

## Lern- und Lehrvoraussetzungen im Modellversuch SWiSE

Swiss Science Education (SWiSE) ist ein Schul- und Unterrichtsentwicklungsprojekt in der Deutschschweiz. Ziel ist, die Freude von Schülerinnen und Schülern in naturwissenschaftlichen Fächern zu stärken. Bei Lehrpersonen sollen Kompetenzen unterstützt, verfolgt und bewertet sowie Kooperation gefördert werden. Auf Schulebene soll Innovation und Weiterentwicklung in den Naturwissenschaften verankert werden. Der zentrale theoretische Rahmen zur Projektevaluation entstammt Huber (2011) und betrifft alle wichtigen Ebenen der Schule (z.B. Maag Merki, 2008): Schulleitungen, Lehrpersonen und Schülerinnen und Schüler, wobei die Lehrpersonen als Ansatzpunkt für Unterrichtsentwicklung wirken. Diesen Lehrpersonen bietet SWiSE vielseitige Weiterbildungsmöglichkeiten, z. B. Lernmodule, Konferenzen, Praxis- und Netzwerktreffen, Online-Plattformen etc.. Lehrpersonen sind aufgefordert gemeinsam und voneinander zu lernen, sich auszutauschen, Material zu entwickeln und zu teilen. Eine Teilgruppe der SWiSE-Lehrpersonen erhält zudem individuelles Coaching, d. h. eine fachdidaktisch ausgebildete Person der Hochschule arbeitet intensiv mit einer Gruppe von Lehrpersonen über drei Jahre hinweg. Coaching bedeutet insofern Austausch zwischen Experten aus fachdidaktischer Forschung mit Lehrpersonen in der Berufspraxis.

### Methoden

#### Variablen

*Die Schulleitungen* wurden per Selbsteinschätzung zur Aktivierung/ Motivierung gegenüber den Lehrpersonen und zu ihrer Partizipationsorientierung als Schulleitung befragt (Koch, 2011) und arbeitsbezogenes Vertrauen (Pröbstel, 2008) sowie die Einschätzung des Transferklimas im Kollegium wurden erfragt (Jerusalem et al., 2009).

*Die Lehrpersonen* antworteten zu denselben Skalen aus ihrer eigenen Perspektive. Weiterhin machten sie Angaben zur Kooperation untereinander (Austausch, Ko-Konstruktion, Synchronisation) nach Gräsel (2006), zu Metakognitionen bei der Unterrichtsvor- (Planung, Monitoring) und Nachbereitung (Evaluation) nach Schellenbach-Zell (2009), zu konstruktivistischen Ansätzen in ihrem eigenen Unterricht (Eigenkonstruktion in Anlehnung an Duit & Wodzinski, 2006; Muijs & Reynolds, 2011; Rakoczy et al., 2005), zu Zielen von SWiSE, zur Intention forschend-entdeckendes Lernen im Unterricht einzubinden (Eigenkonstruktion nach van Hooft, Born, Taxis, van der Flier & Blonk, 2005), zur Selbstwirksamkeit gegenüber Schülerinnen und Schülern (Jerusalem et al., 2009; Rakoczy et al., 2005) und zur Einstellung zum Anwendungsnutzen naturwissenschaftlichen Wissens (Blömeke et al., 2009; Grigutsch et al., 1998). Die Lehrpersonen erhielten zudem einen Vignettentest zur Erfassung allgemein-pädagogischen und fachdidaktischen Wissens (Bölsterli et al., 2011).

*Die Schülerinnen und Schüler der 3. bis 9. Klassenstufe* wurden befragt zur: Lernmotivation (Freude, Langeweile; Jerusalem et al., 2009), zu intrinsischer Motivation (Eigenkonstruktion), zum fachbezogenem Selbstkonzept (Wagner, Helmke & Rösner, 2009), zur Regulationspräferenz (Selbst-/ Fremdreulation; Rakoczy et al., 2005), zur instrumentellen und thematischen Motivierung durch die Lehrperson sowie zur Schülerorientierung der Lehrperson (Wagner et al., 2009) und zur Relevanz des Faches (bspw. Buff et al., 2010).

Alle Aussagen wurden auf einer 4-stufigen Likert-Skala bewertet (1=trifft überhaupt nicht zu, 2=trifft eher nicht zu, 3=trifft eher zu, 4=trifft völlig zu).

*Kinder der 1. und 2. Jahrgangsstufe* erhielten einen Fragebogen mit dichotomisierendem Antwortformat (stimmt nicht – stimmt genau) zu Freude an Schule allgemein, Lernfreude im „Sachunterricht (SU)“<sup>1</sup>, Anstrengungsbereitschaft im SU, Bedeutung von Lernen im SU und die didaktisch-methodische Ausgestaltung des SU (in Anlehnung an Christen, 2003 sowie Rauer & Schuck, 2004).

#### *Design und Erhebungsmethode*

SWiSE wird in einem doppelt kontrollierten Mehrebenen-Design evaluiert. Die Evaluation begann anfangs Schuljahr im Herbst 2012 und wird bis Sommer 2015 jeweils zum Schuljahresende weitergeführt. In der Interventionsgruppe befinden sich 118 sog. SWiSE-Lehrpersonen, die an den eigens konzipierten Weiterbildungsangeboten teilnehmen (können). In der Vergleichsgruppe 1 (Kollegen und Kolleginnen der SWiSE-Lehrpersonen) verfolgen wir indirekte Einflüsse und direkte Kooperationen innerhalb des Fachkollegiums ( $n \approx 40$ ). Vergleichsgruppe 2 sind Lehrpersonen der Naturwissenschaften, die nicht oder nur unsystematisch, innerhalb ihrer persönlichen Entwicklung, mit SWiSE in Berührung kommen. Diese Gruppe macht Weiterbildung wie gewohnt ( $n \approx 25$ ).

Das Sampling der Vergleichsgruppe 2 richtete sich nach den folgenden Kriterien:

1. Keine Teilnahme der Lehrperson an Schulentwicklungsprojekt in Naturwissenschaften
2. Gewichtung nach kantonaler SWiSE-Beteiligung
3. Gewichtung nach Schulstufe
4. Randomisierte Akquise der Kontrollgruppe

Beispielsweise ergab sich eine Verteilung von SWiSE-Lehrpersonen in Bern ( $N_{\text{SWiSE}}=18$ ), in Luzern ( $N_{\text{SWiSE}}=8$ ) und Solothurn ( $N_{\text{SWiSE}}=4$ ). So wurden für Bern 10 Kontrolllehrpersonen akquiriert, für Luzern 4 und für Solothurn 2. Innerhalb jeder dieser einzelnen Kontrollgruppen wurde zudem die Schulstufenverteilung (Kindergarten, Primarstufe, Sekundarstufe-I) bezüglich der SWiSE-Stichprobe berücksichtigt.

Die Datenerhebung ist weitgehend online-basiert. Jede Lehrperson sollte mindestens eine ihrer Klassen befragen. Die Links für die Lehrpersonen- und die Schulleitungsbefragung wurden zentral versendet. Die Fragebögen der Schülerinnen und Schüler der 3. bis 6. Klassen wurden an die Lehrpersonen zusammen mit einem Durchführungsmanual per Post verschickt. Die Online-Links für Schülerinnen und Schüler der 7. bis 9. Klassen wurden den Lehrpersonen zur Verteilung und ebenso mit Durchführungsmanual per E-Mail zugestellt. Diese beiden Schülerbefragungen unterscheiden sich inhaltlich nicht. Für Kinder in Klasse 1 und 2 wurde ein gesonderter Fragebogen erstellt, ein Durchführungsmanual entwickelt und wissenschaftliche Hilfsassistentinnen zur Durchführung geschult und abgestellt.

#### **Stichprobe und Resultate**

Befragt wurden 55 SWiSE-Schulleitungen und 15 Kontrollschulleitungen, 159 Lehrpersonen (51% männlich, 28% Vergleichs- + Kontrollgruppe) und 2872 Schülerinnen und Schüler (218 Klasse 1-2, 2872 Klasse 3-9). Cronbach- $\alpha$  liegt für alle angeführten Skalen durchschnittlich bei .74, zwischen .48 und .90 (Mittlere Abweichung vom Mittelwert = .08).

Schulleitungen zeigen keine signifikanten Unterschiede in den Skalenmittelwerten, sie liegen etwa bei 3.4 (Max.=4). Die SWiSE-Lehrpersonen unterscheiden sich gegenüber der Gesamtgruppe aus Vergleichs- und Kontrolllehrpersonen lediglich signifikant im Austausch ( $AM_{\text{SWiSE}}=3.32$ ,  $AM_{\text{VLP+KLP}}=3.02$ ,  $t(15)=3.82$ ,  $p<.001$ , Levene-Test n.s.). Bezüglich allgemein-pädagogischen und fachdidaktischen Wissens zeigen sich keine Unterschiede, weder zwischen den Gruppen, noch zwischen Sek-I- und Primarstufenlehrpersonen. Die Kinder der Stufen 3 bis 9 unterscheiden sich auf keinem Skalenmittelwert signifikant. Auf den Klassen-

<sup>1</sup> Der Verständlichkeit halber wird der deutsche Begriff Sachunterricht verwendet. In der Schweiz existiert dieser so nicht. AK

stufen 1 und 2 sind die Konstrukte mässig bis gut reliabel (Freude an Schule allgemein:  $\alpha=.62$ , Lernfreude SU:  $\alpha=.76$ , Anstrengungsbereitschaft SU:  $\alpha=.27$ , Bedeutung von Lernen SU:  $\alpha=.31$ , methodisch-didaktische Ausgestaltung SU:  $\alpha=.50$ ). Rasch-Analysen ergaben, dass die Skalen im oberen Zustimmungsbereich an Differenzierungsgenauigkeit einbüßen.

### Diskussion

SWiSE erscheint in seiner Ausgangslage insgesamt als ein Projekt, das an der Unterrichtsrealität ansetzt. Die Eingangsvoraussetzungen der Projektteilnehmenden stimmen mit denen der Kontrollgruppe auf allen Ebenen überein. Die Ergebnisse deuten auf eine gute Erfassung der relevanten Konstrukte hin, bei den Kindern der 1. und 2. Klasse liegt weiterer Entwicklungsbedarf zur ökonomischen Erfassung von Anstrengungsbereitschaft und der Unterrichtseinschätzung nahe.

### Literatur

- Blömeke, S., Felbrich, A., & Müller, C. (2009). Future Teachers' Beliefs on the Nature of Mathematics. In F. Achtenhagen, F. K. Oser & U. Renold (Hrsg.), *Teachers' professional development : aims, modules, evaluation (25-46)*. Rotterdam [u.a.]: Sense Publ.
- Bölsterli, K., Brovelli, D., Rehm, M., & Wilhelm, M. (2011). Vignettentest zur Erhebung professioneller Kompetenz. In D. Höttecke (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. GDCP Jahrestagung in Potsdam 2010. (285-287)*. Berlin: LIT Verlag.
- Buff, A., Reusser, K., & Pauli, C. (2010). Die Qualität der Lernmotivation in Mathematik auf Basis freier Äusserungen: Welches Bild präsentiert sich bei Deutschschweizer Schülerinnen und Schülern im 8. und 9. Schuljahr? In K. Reusser, C. Pauli & M. Waldis (Hrsg.), *Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsqualität. Ergebnisse einer internationalen Videostudie zum Mathematikunterricht. (253-278)*. Münster: Waxmann.
- Christen, F. (2003). Einstellungsausprägungen bei Grundschulern zu Schule und Sachunterricht und der Zusammenhang mit ihrer Interessiertheit. Univ. Diss., Universität Kassel, Kassel.
- Duit, R., & Wodzinski, C. T. (2006). Guten Unterricht planen. Kategorien fachdidaktischen Denkens bei der Planung des Unterrichts. *Naturwissenschaften im Unterricht: Physik. Unterricht überdenken, Unterricht entwickeln, (92)*, 9-11.
- Gräsel, C. (2006). Das Verhältnis von Erziehungswissenschaft und Bildungsforschung aus der Perspektive der Unterrichtsforschung. In H. Merckens (Hrsg.), *Erziehungswissenschaft und Bildungsforschung (97-108)*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Grigutsch, S., Raatz, U., & Törner, G. (1998). Einstellungen gegenüber Mathematik bei Mathematiklehrern. *Journal für Mathematik-Didaktik, 19(1)*, 3-45.
- Huber, S. G. (2011). The impact of professional development [...]. *Professional Development in Education, 37(5)*, 837-853.
- Jerusalem, M., Drössler, S., Kleine, D., Klein-Hessling, J., Mittag, W., & Röder, B. (2009). Förderung von Selbstwirksamkeit und Selbstbestimmung im Unterricht. [...]. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin.
- Koch, S. (2011). Wo interagieren Führung und Organisation? [...]. In M. Göhlich, S. Weber, A. Schröder & C. Schiersmann (Hrsg.), *Organisation und Führung. Beiträge der Kommission Organisationspädagogik. (55-65)*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Maag Merki, K. (2008). Die Architektur einer Theorie der Schulentwicklung. *Journal für Schulentwicklung, 12(2)*, 22-30.
- Muijs, D., & Reynolds, D. (2011). *Effective teaching : evidence and practice (2. ed.)*. London: Sage.
- Pröbstel, C. (2008). Lehrerkooperation und die Umsetzung von Innovationen. [...]. Univ. Diss. Wuppertal: Logos.
- Rakoczy, K., Buff, A., & Lipowsky, F. (2005). Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie. "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis". Frankfurt/ M.: GEBF/ DDPF.
- Rauer, W., & Schuck, K. D. (2004). FEES 1-2. Fragebogen zur Erfassung emotionaler und sozialer Schulerfahrung von Grundschulkindern erster und zweiter Klassen. Göttingen: Beltz.
- Schellenbach-Zell, J. (2009). Motivation und Volition von Lehrkräften in Schulinnovationsprojekten. Univ. Diss., Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal
- van Hooft, E. A. J., Born, M. P., Taris, T. W., van der Flier, H., & Blonk, R. W. B. (2005). Bridging the gap between intentions and behavior [...]. *Journal of Vocational Behavior, 66(2)*, 238-256.
- Wagner, W., Helmke, A., & Rösner, E. (2009). *Deutsch Englisch Schülerleistungen International. Dokumentation der Erhebungsinstrumente für Schülerinnen und Schüler, Eltern und Lehrkräfte*. Frankfurt/ M.: GEPF/ DDPF.

### Naturwissenschafts-Lehrerfortbildung und professionsbezogene Gespräche

In diesem Artikel werden ausgewählte sowie vorläufige Ergebnisse eines Promotionsprojekts präsentiert, für das während eines Comenius 2.1 Projektes zwischen 2008 und 2010 Daten erhoben wurden. Das Hauptziel dieser Arbeit ist es, Lehrerfortbildungen im Bereich der Naturwissenschaften durch eine zielgerichtete wissenschaftliche Begleitung zu optimieren. Über die Ergebnisse der TALIS Befragung (OECD, 2010) wissen wir, dass informelles Lernen und Lehrerweiterbildungskurse eine bedeutsame Rolle in den Professionalisierungsaktivitäten von Lehrern spielen. Durch eine detaillierte Analyse der informellen professionsbezogenen sowie auch anderweitigen Kommunikation der Teilnehmer(innen) wird in unserem Projekt versucht, begründete Hypothesen darüber zu bilden, wie sich Aspekte informeller Kommunikation sinnvoll mit formellen Lehrerfortbildungen verbinden lassen.

Studien im Bereich der Professionalisierung beginnen gerade erst, über empirische Begleitung erfolgreiche Methoden für Lehrerfortbildungskurse zu entwickeln (Buchholtz, 2010). Studien, welche sich qualitativ mit den Kommunikationsprozessen zwischen Lehrern innerhalb von Lehrerfortbildungen befassen, sind nicht zu finden. Schaut man tiefer in den Forschungsbereich der Informellen Kommunikation, findet man einige Studien, welche sich mit Auswirkungen oder aber mit Faktoren, welche informelle Prozesse beeinflussen, befassen (u.a. Overwien, 2008).

Von formellen Lehrerfortbildungen wissen wir, dass sie einen nachhaltigen Einfluss auf die Berufspraxis haben können. Studien, die belegen, dass die Auswirkungen derartiger Lehrerprofessionalisierungsmaßnahmen einen Einfluss auf das Lernen von Schülern haben, sind zahlreich (Angrist & Lavy, 2001; Borko, 2004; Darling-Hammond et al., 2005). Die Prozesse jedoch, welche innerhalb von Lehrerfortbildungen zu Professionalisierung führen, blieben bisher im Dunkeln (Desimone, 2009).

Der von der OECD in Auftrag gegebene „Teaching and Learning International Survey“ (TALIS) versucht die Einschätzung von Lehrern in Bezug auf wesentliche Aspekte ihres Berufs zu ermitteln. Die letzte Auflage der Umfrage lief 2008. 2010 wurden erste Ergebnisse veröffentlicht. In TALIS wurden die Lehrer u.a. zu ihrer Professionalisierung befragt.<sup>1</sup> Hier ein Auszug der drei bedeutendsten Faktoren<sup>2</sup>:

Tab. 1: TALIS Daten Auszug – Nutzung und eingeschätzte Effizienz von Professionalisierungsmaßnahmen

	<b>Informeller Dialog zur Verbesserung der Lehre</b>	<b>Kurse &amp; Workshops</b>	<b>Lesen professioneller Literatur</b>
<b>Genutzt von</b>	92,6 %	81,2 %	77,7 %
<b>Effizienz</b>	86,7 %	80,6 %	82,8 %

Die Daten zeigen, dass sowohl den „*Informellen Dialogen*“ sowie den „*Kursen & Workshops*“ aufgrund ihres hohen Nutzungsgrades wie auch der eingeschätzten Effizienz eine Schlüsselbedeutung im Rahmen der Professionalisierung von Lehrern zufällt.

<sup>1</sup> Die Fragen lauteten „Welche Professionalisierungsmaßnahme haben Sie in den letzten 18 Monaten in Anspruch genommen?“ und „Welche der folgenden Aktivitäten würden sie selbst als moderat bis hocheffektiv einschätzen?“

<sup>2</sup> Sonst noch genannte Professionalisierungsmaßnahmen erreichen nur eine Nutzung von unter 50% innerhalb der letzten 18 Monate unter den befragten Lehrern.

Mit dieser Studie sollen Erkenntnisse durch die Analyse kommunikativer Prozesse zwischen Lehrkräften innerhalb eines Lehrerfortbildungskurses zur Nutzung von IKT (Informations- und Kommunikationstechnologien) gewonnen werden. Dazu werden Kommunikationsanteile der Teilnehmer untersucht, welche sowohl offline als auch online stattgefunden haben. Die hier vorgestellten Ergebnisse stammen aus der Analyse von Audioaufnahmen, welche die Lehrkräfte während des Kurses freiwillig von einigen ihrer informellen Gespräche zu Forschungszwecken angefertigt haben. Die Audioaufnahmen wurden transkribiert und in induktiver Form im Rahmen einer Qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) kategorisiert und ausgewertet. Hierbei entstand ein Kategoriensystem, welches einige Über- und Unterkategorien<sup>3</sup> aufweist.

Von 2008-2010 entwickelte ein internationales Konsortium von sieben Partnern einen modularen, internationalen Lehrerfortbildungskurs: „CAT – The Effective Use of Computer Aided Teaching and Learning Material in Science Education“ (Welzel-Breuer et al., 2010). Die Fortbildung enthielt sowohl E-Learning Phasen (Moodle) als auch einwöchiges, direktes Treffen zwischen Teilnehmern und Trainern. Die Lehrerfortbildung bestand aus drei Modulen, welche darauf abzielten, die Lehrkräfte (1) zu befähigen, vorhandenes IKT-Material für den naturwissenschaftlichen Unterricht angemessen zu nutzen, (2) best practise Beispiele aus dem Kurs an ihre Situation anzupassen und (3) an die Selbstevaluierung durch Action Research heranzuführen. Die erste (und hier beforschte) Lehrerfortbildung fand 2011 in Patras, Griechenland statt. Die zweite Lehrerfortbildung fand 2013 in Lyon, Frankreich statt. An der Fortbildung in Patras nahmen 19 Lehrer aus sechs Ländern teil.

Derzeit sind ca. 30 % des Audiomaterials transkribiert und kategorisiert. Dies sind ca. 8 Std., verteilt über eine Woche. 14 Personen waren mehr oder weniger intensiv an Konversationen beteiligt. Aus dieser Datengrundlage heraus formulieren wir hier erste Ergebnisse und Hypothesen.

Das Kategoriensystem der informellen Gespräche weist bis jetzt folgende Überkategorien und codierte Konversationen auf:

*Tab. 2: Überkategorien und Anzahl kodierter Konversationen*

Kulturelles	Teilnehmer oder Trainer	Kursgeschehen	Andere Unterhaltungen	Professionsbezogen
622	510	375	339	339

Wie man erkennen kann, ist der Anteil an Gesprächen über Kulturelles recht hoch, und es scheint ein großes Interesse an persönlichen Aspekten der Lehrkräfte untereinander vorhanden zu sein. Professionsbezogene Unterhaltungen rangieren weiter hinten.

Listet man die Häufigkeit von Gesprächsthemen nach den gebildeten Unterkategorien auf, ergibt sich folgendes Bild:

*Tab. 3: Häufigkeit von Gesprächsthemen nach Unterkategorien*

Essen	Sprache	Persönlich werden	Geschehnisse im Kurs	Allg. Austausch über Kultur
255	169	165	162	135

*Fortsetzung Tab. 3*

Socialising	Erfragen/Teilen von Meinungen	Kulturelle Unterschiede feststellen	Audio Aufnahmen	Pers. Situation im Beruf
126	124	117	98	91

<sup>3</sup> Aufgrund der geringen Seitenzahl für diesen Artikel – kann das Kategoriensystem selbst nicht vorgestellt werden.

Bei näherer Betrachtung scheinen sich die Lehrer vornehmlich über Dinge zu unterhalten, die sich zeitlich oder räumlich in ihrer unmittelbaren Nähe befinden – alle Themen weisen einen hohen situationalen (Greeno et al., 1996; Lave & Wenger, 1991) Bezug auf: auch in dieser Auswertung liegen die professionsbezogenen Themen mit „pers. Situation im Beruf“ weiter hinten. Alle Konversationen betreffen im hauptsächlich Persönliches und Kulturelles. Dieser Schwerpunkt - zusammen mit den situationalen Präferenzen - kann für eine Kursgestaltung genutzt werden. Sollten sich diese Präferenzen auch in vergleichbaren Gruppen wiederfinden, könnten Kursgestalter sich dies gezielt zunutze machen: Durch das Wissen der Vorteile von situationalen wie auch persönlichen Themen können Inhalte mit Fokus auf diese Aspekte hin optimiert werden. Die Neugierde an der Person wird zum Träger der Inhalte. Die Situationalität deutet ebenfalls darauf hin, dass man Gespräche durch bewusste Gestaltung der Umgebung auf bestimmte Themen lenken kann. Ein starker Faktor schien die Unterbringung der Teilnehmer zu sein – die häufigsten Gespräche fanden zwischen Personen statt, die gemeinsam untergebracht waren. Auch dies ließe sich sinnstiftend zur Förderung der Netzwerkbildung einsetzen. Wir hoffen, durch die Analyse weitere mögliche Einflussfaktoren zu finden, welche helfen, einen neuen professionellen Blick auf die Kursgestaltung zu gewinnen.

#### Literatur

- Angrist, J. D., & Lavy, V. (2001). Does Teacher Training Affect Pupil Learning? Evidence from Matched Comparisons in Jerusalem Public Schools. *Journal of Labor Economics*, 19(2), 343–69.
- Borko, H. (2004). Professional Development and Teacher Learning: Mapping the Terrain. *Educational Researcher*, 33(8), 3–15.
- Buchholtz, C. (2010). Neue Medien: neues Lernen - neues Handeln. Humboldt-Universität zu Berlin, Philosophische Fakultät IV. Retrieved from <http://edoc.hu-berlin.de/docviews/abstract.php?id=37270>
- Darling-Hammond, L., Holtzman, D. J., Gatlin, S. J., & Heilig, J. V. (2005). Does Teacher Preparation Matter? Evidence about Teacher Certification, Teach for America, and Teacher Effectiveness. *Education Policy Analysis Archives*, 13(42). Retrieved from <http://epaa.asu.edu/ojs/article/download/147/273>
- Fishman, B., Marx, R. W., & Tal, R. T. (2003). Linking teacher and student learning to improve professional development in systemic reform. *Teaching and Teacher Education*, 19(6), 643–658. doi:10.1016/S0742-051X(03)00059-3
- Greeno, J. G., Collins, A. M., & Resnick, L. B. (1996). Cognition and learning. In D. C. Berliner & R. C., Ph D. Calfee (Eds.), *Handbook Of Educational Psychology* (pp. 15–41). Routledge Member of the Taylor and Francis Group.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning : legitimate peripheral participation*. Cambridge [England]; New York: Cambridge University Press.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken* (11., aktual., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- OECD. (2010, October 15). *Creating Effective Teaching and Learning Environments: First Results from TALIS - Chapter 3: The Professional Development of Teachers - Tables*. OECD Publishing. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1787/607807256201>
- Overwien, B. (2008). Informelles Lernen. In T. Coelen & H.-U. Otto (Eds.), *Grundbegriffe Ganztagsbildung* (pp. 128–136). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. Retrieved from <http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-3-531-91161-8>
- Welzel-Breuer, M., Stadler, H., Raykova, Z., Erb, R., Lavonen, J., Buty, C., & Ioannidis, G. S. (2010). Das europäische Forschungs- und Entwicklungsprojekt CAT. In D. Höttecke (Ed.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik*. (Vol. 30, pp. 350 – 352). Presented at the Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Dresden 2009, Münster: LIT-Verlag.

Heike Itzek-Greulich<sup>1</sup>  
 Barbara Flunger<sup>2</sup>  
 Christian Vollmer<sup>3</sup>  
 Benjamin Nagengast<sup>2</sup>  
 Markus Rehm<sup>3</sup>  
 Ulrich Trautwein<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
<sup>2</sup>Universität Tübingen  
<sup>3</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg

### **Effekte der Einbindung eines Schülerlaborbesuchs in den Schulunterricht auf die Lernleistung**

#### **Zusammenfassung**

Die Studie untersucht Effekte eines außerschulischen Lernorts (Schülerlabor) auf die Lernleistung von Schülerinnen und Schülern im naturwissenschaftlichen Schulunterricht in drei Lehr-Lernarrangements als Treatmentgruppen (1) Schule, (2) Labor und (3) Schule+Labor (=Einbindung) und einer Wartekontrollgruppe mit Pre- und Post-Erhebungen. Die Intervention hatte die Unterrichtseinheit „Starke Stärke“ aus der organischen Chemie zum Thema. Die Fragestellung der Studie lautete: Welche Effekte haben die unterschiedlichen Lehr-Lernarrangements auf die Lernleistung von Schülern? Die über die Treatmentgruppen randomisierte Stichprobe (68 neunte Realschulklassen) wurde mit quantitativen Fragebögen und Leistungstests befragt. Im Ergebnis schnitt die Treatmentgruppe „Labor“ in den Teilbereich „Lückentext“ und „Treatmentsspezifisches Wissen“ schlechter ab.

#### **Ausgangslage**

Ende der 90-er Jahre des letzten Jahrhunderts entstanden die ersten Schülerlabore in Deutschland. Inzwischen gibt es deutschlandweit mehr als 300 Schülerlabore ([www.lernortlabor.de](http://www.lernortlabor.de)). Ein wichtiges Ziel aller Labore ist es, die Begeisterung und das Verständnis der Heranwachsenden für Naturwissenschaften zu steigern und auf diese Weise den fachlichen Nachwuchs im MINT-Bereich zu fördern.

*Einbindung in den Unterricht.* Guderian (2007) konnte aufzeigen, dass eine enge Einbindung eines Schülerlaborbesuchs in den Unterricht positive Effekte mit sich bringen kann. Weiter gibt es Hinweise aus Studien zu außerschulischen Lernorten (Museen) (Krombass & Harms, 2006; Waltner & Wiesner, 2007), die zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler unter geeigneten Rahmenbedingungen (z. B. effektive Vor- und/oder Nachbereitung) während des Lerngangs mehr lernen als eine Vergleichsgruppe, welche sich nur im Klassenzimmer mit dem gleichen Thema beschäftigt.

*Vorliegende Studie und Forschungsfrage.* Aufbauend auf vorangegangenen explorativen Studien (angefangen mit Engeln 2004 bis Pawek 2009) wurde die vorliegende Studie quantitativ konzipiert. Es stellt sich die Frage, ob die Kombination aus Schule+Labor die Effektivität des Lernens erhöhen kann. Damit werden sowohl ein Entwicklungsbedarf als auch eine Forschungslücke deutlich, denn die Lehr-Lernarrangements (LLA) der Schülerlabore sind nur in geringem Maße in den Schulunterricht eingebunden. In der durchgeführten Interventionsstudie soll die Wirkung der Einbindung eines Schülerlabors auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler untersucht werden.

#### **Methode**

Die Interventionsstudie ist eine quantitative, experimentelle Pre-Post-Studie. Die gewonnenen Daten schaffen – unter Berücksichtigung der geschachtelten Datenstruktur – die Grundlage für mehrebenenanalytische Verfahren und Interpretationsweisen.

Die Pilotstudie fand im Schuljahr 2012/13 an 9 Schulen mit 150 Schülern statt und diente der Konzeption des LLA „Starke Stärke“ und der Fragebogenentwicklung. Im Pilot wurden

zwei neue Skalen zur Lernleistung entwickelt, welche Items zu Aspekten der Biochemie, organischen Chemie und des naturwissenschaftlichen Arbeitens beinhalten. Die Items zur Erfassung der Lernleistung wurden dabei sorgfältig aufgrund Kriterien (Reliabilität, Trennschärfe, Itemschwierigkeit) ausgewählt, sodass für die Hauptstudie ein valider Leistungstest vorlag. Es wurde darauf geachtet, dass das in den Skalen erfragte Wissen in allen Treatments gleichermaßen gelehrt wurde.

*Skala Treatmentwissen* ( $TSW_{PRE}/TSW_{POST}$ ). Eine zusammengesetzte Skala mit 21 Items im Multiple-choice-Format zum Thema organische Chemie der Stärke. Die Skala wurde mittels IRT von 33 auf 21 Items reduziert, wobei Trennschärfe und Itemschwierigkeit als Kriterien herangezogen wurden. Kennwerte:  $TSW_{PRE}$ : Cronbachs  $\alpha = .53$  ( $M = .52$ ;  $SD = .15$ ;  $n = 1601$ );  $TSW_{POST}$ : Cronbachs  $\alpha = .71$  ( $M = .58$ ;  $SD = .19$ ;  $n = 1579$ ).

*Skala Lückentext*. Lückentext ohne Prompt mit 12 einzusetzenden Begriffen zur organischen Chemie der Stärke. Cronbachs  $\alpha$  betrug .93 ( $M = .41$ ;  $SD = .35$ ;  $n = 1132$ ).

Darüber hinaus wurden als Kontrollvariablen Schulnoten in Selbstauskunft der Schüler in Mathematik, Naturwissenschaft (NWA) und Deutsch, die Intelligenz (KFT Wortanalogien; Heller & Perleth, 2000) sowie das Geschlecht (0, Junge; 1, Mädchen) in der Analyse berücksichtigt.

*Datengrundlage*. Die Hauptstudie beruhte auf einer Stichprobe von 1606 Neuntklässlern (50.6 % Mädchen, Alter:  $M = 15.34$ ;  $SD = .65$ ) aus 68 Schulklassen aus 22 Realschulen in Baden-Württemberg, die an der Studie im Schuljahr 2012/2013 teilnahmen. Die Anzahl der Schüler pro Klasse lag zwischen 23 und 30 ( $M = 26.84$   $SD = 3.24$ ). Die Fragebögen und Tests wurden im regulären naturwissenschaftlichen Unterricht unter Anweisung von wissenschaftlichem Personal ausgefüllt.

### Ergebnisse

Die Schüler der 4 LLA unterscheiden sich nicht signifikant in Bezug auf die erhobenen Kovariaten des Vortests (Noten, KFT, Geschlecht) jedoch hinsichtlich  $TSW_{PRE}$ , mit signifikant besseren Werten für die Laborgruppe ( $M = .54$ ) im Vergleich zur Kontrollgruppe ( $M = .50$ ).

Im zweiten Analyseschritt wurde die Intraklassenkorrelation (ICC) berechnet. Die ICC bestimmt den Anteil der Gesamtvarianz eines Items, der zwischen den Klassen liegt. Es zeigte sich, dass ein – nach Hox (2002, S.184) - relativ großer Anteil ( $TSW_{POST}$ : 25% und Lückentext: 33%) der interindividuellen Variation in der Lernleistung zwischen den Klassen lag.

Im nächsten Analyseschritt wurden zwei Random-intercept-Modelle der Lernleistung mit Schüler- und Klassenebene geprüft, in denen Schulnoten, KFT und Geschlecht kontrolliert wurden. Es wurde der Effekt der Treatments mit entsprechenden Dummy-Variablen bestimmt (Tabelle 1). Als Referenz-treatment wurde das LLA Schule+Labor gewählt. Tabelle 1 ist zu entnehmen, dass das Treatment die Lernleistung beeinflusst, mit schlechteren Werten der Kontrollgruppe im Vergleich zur Schule+Labor. Die Note in NWA, der KFT und Vorwissen hatten einen positiven Einfluss auf die Lernleistung.

In Bezug auf die  $aVs$  zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der Treatmentgruppe Schule und Schule+Labor. Schülerinnen und Schüler, welche der Treatmentgruppe Labor angehören schneiden signifikant schlechter ab als Schüler aus Schule+Labor. Das Gleiche gilt für die Schüler der Kontrollgruppe gegenüber Schule+Labor.

### Diskussion

Die Intervention „Starke Stärke“ konnte in zwei Treatmentgruppen positive Lernerfolge erzeugen. Die Treatmentgruppen „Schule“ und „Schule+Labor“ zeigten in der Lernleistung deutlich bessere Erfolge als „Labor“ und Kontrollgruppe. Somit konnte die Hypothese teilweise bestätigt werden. Eine statistisch exakte Möglichkeit der Randomisierung wäre der Wechsel der Lehrpersonen gewesen; d. h. Lehrpersonen aus der Schule würden demzufolge einen Kurs am Lernort „Schülerlabor“ erteilen und Kursleiter des Schülerlabors würden Schulunterricht an der

Schule erteilen. Diese Möglichkeit lässt sich aber aus organisatorischen und sicherheitstechnischen Gründen nicht umsetzen. Außerdem wurden bei der Konzeption der Treatments explizit real existierende Unterrichtsformen gewählt.

Tab. 1: Effekte des Treatments auf die Schülerleistung unter Kontrolle von Kovariaten

Variable	Treatent Wissen (TSW)		Lückentext "Starke Stärke"	
	B	SE	B	SE
<i>Class level (Level 2)</i>				
Dummy: Schule	.03	.02	.08	.05
Dummy: Labor	-.05	* .02	-.16	** .05
Dummy: Kontrollgruppe	-.09	** .02	-.24	** .05
<i>Student level (Level 1)</i>				
NWA-Note	.03	** .01	.21	** .04
Mathe-Note	.01	.01	.06	.06
Intelligenz KFT	.01	** .01	.20	** .03
Dummy: Geschlecht: weiblich	.01	.01	.18	** .04
Lernleistung 1 MZP: TSW <sub>Pre</sub>	.43	** .03		
<i>Aufgeklärte Varianz (R<sup>2</sup>)</i>				
Class level		.42		.50
Student level		.22		.14
Snijders & Bosker		.33		.35

*Anm.:* Schülergeschlecht kodiert 1=weiblich, 0=männlich. \*\*p < .01, \* p < .05., † p < .10.

### Anmerkung

Heike Itzek-Greulich ist Mitglied des Kooperativen Promotionskollegs „Effektive Lehr-Lernarrangements“ der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg und der Universität Tübingen, das vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördert wird.

### Literatur

- Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebung als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos Verlag.
- Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte. Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Humboldt-Universität Berlin, Mathematisch Naturwissenschaftliche Fakultät I: Zugriff am 01. 10. 2013 <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/guderian-pascal-2007-02-12/PDF/guderian.pdf>.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen. Göttingen: Hogrefe.
- Hox, J. (2002). Multilevel analysis: Techniques and applications. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Krombass, A. & Harms, U. (2006). Ein computergestütztes Informationssystem zur Biodiversität als motivierende und lernfördernde Ergänzung der Exponate eines Naturkundemuseums. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 7-22.
- Pawek, C. (2009): Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Universität Kiel. Zugriff am: 15.09.2013. [http://www.dlr.de/schoollab/Portaldata/24/Resources/dokumente/Diss\\_Pawek.pdf](http://www.dlr.de/schoollab/Portaldata/24/Resources/dokumente/Diss_Pawek.pdf)<http://www.ipn.uni-kiel.de/persons/pawek.html>
- Snijders, T. A. B., & Bosker, R. J. (1994). Modeled variance in 2-level models. Sociological Methods & Research, 22(3), 342-363.
- Waltner, C. & Wiesner, H. (2007). Physik lernen im Deutschen Museum – eine explorative Studie. In Höttecke, D. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Physik und Chemie (GDPC). Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Jahrestagung der GDPC in Bern 2006, Band 27 (S. 206-208), Berlin: LIT.

## **Schülerlabor „Alles sauber und frisch dank Nano?!“ Wie beurteilen Schüler/innen die Nanotechnologie?**

Es gibt viele Hinweise, dass das Urteilen und Entscheiden von Jugendlichen stark vom jeweiligen Kontext abhängt und dass folglich abstrakte Fähigkeiten wie die in den Bildungsstandards angestrebte Bewertungskompetenz schwer zu operationalisieren sind (z. B. Hostenbach et al., 2011). Zugleich ist unbestreitbar, dass die Fähigkeit zu mündigem Urteilen einen Kernbereich schulischer Bildungsbemühungen auch der naturwissenschaftlichen Fächer darstellt. In früheren Arbeiten sind bereits Versuche unternommen worden, aus dieser Kontextabhängigkeit Schlussfolgerungen zu ziehen, um jene Themenfelder zu identifizieren, bei denen rationales Abwägen und Reflektieren, wie es die Bildungsstandards nahelegen, den Entscheidungsprozess wesentlich bestimmen – Felder also, die einerseits komplex genug sind, dass von den Schüler/innen mehr als logisches Schlussfolgern gefordert ist und die zugleich hinreichend abstrakt sind, dass tatsächlich naturwissenschaftliche Kenntnisse in Anschlag gebracht und nicht ausschließlich auf Basis von Gewohnheiten und intuitiven Überzeugungen entschieden wird.

Im Rahmen des Schülerlabors „Alles sauber und frisch dank Nano?!“, das an der Universität Hamburg in Kooperation der Fachdidaktik Chemie und dem Fachbereich Nanowissenschaft (Hauke Heller) entwickelt wurde, wurde die Urteilsbildung von Schüler/innen im Rahmen einer Pilotstudie untersucht, um zu klären, worauf sich deren Urteilsbildung stützt. Daraus sollten Hinweise gewonnen werden, welche Kontexte sich besonders zur Förderung der Bewertungskompetenz eignen. Im Schülerlabor durchlaufen die Lernenden vier Phasen:

### **1. Phase: Nanotechnologische Visionen**

Auf Basis von Schülervorstellungen werden zentrale Fragen aus dem Themenbereich Nanotechnologie geklärt. Was heißt überhaupt Nano? Wie groß sind Nanoteilchen und was ist das besondere an ihnen? Darauf aufbauend werden Beispiele für Produkte mit Nanoteilchen / Nanotechnologie präsentiert und zukünftige Anwendungsmöglichkeiten vorgestellt: Nano-Beschichtungen, Nano-Kohlenstoffröhrchen zur Trinkwasserfilterung, „Nano-Reparatur-Einheiten in menschlichen Adern“ u. ä. sollen Schülerinnen und Schüler neugierig machen.

### **2. Phase: Experimente zum Einfluss der Teilchengröße auf die Eigenschaften**

Schülerinnen und Schüler führen effektvolle Experimente durch (Nano-Igel, „chemischer Sonnenuntergang“, pyrophores Eisen, selbst erstellter Lotus-Effekt ...), werfen einen Blick durchs Rasterelektronenmikroskop und erforschen verschiedene Nanoeffekte. Die Lernenden betrachten Silber und Silberfraktale in verschiedener Vergrößerung. Die Nanodimension dient dabei als Brücke zwischen der Stoff- und der Teilchenebene und soll helfen, den Wechsel zwischen der Stoff- und der Modellebene besser zu verstehen.

### **3. Phase: Nano-Silverwash-Technologie**

Während die Schüler/innen experimentieren, erreicht sie eine „Anfrage“ des Bundesumweltamtes. Eine neue Technologie soll beurteilt werden: das Nano-Silverwash-Verfahren. Ein Werbefilm für die neue Waschmaschine wird gezeigt und das Verfahren erörtert. In Experimentiergruppen untersuchen die Lernenden die Funktionsweise des neuen Systems sowie seine Umweltverträglichkeit. Sie werden dabei in die Grundlagen der Elektrochemie eingeführt. Die Entdeckung der bakteriziden Wirkung von Silberteilchen ermöglicht eine kontroverse Beurteilung. Rechtfertigt die eingesparte Energie die Belastung der Umwelt und wie hoch ist diese Belastung überhaupt einzuschätzen?

#### **4. Phase: Technikfolgenabschätzung - Entscheidungsspiel**

Soll das Bundesumweltamt die Einführung der Nano-Silverwash-Technologie empfehlen oder nicht? In Kleingruppen übernehmen die Schüler/innen die Rolle von Vertreter/innen aus Industrie, Politik, Umweltverbänden und von wissenschaftlichen Expert/innen. Eine weitere Gruppe sind die Medien, die kritisch über den Entscheidungsprozess berichten und diesen kommentieren. Alle Gruppen nutzen die Erkenntnisse der fachlichen Erarbeitung im Labor, erhalten aber zur Vorbereitung auch rollenspezifische Zusatzinformationen. Die Gruppe, die das Bundesumweltamt repräsentiert, wird am Ende entscheiden, ob die neue Technologie empfohlen werden soll oder nicht. Die verschiedenen Interessenvertreter werden einerseits in offiziellen „Anhörungen“ befragt, kommunizieren aber auch untereinander, um ihr jeweiliges Gegenüber von der eigenen Position zu überzeugen. Die Journalist/innen bringen regelmäßige „Kurznachrichten“. Hat das Bundesumweltamt entschieden, erarbeitet jede Gruppe noch eine eigene Einschätzung aus Gruppensicht. Abschließend distanzieren sich die Lernenden von ihren Rollen und die Entscheidung wie der gesamte Entscheidungsprozess werden gemeinsam mit den Schüler/innen reflektiert.

Im Rahmen einer Pilotuntersuchung (u.a. Masterarbeit V. Flemming) wurden Lernende eines Durchgangs zu verschiedenen Zeitpunkten der beiden Tage gebeten, auf Fragebögen ihre Einschätzung der Nanotechnologie sowie der Nano-Silverwash-Technik mitzuteilen, zudem wurden vier Schüler/innen eingehend interviewt. Die Fragebögen wurden mit der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring, die Interviews mittels der dokumentarischen Methoden nach Bohnsack analysiert. Letztere eignet sich besonders, um nur implizit in den Interviews enthaltene Bedeutungsschichten zu dechiffrieren, indem zwischen einer formulierenden Interpretation und einer reflektierenden Interpretation der Daten unterschieden wird. So werden jene Aspekte der Interviews erkennbar, die für das Aufdecken von Einstellungen und Überzeugungen besonders wichtig sind.

#### **Einstellungen zur Nanotechnologie**

Die Fragebogenerhebung zeigt, dass die Einstellungen zur Nanotechnologie überwiegend positiv sind – die Lernenden betonen deutlich stärker Chancen als Risiken. Getragen werden die Argumente dabei zunächst weniger von Sachkenntnis als von einer allgemein positiven Einschätzung naturwissenschaftlicher und technologischer Innovationen. Die Urteile basieren offenbar auf stabilen Überzeugungen, die sich auch über die zwei Tage im Schülerlabor hinweg nur wenig verändern – nach den Experimenten sind die Einschätzungen sogar noch etwas positiver. Die kritische Auseinandersetzung mit der Rolle der Nanotechnologie beim Nano Silverwash-Verfahren ändert an dieser Überzeugung kaum etwas.

#### **Einstellungen zur Frage der Nano-Silverwasch-Technologie**

Hinsichtlich der Beurteilung der Waschmaschine zeigt sich ein deutlich anderes Bild: Hier belegen die schriftlichen Urteile, dass die Informationen aus der Erarbeitungsphase klaren Niederschlag in den Einschätzungen der Lernenden finden und diese – nach der inhaltlichen Auseinandersetzung mit Vor- und Nachteilen im Rahmen des Entscheidungsspiels – zu einer mehrheitlich kritischen Einschätzung kommen und den Einsatz der Waschmaschine für voreilig halten. Dabei tauchen sowohl die Vor- als auch die Nachteile aus der fachlichen Erarbeitung (biozide Wirkung des Nanosilbers) in den Beurteilungen auf. Aus früheren Untersuchungen ergaben sich zwei Hypothesen, nämlich, dass 1) Meinungsänderungen eher selten sind und dass 2) die zur Anwendung kommende Entscheidungsstrategie (und auch der Anteil, den Fachwissen und rationales Abwägen spielen) stark von der Thematik (also dem Kontext der Entscheidungsfrage → Fallklassifizierung, Höhle & Menthe, 2013) abhängen.

In gewisser Weise werden beide Hypothesen durch die Pilotuntersuchung gestützt: Tatsächlich ändert sich die Einstellung zur Nanotechnologie im Verlauf der zweitägigen Intervention kaum, die positiven Grundhaltungen, die – so lassen die offenen Antworten wie auch die Interviews erkennen – auf eine Haltung der Wissenschaftsgläubigkeit zurückzugehen scheinen, bleiben bestehen. Zugleich scheint die Frage der Empfehlung einer Waschmaschine mit Nano-Silverwash-Technologie, keine starken Emotionen oder Intuitionen auszulösen, die einer rationalen Entscheidung im Wege stehen. Folglich kommt es bei diesem Thema zu einer flexiblen Anwendung der erlernten naturwissenschaftlichen Argumente, was sich auch in einer großen Zahl an Urteilen ausdrückt: während sich vor der eingehenden Befassung mit der Waschmaschine die positive Grundhaltung gegenüber der Nanotechnologie auch auf das Nano-Silverwash-Verfahren übertrug (nur 3 von 19 Lernenden waren skeptisch) waren nach dem Entscheidungsspiel 12 (von 19) Lernenden skeptisch gegenüber der Anwendung des Verfahrens.

Intuitive Anteile spielen in der Beurteilung der Nano-Silverwash-Technologie eine untergeordnete Rolle – auch die mit der dokumentarischen Methode ausgewerteten Interviews konnten kaum Aspekte intuitiver Entscheidungen offen legen – wobei hier methodenkritisch eingeräumt werden muss, dass die Interviewpassagen möglicherweise zu kurz waren, um hinreichend das persönliche Erzählen anzuregen. Etwas anders sah es bei der Interviewfrage nach der Kaufberatung für die eigene Großmutter aus. Der persönliche Bezug und der gegebene Zeitdruck ließen die Lernenden ad hoc auf Vorerfahrungen und implizites Wissen zurückgreifen. Hier spielte die (vermutete) Haltung der Großmutter zu neuen Techniken plötzlich eine größere Rolle (vgl. Betsch et al., 2011). Die aufgetretenen intuitiven Bewertungsmuster beeinflussten aber nicht die von den Lernenden selbst getroffene Einschätzung der neuen Waschmaschinentechnologie.

#### **Entscheidungsfragen zur Förderung der Bewertungskompetenz**

Die empirischen Untersuchungen legen den Schluss nahe, dass die hier gewählten Rahmenbedingungen gut geeignet sind, um die Bewertungskompetenz zu fördern, nämlich

- a) ein kollektiver Entscheidungsrahmen, in dem aus Gründen der Transparenz rationale Gründe für eine Entscheidung sinnvoll und nötig sind,
- b) der Gegenstand der Technikfolgenabschätzung, in dem naturwissenschaftliche Inhalte eine große Rolle spielen und der zugleich nur bedingt mit alltäglichen Routinen und Gewohnheiten zusammen fällt,
- c) das Rollenhandeln (Erarbeitung einer Empfehlung des Umweltbundesamtes), das eine Distanzierung von individuellen (und möglicherweise stärker intuitiven) Gründen einfordert. Inwieweit ein solches Vorgehen hilfreich ist, um Lernende auch im alltagsnahen Urteilen und Entscheiden zu unterstützen, wo Handlungsdruck und intuitives Entscheiden naturgemäß eine sehr viel größere Rolle spielen, ist indes fraglich.

#### **Literatur**

- Betsch, T., Funke, J., & Plessner, H. (2011). Denken – Urteilen, Entscheiden, Problemlösen. Heidelberg: Springer.
- Höble, C., Menthe, J. (2013). Urteilen und Entscheiden im Kontext Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ein Beitrag zur Begriffsklärung. In: Menthe, J., Hoettecke, D., Eilks, I., Höble, C. (2013). Handeln in Zeiten des Klimawandels, Münster: Waxmann Verlag
- Hostenbach, J., Fischer, H., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2011). Modellierung der Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften zur Evaluation der Nationalen Bildungsstandards. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 17, 261-288.

Alexander Molz<sup>1</sup>  
 Jochen Kuhn<sup>1</sup>  
 Andreas Müller<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TU Kaiserslautern  
<sup>2</sup>Universität Genf

### **„Dem Druck auf der Spur“ Lehren, Lernen und Forschen im Physik-Schülerlabor *iPhysicsLab***

Schülerlabore, Science Center und andere außerschulische Lernorte stellen eine fachdidaktisch relevante und lernpsychologisch gut begründete Entwicklung mit großem „Boom“ in den letzten 10 Jahren im deutschsprachigen Raum dar. Lerntheoretische Grundlagen hierzu finden sich sowohl in der Interessenforschung (Person-Object-Theorie of Interest: s. Krapp, 2000; Fähigkeitsselbstkonzept: s. Moschner, 2001; Selbstbestimmungs-theorie: s. Deci & Ryan, 1993), als auch in der Theorie des kontextorientierten und des situierten Lernens (Bennett, Lubben & Hogarth, 2007). Hieraus erschließen sich wesentliche Grundzüge vieler Schülerlabore, wie Authentizität oder Kontextorientierung. Was die Wirksamkeit von Schülerlaboren betrifft, so hat die empirische Forschung der vergangenen Jahre jedoch mehrheitlich nur kurzfristige Catch-Effekte auf Motivation und Interesse der Lernenden diagnostizieren können. Mögliche Auswirkungen auf den Lernerfolg wurden bisher nur in geringem Umfang untersucht. Um nachhaltige Hold-Effekte und damit eine mittel- bis langfristige Steigerung von Interesse und Motivation zu erzielen und darüber hinaus Effekte auf die Lernleistung zu bewirken, fordern nahezu alle derzeit vorliegenden Evaluationsstudien in ihren Forschungsergebnissen eine bessere Einbindung des außerschulischen Lernortes Schülerlabor in den regulären Physikunterricht der Schule (Überblick in Pawek, 2009). Aus diesem Grund fokussiert sich der Forschungsansatz des hier vorgestellten Themenmoduls „Dem Druck auf der Spur“ des Physik-Schülerlabors *iPhysicsLab* (s. [www.iphysicslab.de](http://www.iphysicslab.de)) auf die Frage einer wirksamen Vor- und Nachbereitung von Schülerlaboren innerhalb des schulischen Physikunterrichtes. In diesem Beitrag sollen sowohl die grundlegende Konzeption dieses Themenmoduls dargelegt, als auch erste Ergebnisse einer Pilotstudie präsentiert werden.

#### **Konzeption des Schülerlabors *iPhysicsLab***

Deutschlandweit haben sich mittlerweile eine Vielzahl von Schülerlaboren etabliert, die sich in Konzeption und Ausrichtung jedoch maßgeblich unterscheiden und die bei genauerer Betrachtung verschiedenen Kategorien zuzuordnen sind (Haupt, 2013). Hierbei ist das *iPhysicsLab* im Wesentlichen als klassisches Schülerlabor anzusehen, das zusätzlich sowohl Aspekte eines Lehr-Lern-Labors beinhaltet, als auch der Wissenskommunikation dienen soll. Die Grundkonzeption ist modular angelegt und besteht sowohl aus Themenmodulen zu klassischen Physikinhalt (z.B. *iMechanics*: Experimente mit Smartphone und Tablet-PC in der Mechanik) als auch aus Modulen zu außercurricularen Themen (wie z.B. Schülerexperimente mit dem Rastertunnelmikroskop). Im Zentrum eines jeden Themenmoduls steht die Experimentierphase im Schülerlabor der TU Kaiserslautern. Dessen Einbettung in den Physikunterricht geschieht in Form von je einer Vor- sowie Nachbereitungsstunde, die in der jeweiligen Schule stattfindet. Hierfür werden eigens konzipierte Materialien zur Verfügung gestellt, welche die Lernenden gezielt unterstützen, aber auch den Arbeitsaufwand seitens der betreuenden Lehrkraft auf ein Minimum reduzieren. Die besondere Qualität dieser Materialien liegt hierbei in der gezielten Vernetzung von Vor- und Nachbereitung mit der Experimentierphase. Die Verbindung dieser drei Phasen zu einer zusammenhängenden Lerneinheit soll die Effektivität, aber auch die Nachhaltigkeit des Schülerlabors signifikant erhöhen. Die praktische Umsetzung der genannten Kriterien soll nun am Beispiel des curricular validen Themenmoduls „Dem Druck auf der Spur“ gezeigt werden. Hier besteht die Experi-

mentierphase aus vier Experimenten, die als Stationenzirkel konzipiert sind und von den Lernenden in Zweiergruppen durchlaufen werden. Thematisch zielt das Modul auf die Themen Auftrieb, Hydrostatischer Druck sowie den äußeren Luftdruck ab. Abb. 1 zeigt exemplarisch den experimentellen Aufbau (Ganci, 2008) und das zugehörige Arbeitsblatt zu einem der durchzuführenden Experimente. Es erfüllt in mehrfacher Hinsicht den Grundgedanken der Vernetzung der Phasen. So bearbeiten die Lernenden Aufgabe 1 bereits in der vorbereitenden Unterrichtsstunde, was einerseits als Vorentlastung der durchaus komplexen Aufgabenstellung dient, andererseits aber auch erst die Notwendigkeit erzeugt überhaupt ein Schülerlabor zu besuchen, da dort die experimentellen Mittel zu Hypothesenprüfung zur Verfügung stehen. Die Mathematisierung der behandelten physikalischen Inhalte geschieht in Form einer Hausaufgabe, deren Kontext ebenfalls auf den Inhalt des Zeitungsartikels abgestimmt ist. Somit sind alle drei Phasen miteinander verbunden und erscheinen als ein zusammenhängendes Konstrukt, dessen einzelne Bestandteile sinnvoll aufeinander aufbauen.

**Wasserstandsmeldung**

**James Bond – Filmszenen am Bostalsee!**  
Fiktion und Wirklichkeit mal wieder miteinander vermischt

**Bostalsee.** Einige Filmszenen des abkommenden Frühjahr in den deutschen Kinos anlaufenden neuen James Bond-Films wurden nämlich am saarländischen Bostalsee gedreht. In der betreffenden Szene wird Bond von seinem Gegenspieler Dr. Yes dabei überrascht, als er gerade dessen Diebesgut von einer Yacht aus im See versenkt. Weitens interessanter als die späteren Actionsszenen sind hierbei jedoch ausnahmsweise die Dialoge zwischen beiden. Bond erklärt darin, dass er die Goldbarren gar nicht im See versenkt haben könne, da sonst der Wasserpegel des Sees ansteige wie, was Dr. Yes im Übrigen gerne am Bootsteg überprüfen könne. Dieser entgegnet jedoch, dass dies lediglich

zuträfe, falls nicht Gold, sondern schwimmende Gegenstände über Bord gegangen wären. Am Ende des Films wird dann klar, wo Bond die Goldbarren versteckt hat, nämlich unter Wasser, allerdings am Kiel des Bootes befestigt – was Dr. Yes ohne Weiteres an der veränderten Eintauchtiefe des Bootes hätte erkennen können (Anm. d. Red.). Ein Fehler, der den Machern des Films allerdings unterlaufen ist, wird

ebenfalls in den Bostalsee Szenen deutlich. Die ankommende Yacht wird in Verbindung mit dem Absinken des Wasserstandes des Sees gezeigt, was physikalisch nicht zutreffend ist.

**Fazit der Preview:**  
Der neue Bond-Striptease zeigt rasante Actionsszenen, jedoch werden dabei zu oft Fiktion und Wirklichkeit miteinander vermischt. ...




**Arbeitsaufträge:**

1. Markiere im obigen Zeitungsartikel alle Textstellen, die deiner Meinung nach physikalisch interessant sind. Formuliere Hypothesen zum Wahrheitsgehalt dieser Textstellen.
2. Überprüfe deine Hypothesen mit Hilfe der vorhandenen Materialien durch ein Experiment. Kannst du deine Ergebnisse physikalisch erklären? Lege jeweils ein Kurzprotokoll dazu an (Vordruck im Anhang).

Abb. 1: Arbeitsblatt „Wasserstandsmeldung“ und experimenteller Aufbau zur Hypothesenprüfung

### Pilotstudie zum Themenmodul „Dem Druck auf der Spur“

Unsere Hypothese ist es, durch curriculare Verzahnung und die gezielte Vor- und Nachbereitung positive, nachhaltige Effekte auf die Wirksamkeit des Lernorts Schülerlabor zu erzielen. Im Rahmen eines quasi-experimentellen Versuchs-Kontrollgruppen-Designs mit Prä-, Post- und Follow-up Test (Tab. 1) wurden dazu im o.g. Themenmodul die Variablen Motivation und Lernerfolg untersucht. Die Stichprobe bestand aus 73 Lernenden der 10. Klassenstufe eines Gymnasiums. Sie unterteilten sich in zwei Experimentalgruppen und eine Kontrollgruppe. Beide Experimentalgruppen besuchten das Schülerlabor der Universität, jedoch nur eine davon den eigens dazu konzipierten Vor-/Nachbereitungsunterricht, wohingegen die andere einen vom zeitlichen Umfang identischen, aber normalen Physikunterricht erhielt. Die Kontrollgruppe arbeitete mit identischen Experimentiermaterialien in der Schule, besuchte allerdings ebenfalls den Vor-/Nachbereitungsunterricht.

Tab. 1: Studiendesign der Pilotstudie

Woche	TG 1	TG 2	KG	
1	Prätest (Leistung, Motivation)			
	Vorbereitung	Normaler Physikunterricht	Vorbereitung	1 Std.
	Labor	Labor	Schule	½ Tag
2	Nachbereitung	Normaler Physikunterricht	Nachbereitung	1 Std.
	Posttest (Leistung, Motivation)			
3...7	Konventioneller Unterricht im neuen Stoffgebiet			
8	Follow up – Test (Leistung, Motivation)			

Sie erhält damit das für den Lernort Schule bestmögliche Treatment, da sich Schülerlabore unserer Ansicht nach auch genau damit messen lassen müssen. Als Testinstrumente wurden ein gut validiertes Motivationstestinstrument (Kuhn, 2010) und ein eigenständig konzipierter, curricular valider Leistungstest zum Themengebiet „Druck und Auftrieb“ verwendet. Als Kovariate wurden die letzte Zeugnisnote in Mathematik und Physik, die Eingangsmotivation und der jeweilige Betreuer erhoben. Im Ergebnis der durchgeführten Kovarianzanalyse zeigt sich, dass keine der drei Gruppen eine signifikante Veränderung der Motivation aufweist. Was die Leistung betrifft, so ist über alle Gruppen hinweg ein Leistungsanstieg erkennbar, wobei sich die Gruppen untereinander jeweils nicht signifikant im Leistungszuwachs unterscheiden.

### Zusammenfassung

Das Schülerlabor *iPhysicsLab* der TU Kaiserslautern ist ein in erster Linie klassisches Schülerlabor, das sowohl curricular valide, als auch extracurriculare Themenmodule anbietet. Das Forschungsinteresse liegt hierbei in der Untersuchung der Einbettung von Schülerlaboren in den schulischen Physikunterricht und einer damit verbundenen, möglichen Steigerung ihrer Effektivität. In einer ersten Pilotstudie konnten in puncto Leistungszuwachs und Motivationszuwachs jedoch keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt werden, egal ob mit oder ohne Einbindung in den regulären Physikunterricht. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass die Lerngruppe einer 10. Jahrgangsstufe entstammte, wohingegen das Thema Druck Teil des Physikunterrichtes der 9. Klassenstufe ist, sodass keine curricular valide Verzahnung vorlag. Dies wird in der Hauptstudie Berücksichtigung finden.

### 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, 347-370.
- Deci, E., & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223-238.
- Ganci, S. (2008). A Multipurpose Device for Some Hydrostatics Questions. *The Physics Teacher*, 46, 407.
- Haupt, O. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *MNU*, 66(6), 324-330.
- Krapp, A. (2000). Interest and human development during adolescence: An educational-psychological approach. In J. Heckhausen (Hrsg.), *Motivational psychology of human development* (S. 109-128). London: Elsevier.
- Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktionen- und Lehr-Lern-Forschung. Wiesbaden: Vieweg Teubner Verlag.
- Moschner, B. (2001). Selbstkonzept. In D. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 629-635). Weinheim: Beltz PVU.
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessenfördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler der Mittel- und Oberstufe. Christian-Albrechts-Universität Kiel: Dissertation.

## Naturwissenschaftliche Problemlöseprozesse von Grundschulern

### Theoretischer Hintergrund

Naturwissenschaftliches Problemlösen ist ein zentrales Element im Grundschulunterricht. Als zugehöriges Lernziel sollen Schülerinnen und Schüler eine einfache wissenschaftliche Untersuchung selbstständig oder in kleinen Gruppen planen und durchführen können (basierend auf Benchmarks Grades 3 to 5, AAAS, 2009).

Naturwissenschaftliches Problemlösen lässt sich in Anlehnung an Oser und Baeriswyl (2001) und Klahr und Dunbar (1988) in die Aspekte ‚Problemgenerieren‘, ‚Suche im Hypothesenraum‘, ‚Testen von Hypothesen‘ und ‚Analyse von Evidenzen‘ gliedern. Diese Aspekte können durch detailliertere Prozesselemente beschrieben werden (s. Tab. 1). Für erfolgreiches Lernen müssen diese Aspekte vollständig und in einer passenden Reihenfolge vorhanden sein. Auf dieser Grundlage wird in diesem Beitrag die Vollständigkeit und die Strukturiertheit des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses prozessbasiert analysiert.

Tab. 1: Aspekte und Elemente des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses

Aspekte des Problemlösens	Elemente des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses
Problemgenerieren	Problemgenerierung
Suche im Hypothesenraum	Vorwissen aktivieren
	Erklärung in der Realsituation im Sinne eines Modells
	Übertragung von Realsituation auf Laborsituation
	Erklärung in Laborsituation übertragen (im Sinne eines Modells)
Hypothese bilden	Unabhängige Variable definieren
	Abhängige Variable definieren
	Kontrollvariable definieren
Testen von Hypothesen	Unabhängige Variable variieren
	Kontrollvariable kontrollieren
	Datenerhebung/ Versuch durchführen
Analyse von Evidenzen	Datenauswertung
	Schlussfolgerung in Laborsituation
	Schlussfolgerung in Realsituation

### Design

Um naturwissenschaftliche Problemlöseprozesse erfassen und messen zu können, wurden ein Kategoriensystem zur Erfassung des Prozesses entwickelt. Aus diesem werden zwei Maße für die Güte des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses von Grundschulern in einer selbstregulierten experimentellen Lernumgebung entwickelt.

Grundlage der Untersuchung ist ein experimentelles Lernarrangement mit 16 Lernaufgaben zum Thema „Das Fliegen“. Die Lernaufgaben geben jeweils eine Problemstellung vor, die mit vorgegebenen Materialien und Informationen bearbeitet werden kann. Diese Bearbeitung wird von der Lehrperson begleitet.

Schülerinnen und Schüler aus 49 Klassen der dritten und vierten Jahrgangsstufe ( $N_{\text{Schüler}} = 307$ ) wurden videografiert während sie zu zweit oder dritt an einer Lernaufgabe des Lernarrangement arbeiteten ( $N_{\text{Videos}} = 149$ ; Dauer Videos:  $M = 11.1$  min;  $SD = 6.3$  min).

Zur Erfassung des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses wurde anhand deduktiver und induktiver Entwicklungsschritte ein Kategoriensystem entwickelt (Heine & Kauertz, 2013). Dieses besteht aus fünf Facetten, welche die naturwissenschaftlichen Prozesselemente (Tab. 1) sowie weitere Elemente (aus den Bereichen Organisation, Hilfe/Problem, Off-Task und Rest) zur tiefenstrukturellen Beschreibung des Prozesses enthalten. Die Pilotierungsergebnisse zeigen, dass mit diesem Kategoriensystem der naturwissenschaftliche Problemlöseprozess für ein Schülerpaar mit guten Übereinstimmungswerten ( $.75 < \kappa < .81$ ;  $N_{vi\_deos} = 15$ ) erfasst werden kann.

Mit Hilfe der 5-Sekunden-Kodierungen im Kategoriensystem lässt sich der naturwissenschaftliche Problemlöseprozess kleinschrittig beschreiben und durch die folgenden zwei Maße hinsichtlich der Vollständigkeit und der Strukturiertheit charakterisieren.

### Maß für Vollständigkeit des Prozesses

Bei diesem Maß wird das Vorkommen der naturwissenschaftlichen Elemente (vgl. Tab. 1) untersucht. Hierfür wird auf Grundlage der Videokodierungen dichotomisiert festgehalten, ob und welche Prozesselemente in einem Video beobachtet wurden. Die Raschanalyse der Daten zeigt einen zufriedenstellenden Itemfit ( $.7 < MNSQ < 1.1$ ) bis auf die Items „Problemgenerierung“ und „Datenerhebung“, welche deshalb von der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden. Die mittlere Item-Schwierigkeit ist allerdings höher als das Mittel der Personenparameter.

Die hieraus resultierenden Personenparameter ergeben ein Maß für die Vollständigkeit des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses einzelner Schülerinnen und Schüler.

Die Itemparameter (Abb.1) geben einen Hinweis darauf, bei welchen Prozesselementen die Schülerinnen und Schüler Probleme haben. Eine hohe Schwierigkeit zeigen dabei die Elemente „Erklärung in Laborsituation“, „Erklärung in Realsituation“ und „Übertragung von Realsituation auf Laborsituation“. Eine geringe Schwierigkeit zeigen die Elemente „Hypothesen bilden“, „Unabhängige Variable variieren“ und die „Datenauswertung“.

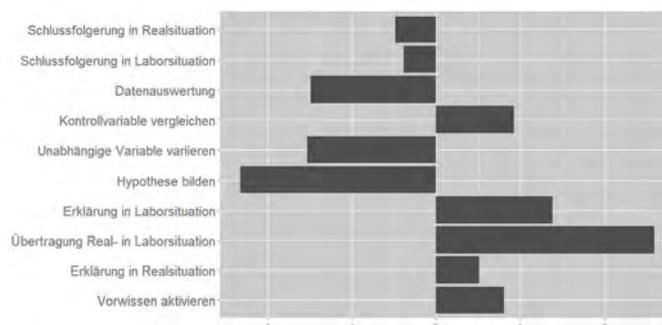


Abb. 1: Raschanalyse der Prozesselemente

### Maß für Strukturiertheit des Prozesses

Bei diesem Maß wird die Abfolge der naturwissenschaftlichen Aspekte (vgl. Tab. 1) untersucht. Hierfür werden Problemlöseprozess-Diagramme (Abb. 2 und 3) erstellt, um die Abfolge der naturwissenschaftlichen Elemente sichtbar zu machen.

Auf Grundlage dieser Prozess-Diagramme wird ein Rating hinsichtlich der Strukturiertheit des Prozess anhand einer vierstufigen Ratingskala (4 = "höchst-strukturiert" – 1 = "gering-strukturiert") basierend auf folgenden Indikatoren vorgenommen:

- Ind.1: Beginnen die Schüler bei der Problemgenerierung und machen sie eine Schlussfolgerung?

- Ind.2: Kommen drei oder vier Aspekte vor?
- Ind.3: Sind alle Prozesselemente passend zu dem vorhergehenden?
- Ind.4: Ist ein Voranschreiten im Prozess erkennbar, d. h. gibt es mehr als drei passende Übergänge von einem zu dem nächsten Aspekt?

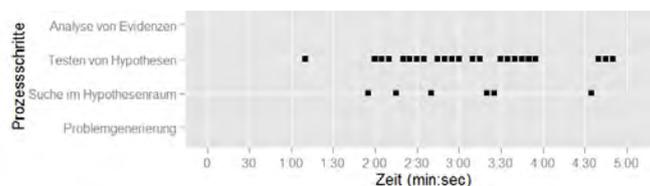


Abb. 2: Beispiel Problemlöseprozess-Diagramm: ‚gering-strukturierter‘ Prozess

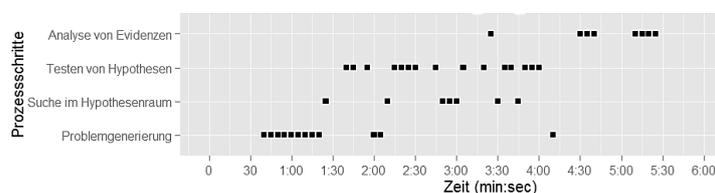


Abb. 3: Beispiel Problemlöseprozess-Diagramm: ‚höchst-strukturierter‘ Prozess

Ein ‚höchst-strukturierter‘ Prozess wird dann geratet, wenn alle vier Indikatoren mit ‚ja‘ beantwortet werden können. Treffen drei der vier Indikatoren zu, so ist dieser Prozess ‚weitgehend-strukturiert‘. Bei zwei zutreffenden Indikatoren wird ‚mäßig-strukturiert‘ geratet und wenn lediglich ein Indikator oder kein Indikator mit ‚ja‘ beantwortet werden kann, ist der Prozess ‚gering-strukturiert‘. Die Pilotierung dieses Ratingsystems zeigt bei zwei unabhängigen Ratern sehr gute Übereinstimmungswerte (Ind.1:  $\kappa = .84$ ; Ind.2:  $\kappa = 1$ ; Ind.3:  $\kappa = 1$ ; Ind.4:  $\kappa = .96$ ).

Die Ergebnisse zeigen, dass die meisten Schülerinnen und Schüler ‚weitgehend-strukturiert‘ (44,3%) arbeiten. Viele Schülerinnen und Schüler arbeiten ‚mäßig-strukturiert‘ (22,8%). Es gibt aber auch ein paar Schülerinnen und Schüler, bei deren Prozessen alle Indikatoren zutreffend sind, also ‚höchst-strukturiert‘ (15,6%) arbeiten. Ebenfalls gibt es wenige Schülerinnen und Schüler, die den Prozess ‚gering‘ strukturieren (17,3%).

### Ausblick

Die Ergebnisse Prozessanalysen mit Hilfe der Maße werden in weiteren Studien genutzt, um Zusammenhänge mit Schülermerkmalen (z. B. Leistung, Interesse, aktuelle Motivation), Aufgabenmerkmalen (z. B. Inhalt, Komplexität) und Merkmalen der Lehrerverbater (z. B. Ziele, Qualität) zu untersuchen.

### Literatur

- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (2009). Benchmarks for science literacy, New York: Oxford University Press.
- Heine, D. & Kauertz, A. (2013): Naturwissenschaftliche Lernprozesse von Grundschulern. In S. Bernholt (Eds.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: Lit Verlag, 701-703.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual Space Discovery During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Oser, F. & Baeriswyl, F. (2001). Choreographies of teachings. Bridging Instruction to Learning. In: V. Richardson (Hrsg.): Handbook of Research on Teaching (4. Auflage) (S. 1031-1065). Washington: American Educational Research Association.

### Auswirkung von Strategienutzung auf Lernerfolg bei Guided Inquiry

Durch die Diskussion um offenere Unterrichtsformen und zugleich die zunehmende Orientierung an Standards ist auch der naturwissenschaftliche Unterricht im Wandel. Eine Form von Unterricht ist das eigenständige Lernen von Fachwissen in mehr oder weniger offenen Experimentierumgebungen. Die vielfältigen Ansprüche, die diese Art Experiment an die Schüler stellt (Akerson, 2008), werden jedoch im Unterricht häufig zu Hindernissen. Es ist nachgewiesen, dass sowohl Realexperimente als auch Simulationen von Experimenten, die eine Manipulation der Materialien erfordern, in Bezug auf Fachwissen lernförderlich sein können (vgl. z. B. Thillmann, 2007; Walpuski, 2006). Dabei scheint die Anwendung von Strategien eine wesentliche Rolle zu spielen (vgl. Gößling, 2011; Wahser, 2008). Zu den wichtigsten Strategien im Bereich des „inquiry-based science learning“ zählen die Variablenkontrolle (Tschirgi, 1980) und die Interaktion zwischen fachlichen Theorien und empirischen Evidenzen (Dewey, 1966; Klahr, 2000). Darüber hinaus müssen Schüler auch metakognitive Strategien beherrschen, die ihnen das selbstregulierte Arbeiten erleichtern (de Jong & van Joolingen, 1998).

#### Beschreibung der Interventionsstudie

Um Schülerinnen und Schüler an das strategiegeleitete Arbeiten heranzuführen und die Auswirkungen der Strategienutzung auf den fachlichen Lernerfolg zu untersuchen, wurde im Rahmen eines DFG-geförderten Projekts eine Interventionsstudie durchgeführt, die aus zwei Einheiten bestand. Die Schüler erhielten im Klassenverband ein standardisiertes Training, in dem u. a. die oben erwähnten Strategien vermittelt wurden (basierend auf Wahser, 2008). In 40 Minuten wurden anhand eines konkreten Beispiels Erläuterungen gegeben und Aufgaben bearbeitet. Die Lösungen der Aufgaben wurden miteinander abgeglichen. Zudem wurde Wert auf Sinn und Ziel der Strategie gelegt, um einem Produktionsdefizit entgegenzuwirken. Es ist nachgewiesen, dass Strategien oft nicht eingesetzt werden, weil sie nicht mit der konkreten Situation verknüpft sind (Kirsh, 2005).

Am zweiten Interventionstag bearbeiteten die Schüler zwei inhaltlich verschiedene Experimentierumgebungen, in denen sie mit Hilfe der erlernten Strategien jeweils ein fachliches Problem lösen sollten („Finde heraus, wovon es abhängt, dass...“). Die Schüler arbeiteten in Paaren, um die Lernförderlichkeit sozialer Interaktion (Erkens, Kanselaar, Prangma & Jaspers, 2003) zu nutzen, und zugleich jedem Schüler die aktive Auseinandersetzung (Bereiter & Scardamalia, 2003) mit dem Material zu ermöglichen. Je nach Treatment unterschieden sich die Experimente in ihrem Modus: Um herauszufinden, welchen Einfluss reale und virtuelle Experimente auf den Strategieinsatz und den Lernzuwachs haben, wurden vier verschiedene Treatmentgruppen gebildet.

Jede der Gruppen wurde wiederum in zwei Untergruppen geteilt ( $N \rightarrow A/A \rightarrow N$ ; s. Tab. 1), um Reihenfolge-Effekte durch den thematischen Inhalt des Experiments auszuschließen.

Tab.1: Treatmentgruppen der Interventionsstudie. N=Neutralisation A=Auftrieb

Treatmentgruppen	1	2	3	4
1. Experiment	Virtuell N / A	Virtuell N / A	Real N / A	Real N / A
2. Experiment	Virtuell A / N	Real A / N	Real A / N	Virtuell A / N

### **Gestaltung der Experimentierumgebungen und Hilfen**

Die reale und die virtuelle Experimentierumgebung zu einem Thema (Neutralisation oder Auftrieb) wurden inhaltlich und didaktisch möglichst äquivalent gestaltet. Vor Beginn des jeweiligen Experimentes erhielten die Schüler eine Einführung, am Computer standardisiert mit Übungen. Um eine standardisierte Einführung in die Realexperimente zu geben, wurde ein Video produziert. Während des Experimentierens lagen in beiden Modi identische Informationskarten zur fachlichen Unterstützung (Glossar) bzw. zur Unterstützung des Strategieeinsatzes (Übersicht des Ablaufs eines Erkenntnisprozesses aus dem Training) vor. Zu den Hilfen zählte auch ein Laborjournal, das in den virtuellen Experimenten automatisch alle wichtigen Daten der durchgeführten Experimente aufzeichnete. Bei den Realexperimenten lagen Tabellen vor, die Spalten zu den gleichen Daten anboten. Außerdem wurde eine Notiztafel zur Verfügung gestellt, auf der mögliche Ansatzpunkte zur Aufklärung des Sachverhaltes als Begriffe zur Verfügung gestellt wurden. Die Schüler konnten diese nutzen, um ihre Ideen und Schlussfolgerungen zu notieren. Ob und in welchem Umfang die Schüler eine der Hilfen nutzten, lag in ihrem eigenen Ermessen.

### **Datenerhebung**

Vor der Durchführung des Trainings wurden verschiedene Testinstrumente zur Erhebung von fachlichem und strategischem Vorwissen, sowie evtl. einflussnehmender Faktoren (Geschlecht, Alter, Noten in Chemie und Physik, kognitive Fähigkeiten) eingesetzt. Im Anschluss an das Training wurde zur Messung des unmittelbaren Erfolgs ein kurzes Instrument zu Strategien eingesetzt. Vor Bearbeitung des ersten Experiments wurden die Lerner, ohne zu wissen, welcher Treatmentgruppe sie zugeteilt wurden, nach ihrer aktuellen Motivation gefragt. Nach Bearbeitung des zweiten Experiments wurde der Fragebogen zur aktuellen Motivation (FAM, Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001) erneut ausgefüllt. Der fachliche Lernerfolg wurde unmittelbar dem entsprechenden Experiment erhoben, alle anderen Tests wurden im Anschluss an das zweite Experiment bearbeitet.

Um Informationen über die Nutzung der Strategien und der zur Verfügung gestellten Hilfen zu gewinnen, wurden zusätzlich Prozessdaten von zufällig ausgewählten Schülerpaaren erhoben. Paare, die mit realen Experimenten arbeiteten, wurden videografiert. Die virtuellen Lernumgebungen zeichnen automatisch alle in der Simulation getätigten Klicks auf (logfiles). Ergänzend zu den logfiles wurden von einigen Paaren Audioaufnahmen über Diktiergeräte gemacht, um eventuelle zusätzliche Informationen nicht zu verlieren.

### **Ergebnisse**

Von 508 Schülern (254 Paaren) aus 22 Klassen (vier Mädchenklassen) lagen vollständige Datensätze vor ( $M(\text{Alter})=13.3$ ;  $\varphi=284$  (55.9%)). In Bezug auf Fachwissen „Auftrieb“ bzw. „Neutralisation“, deklarative Kenntnisse über Strategien und Arbeiten mit Experimenten zeigten alle Gruppen signifikanten Lernzuwachs. Die Anwendung von Strategien (NAW-Test, Klos, 2009) konnte nicht signifikant beeinflusst werden. Mit Korrelationsberechnungen konnte bestätigt werden, dass Fachwissen und Strategiewissen in den Naturwissenschaften verschiedene Konstrukte darstellen: Auf der einen Seite korrelieren die Fachwissenstests ( $r=.396$ ,  $p<.001$ ), auf der anderen die drei Tests, die Experimentier- und Strategiewissen abfragen ( $r>.1$ ,  $p<.03$ ). Um den Einfluss des Treatments zu bestimmen, wurden geplante Kontraste gerechnet. Dabei wurden nur wenige signifikante Unterschiede zwischen Gruppen gefunden (Bergs & Walpuski, 2012). Dabei ist vor allem der signifikant niedrigere Motivationsverlust der Gruppen interessant, die mit zwei Realexperimenten arbeiteten. Fachbezogen ist das virtuelle Experiment zum Thema „Auftrieb“ dem realen überlegen: Während der Lernzuwachs der vier Real-Gruppen unter dem Durchschnitt blieb, lag der Lernzuwachs der vier virtuellen Gruppen darüber.

Zum Vergleich der Strategiemaße wurden die Prozessdaten mit Hilfe eines Manuals in Lernprozessgrafiken geplottet und in verschiedenen Kategorien requantifiziert. Insgesamt wurden 54 Experimentierprozesse ausgewertet.

Tab. 2: Stichprobe Prozessdaten

	total	Modus		Thema		Modus 1. Experiment		Prozessdaten aus 1. und 2. Experiment
		virt.	real	Neutr.	Auftrieb	virt.	real	
1. Experiment	28	13	15	13	14	virt.	real	
2. Experiment	26	13	13	13	13	12	14	8

Die Anzahl der getätigten Aktionen ist abhängig von Modus und Thema des Experimentes (Neutralisation Real < Auftrieb Real << Neutralisation Virtuell ≈ Auftrieb Virtuell). Ob es sich dabei um das erste oder zweite Experiment des Paares handelt, ist unerheblich. Als Indikatoren für strategisches Vorgehen wurden u. a. Variablenkontrolle und Passung zwischen Idee, Experiment und Schlussfolgerung ausgewertet. Dabei zeigte sich, dass bei Berücksichtigung von Modus und Thema lediglich in Bezug auf das Maß „Fachlich falsche Idee - Passendes Experiment - Fachlich richtige Schlussfolgerung“ ein signifikanter Unterschied vorlag, während die Variablenkontrolle zwar durch Modus (zugunsten der virtuellen Umgebung) und Thema (zugunsten von „Auftrieb“) beeinflusst wurde, der Einfluss aber bei Berücksichtigung beider Faktoren nicht mehr signifikant wurde.

In Bezug auf die Verwendung der zur Verfügung gestellten Hilfen zeigte sich, dass das Laborjournal in den virtuellen Umgebungen so gut wie gar nicht, in den Realexperimenten dagegen sogar sehr häufig verwendet wurde. Die Nutzung der Informationskarten erwies sich ebenfalls als abhängig vom Modus (zugunsten der realen Umgebung).

#### Literatur

- Akerson, V. (2008). How Do I Do This? Skills Students Need For Inquiry. In E. Abrams, P. Southerland & C. Silva (Eds.), *Inquiry in the Classroom. Realities and Opportunities*. Charlotte, N.C: IAP, 18-24.
- Bereiter, C., & Scardamalia, M. (2003): Learning to Work Creatively With Knowledge. In E. de Corte et al. (Eds.), *Powerful Learning Environments*. Amsterdam: Pergamon, pp. 55–68.
- Bergs, M., & Walpuski, M. (2012): Students' Proceeding in Real and Virtual Guided Inquiry Environments. In *Giornale di Didattica e Cultura della Società Chimica Italiana* 34 (3 SPECIALE), pp. 51–56.
- de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998): Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. In *Review of Educational Research* 68 (2), pp. 179–201.
- Dewey, J. (1966). *Logic. The Theory of Inquiry*. 1938 Reprint. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Erkens, G., Kanselaar, G., Prangma, M., & Jaspers, J. (2003). Computer Support for Collaborative and Argumentative Writing. In E. de Corte et al. (Eds.), *Powerful Learning Environments*. Amsterdam: Pergamon, pp. 159-178.
- Göbbling, J. M. (2011). *Selbständig entdeckendes Experimentieren*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen, Essen. Fakultät für Bildungswissenschaften. Available online at <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet/Document-25874/Dissertation.pdf>, checked on 27/05/2011.
- Kirsh, D. (2005). Metacognition, Distributed Cognition, and Visual Design. In P. Gärdenfors & P. Johansson (Eds.): *Cognition, Education, and Communication Technology*. Mahwah, N.J: Routledge, pp. 147–180.
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science. The Cognition and Development of Discovery Processes*. Cambridge: MIT Press.
- Klos, S. (2008). *Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzeptes*. Berlin: Logos.
- Rheinberg, F.; Vollmeyer, R.; Burns, B. D. (2001): FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. In *Diagnostica* 47 (2), pp. 57–66.
- Thillmann, H (2007). *Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen, Essen. Fakultät für Bildungswissenschaften.
- Tschirgi, J. E. (1980). Sensible Reasoning: A Hypothesis about Hypotheses. *Child Development*, 51(1), 1-10.
- Wahser, Isabel (2007). *Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie*. Berlin: Logos.
- Walpuski, Maik (2006). *Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback*. Berlin: Logos.

## Ein Instrument zur Erfassung von Argumentationen beim Experimentieren

### Einleitung und Zielsetzung

In einem Forschungsprojekt wird untersucht, wie Lernende mit selbstständig experimentell generierten Daten und Beobachtungen für oder gegen eine eingangs aufgestellte Hypothese argumentieren. Um einen intensiven Argumentationsprozess anzustoßen, wurden Experimentiersituationen entwickelt, die bei vielen Schülerinnen und Schülern unerwartete, d. h. nicht den Vorhersagen entsprechende Daten und Beobachtungen erzeugen. In vorangegangenen Beiträgen wurde ein auf Interviewdaten basierendes, deduktiv abgeleitetes Kategoriensystem diesen Argumentationen vorgestellt (Ludwig & Priemer, 2012, 2013). Es soll untersucht werden, inwiefern diese Argumentationen durch das Lernsetting (reales vs. virtuelles Experiment) beeinflusst werden. Da Vorstudien gezeigt haben, dass Interviews zu Verzerrungen führen können (z. B. soziale Erwünschtheit bzw. das Streben, möglichst physikalisch-inhaltlich zu argumentieren und Objektivität) und ferner testökonomische Nachteile aufweisen (z. B. Kodierung und Reliabilität), wurde ein selbstauskunftsbasierter Fragebogen zur Erfassung von Argumentationen beim Experimentieren entwickelt. Die im vorliegenden Beitrag vorgestellten Entwicklungs- und Validierungsstudien hatten zum Ziel, das Instrument auf Inhalts- und Konstruktvalidität zu prüfen sowie die Messinvarianz des Messmodells über die Gruppen (real vs. virtuell) hinweg zu testen.

### Testkonstruktion

Aufbauend auf den Vorarbeiten wurden vier von zehn Kategorien durch likertskalierte Items operationalisiert: die Argumentation mit 1. empirischer Evidenz, 2. „externem“ Expertenwissen, 3. Intuition sowie 4. Messunsicherheiten. Die Itementwicklung fand unter Berücksichtigung von 129 vorliegenden Interviewdatensätzen aus Vorstudien statt. Die Aussagen aus den Interviews wurden z. T. so umformuliert, dass sie sich konkret auf die eingangs aufgestellte Hypothese beziehen. Nach diesem Verfahren wurden 88 Items entwickelt.

### Studie 1: Überprüfung der inhaltlichen Validität durch ein Expertenrating

Um die inhaltliche Validität der Items sicherzustellen, wurden ein Rating mit  $n=8$  Experten durchgeführt. Diese waren Lehramtsstudierende naturwissenschaftlicher Fächer bzw. Doktoranden der Fachdidaktiken. Den Experten wurden Konstruktbeschreibungen der vier Argumentationskategorien sowie alle 88 Items mit der Bitte um Zuordnung vorgelegt. Als Kriterium für die Itemauswahl wurde festgelegt, dass mindestens sieben von acht Experten ein Item derselben Kategorie zuordnen (dies entspricht einer prozentualen (paarweisen) Übereinstimmung von 87,5 % (75 %) <sup>1</sup>). So wurden für drei der vier Kategorien pro Skala je zwischen 12 und 20 Items ausgewählt. In der Kategorie Expertenwissen mussten vier Items so überarbeitet werden, dass sie das Konstrukt besser abbilden. Insgesamt wurden 19 Items ausgeschlossen. Durch die Expertenstudie konnte die inhaltliche Validität von 63 Items belegt werden.

<sup>1</sup> Die prozentuale Übereinstimmung ist bei diesem Kriterium ein hinreichend zuverlässiges Maß, da die erwartete zufällige Übereinstimmung sehr gering ist ( $P(7 \text{ von } 8) = 0,2^7$ ).

## Studie 2: Empirische Testüberprüfung

### Zielsetzung

In einer weiteren Studie wurden die Items empirisch evaluiert. Die Studie verfolgte dabei die folgenden Ziele:

1. Itemauswahl: Die Items sollten nach Kriterien der klassischen Testtheorie (Itemschwierigkeit, Trennschärfe, Varianz, Selektionskennwert, z. B. Lienert & Raatz, 1998) überprüft und ausgewählt werden.
2. Konstruktvalidität: Die dem Test zugrunde liegende vierfaktorielle Struktur sollte durch eine konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) überprüft werden. Die CFA schätzt anhand eines a priori spezifizierten Modells und der Stichprobendaten eine modellkonforme Populationskovarianzmatrix und prüft, ob diese bedeutsam von der Stichprobenkovarianzmatrix abweicht. Dadurch kann Aufschluss über die Passung des Modells (in diesem Fall die spezifizierte Zuordnung zwischen Item und entsprechender Argumentationskategorie) gewonnen werden (Brown, 2006; Eid, Gollwitzer & Schmitt, 2011).
3. Messinvarianz: Da die Probanden zunächst das Experiment durchlaufen müssen, um den Fragebogen überhaupt sinnvoll beantworten zu können, ist die Entwicklung des Instruments untrennbar mit diesem Experimentierprozess verknüpft. Dabei besteht die Gefahr einer wechselseitigen Beeinflussung von Gruppenzugehörigkeit (reales und virtuelles Experiment) und Itemantworten bereits während der Testentwicklung. Es ist daher zu prüfen, ob die Zusammenhänge zwischen der Ausprägung der latenten Variablen und dem Antwortverhalten auf manifester Ebene und damit die Messbeziehungen gruppenübergreifend identisch sind. Nur unter dieser Voraussetzung können Mittelwertdifferenzen in Folgestudien sinnvoll interpretiert werden. Messinvarianz kann u. a. in Mehrgruppen-CFA-Modellen (MG-CFA) getestet werden (z. B. Brown, 2006).

### Methodik

Die Evaluation des Tests fand im Juni 2013 in einer Berliner Gemeinschaftsschule mit hohem Migrationsanteil statt. Es nahmen  $n = 154$  Probanden der 8.-10. Klassenstufe teil. Der Ablauf war identisch mit den Vorstudien (Ludwig & Priemer, 2012, 2013), wobei das Interview durch den zu testenden Fragebogen ersetzt wurde. Die Antworten von 19 Probanden wurden aufgrund offensichtlicher Falschantworten (Muster o. ä.) aus der Stichprobe entfernt. Es stehen somit 135 Datensätze zur Verfügung, davon sind 116 vollständig. Der Anteil der *missings* pro Item ist kleiner als 5 %.

### Ergebnisse

Die Items wurden zunächst klassisch nach folgenden Kriterien selektiert: Die Itemschwierigkeit liegt im Bereich  $5 < P < 95$ , die Trennschärfe ist  $r > .4$ , Items mit ähnlicher Varianz (und ähnlichem Inhalt) werden entfernt. Aus den verbleibenden Items wurden abschließend maximal acht Items pro Kategorie nach der Höhe des Selektionskennwerts und nach inhaltlichen Kriterien ausgewählt. Die verbleibenden Items wurden mittels einer konfirmatorischen Faktorenanalyse<sup>2</sup> (CFA) auf die Struktur der zugrundeliegenden latenten Faktoren geprüft. Dazu wurde zunächst theoriekonform ein vierfaktorielles Modell spezifiziert. Alle Items laden signifikant auf dem entsprechenden latenten Faktor. Um das Messmodell zu verkleinern, wurden pro Kategorie fünf Items mit dem höchsten Diskriminationsparameter ausgewählt. Dieses vierfaktorielle Modell kann

<sup>2</sup> Die CFAs wurden in R mit dem Paket lavaan (Rosseel, 2012) berechnet. Obwohl die Daten streng genommen nur Ordinalniveau aufweisen, wurde das *maximum-likelihood*-Schätzverfahren (mit Yuan-Bentler Korrektur) verwendet (siehe z. B. Rhemtulla, Brossseau-Liard & Savalei, 2012; Beauducel & Herzberg, 2006). Fehlende Werte wurden mit der *full-information-maximum-likelihood*-Methode geschätzt (Enders & Bandalos, 2001).

nicht verworfen werden ( $\chi^2(164) = 226.6$ ,  $p = .001$ ,  $CFI = .93$ ,  $RMSEA = .053$ ). Ein denkbares Alternativmodell, bestehend aus nur einem Faktor, muss hingegen abgelehnt werden ( $\chi^2(170) = 738.3$ ,  $CFI = .33$ ,  $RMSEA = .157$ ). Um die psychometrische Qualität der Items im Hinblick auf das Vorliegen von Messinvarianz über die Gruppen hinweg zu untersuchen, wurden in den folgenden Analysen die vier latenten Faktoren getrennt modelliert. Dieses Vorgehen ist legitim, da bis auf eine Ausnahme kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Faktoren gezeigt werden konnte (lediglich zwischen Intuition und Evidenz liegt eine negative latente Korrelation von  $-.50$  vor). Weiterhin musste das Messmodell verkleinert werden, da bedingt durch die simultane Modellschätzung in beiden Gruppen im Rahmen der MG-CFA die Zahl der zu schätzenden freien Parameter im Verhältnis zur Stichprobe zu groß war. Bei einer Messinvarianzanalyse durch eine MG-CFA werden geschachtelte Modelle verglichen, die sich in Bezug auf die Beschränkungen über die Gruppen hinweg unterscheiden. Für die Messmodelle aller vier latenten Faktoren liegt Messinvarianz auf konfiguralem (identische Faktorstruktur), metrischem (identische Faktorstruktur und Diskriminationsparameter) und skalarem Niveau (identische Faktorstruktur, Diskriminationsparameter und Intercepts) vor (Kriterium:  $|\Delta CFI| < .002$ , siehe Meade, Johnson & Braddy, 2008; sowie  $\Delta\chi^2$ -Test n.s.).

### Zusammenfassung

Durch die Expertenstudie konnte zunächst gezeigt werden, dass die entwickelten Items eine hohe inhaltliche Passung zu den beschriebenen Argumentationskategorien aufweisen. Die Evaluationsstudie liefert Belege, dass es möglich ist, Items zu konstruieren, die Kriterien der klassischen Testtheorie genügen und in der Lage sind, die Argumentationen beim Experimentieren „post-hoc“ selbstauskunftsbasiert in einem Fragebogen empirisch getrennt zu erfassen. Das angenommene Modell weist eine gute Passung zu den Daten auf. Die Items verhalten sich ferner über die Gruppen hinweg messinvariant und erfüllen damit die Voraussetzung zur sinnvollen Interpretation von Mittelwerten in der Hauptstudie.

Besonderer Dank gilt Herrn Jakob Bar, der an den vorgestellten Ergebnissen im Rahmen seiner Masterarbeit mitgearbeitet hat.

### Literatur

- Beauducel, A., & Herzberg, P. Y. (2006). On the Performance of Maximum Likelihood Versus Means and Variance Adjusted Weighted Least Squares Estimation in CFA. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 13(2), 186-203.
- Brown, T. A. (2006). *Confirmatory Factor Analysis for Applied Research*. New York: Guilford Press.
- Eid, M., Gollwitzer, M., & Schmitt, M. (2011). *Statistik und Forschungsmethoden*. Weinheim: Beltz.
- Enders, C. K., & Bandalos, D. L. (2001). The Relative Performance of Full Information Maximum Likelihood Estimation for Missing Data in Structural Equation Models. *Structural Equation Modeling*, 8(3), 430-57.
- Lienert, G. A., & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim: Beltz, Psychologie Verl.-Union.
- Ludwig, T., & Priemer, B. (2012). Begründungen und Überzeugungen beim Beibehalten und Verwerfen von eigenen Hypothesen in Real- und Simulationsexperimenten. In S. Bernholt (Ed.), *Konzepte Fachdidaktischer Strukturierung Für Den Unterricht* (Vol. 32, pp. 313–315). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Oldenburg 2011, Münster: LIT Verlag.
- Ludwig, T., & Priemer, B. (2013). Argumentationen bei nicht-hypothesenkonformen Ergebnissen in Real- und Simulationsexperimenten. In S. Bernholt (Ed.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen* (Vol. 33, pp. 731–733). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012, Kiel: IPN.
- Meade, A. W., Johnson, E. C., & Braddy, P. W. (2008). Power and sensitivity of alternative fit indices in tests of measurement invariance. *Journal of Applied Psychology*, 93(3), 568–592.
- Rhemtulla, M., Brosseau-Liard, P. É., & Savalei, V. (2012). When can categorical variables be treated as continuous? A comparison of robust continuous and categorical SEM estimation methods under suboptimal conditions. *Psychological methods*, 17(3), 354–373.
- Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1–36.

## Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Kompetenzbereichen im Fach Chemie

Ausgangspunkt der Studie sind die Bildungsstandards für das Fach Chemie und deren Evaluation. Diese erfolgt durch das Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) in Zusammenarbeit mit Fachdidaktikern verschiedener Universitäten sowie Lehrerinnen und Lehrern im Projekt *Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I* (Walpuski et al., 2010). In den Bildungsstandards sind Fähigkeiten und Fertigkeiten, über die Schülerinnen und Schüler mit dem Erreichen des mittleren Schulabschlusses verfügen sollen, in vier gleichberechtigten Kompetenzbereiche gegliedert: *Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung* (KMK, 2005).

### Theoretischer Hintergrund und Forschungsfragen

Für diese Studie wurde zunächst der Kompetenzbereich *Kommunikation* operationalisiert, um anschließend einen schriftlichen Test zu Erfassung der Kommunikationskompetenz zu entwickeln. Auf Basis der Bildungsstandards und verschiedenen Kommunikationstheorien und -modellen (u. a. Mead, 1968; Habermas, 1971; Schulz von Thun, 1981) wurden drei Kompetenzteilbereiche und drei Aspekte herausgearbeitet.

*Tab. 1: Kompetenzteilbereiche und Aspekte*

Kompetenzteilbereiche	Informationen erschließen	Informationen weitergeben	Argumentieren
Aspekte	Sprache / Fachsprache		
	Darstellungsformen		
	Adressatenbezug / Sachbezug		

Beim Vergleich der Kompetenzbereiche für die Operationalisierung wurden mögliche Überlappungen zu den Kompetenzbereichen *Fachwissen* und *Bewertung* gefunden. Die Überlappung zwischen *Fachwissen* und *Kommunikation* wird erwartet, da in den Standards zu beiden Bereichen der Umgang mit Informationen enthalten ist. Es werden z. B. teilweise die gleichen Operatoren (erklären, beschreiben) genutzt. Darüber hinaus ist das Lernen einer Fachsprache (in den Bildungsstandards im Bereich Kommunikation verankert) untrennbar mit dem Lernen von Fachwissen verknüpft (Merzyn, 2008). Daraus lässt sich folgende Forschungsfrage ableiten:

*FF1: Welcher empirische Zusammenhang zeigt sich zwischen Ergebnissen in den Leistungstests zu den Kompetenzbereichen *Fachwissen* und *Kommunikation*?*

Die Überlappung zwischen den Bereichen *Bewertung* und *Kommunikation* wird erwartet, da Argumentieren nicht nur eine kommunikative Fähigkeit ist, sondern oft auch die Bewertung eines Sachverhaltes mit einschließt. Daraus lässt sich folgende Forschungsfrage ableiten:

*FF2: Welcher empirische Zusammenhang zeigt sich zwischen Ergebnissen in den Leistungstests zu den Kompetenzbereichen *Fachwissen* und *Kommunikation*?*

### Methoden und Design

Zur Überprüfung der Forschungsfragen wurden schriftliche Tests – Kompetenztest *Kommunikation* (im Multi-Matrix Design), Kompetenztest *Fachwissen* (Ropohl, 2010) und *Bewertung* (Hostenbach, 2011) sowie Tests zur Erhebung von sprachlichen und kognitiven Fähigkeiten – in einem quantitativen Design eingesetzt. Die Stichprobe umfasste  $N = 496$

(♀ = 52 %; Alter: 14.6 Jahre,  $SD = 1.04$ ; 87.7 % Gymnasium; 14.3 % Realschule). Durch die Nutzung von Rasch-Analysen wurde geprüft, ob die Daten besser durch mehrdimensionale Modelle oder durch eindimensionale Modelle abgebildet werden können. Die Aufgabenqualität wurde dabei durch den MNSQ und den t-Wert bewertet.

### Ergebnisse

In einem ersten Schritt wurden alle Aufgaben des Kompetenztests *Kommunikation* gemeinsam in einem eindimensionalen Modell skaliert. Anschließend wurden die Aufgaben entsprechend der drei Kompetenzteilbereiche aufgeteilt und dreidimensional skaliert. Alle Aufgaben passen zu den berechneten Modellen und die Grenzwerte für den MNSQ sowie den t-Wert werden eingehalten (Smith, 2004). Die Überprüfung, welches Rasch Modell die bessere Passung aufweist, wurde anhand der Deviance und Informationskriterien (AIC, BIC) sowie Reliabilitäten durchgeführt. Darüber hinaus wurden beim dreidimensionalen Modell auch die latenten Korrelationen betrachtet.

Tab. 2: Modellvergleiche Kompetenzbereich Kommunikation

	Deviance	AIC	BIC	Item Separation Reliability	EAP/PV Reliability		
1 D	9256.45	9470.45	9918.81	.98	.74		
3 D	9215.95	9439.95	9909.27	.97	.67	.57	.64

Beim Vergleich der Deviance sowie der Informationskriterien weist das Modell mit dem geringeren Wert die bessere Passung auf (Bühner, 2011). Zusätzlich wurde für den Vergleich der Deviance ein Likelihoodquotiententest gerechnet und mit einem Chi-Quadrat Test auf Signifikanz geprüft ( $\Delta Deviance = 40.5$ ;  $\Delta df = 5$ ,  $p < .001$ ). Demnach hat das dreidimensionale Modell eine bessere Passung. Die Item Separation Reliability ist bei beiden Modellen sehr gut. Die Betrachtung der EAP/PV Reliabilität weist auf eine bessere Passung des eindimensionalen Modells hin. Die latenten Korrelationen im dreidimensionalen Modell sind zwischen den Teilbereichen Informationen erschließen und Informationen weitergeben mit  $r = .84$  sowie zwischen Informationen erschließen und Argumentieren mit  $r = .89$  hoch; die latente Korrelation zwischen Informationen weitergeben und Argumentieren liegt mit  $r = .72$  in einem mittleren Bereich. Trotz der hohen latenten Korrelationen kann von verschiedenen Fähigkeitsbereichen gesprochen werden. Bereits in PISA 2000 lag die latente Korrelation zwischen den Konstrukten *Lesekompetenz* und *Naturwissenschaftliche Grundbildung* bei  $r = .87$  (Artelt & Schlagmüller, 2004). In den PISA-E-2003 Ergebnissen wurde eine latente Korrelation von  $r = .85$  zwischen der *Problemlösekompetenz* und der *mathematischen Kompetenz* berichtet (Leutner, Klieme, Meyer & Wirth, 2005).

Alle weiteren Modellvergleiche wurde analog zur Überprüfung des Kompetenztests *Kommunikation* durchgeführt.

Zuerst wurde der empirische Zusammenhang zwischen den Kompetenzbereichen *Kommunikation* und *Fachwissen* analysiert. Hierzu wurden die zwei folgenden Modelle verglichen: eindimensional (Kommunikation & Fachwissen) und vierdimensional (Informationen erschließen – Informationen weitergeben – Argumentieren – Fachwissen).

Tab. 3: Modellvergleiche Kommunikation und Fachwissen

	Deviance	AIC	BIC	Item Separation Reliability	EAP/PV Reliability			
1 D	11882.51	12120.51	12583.94	.99	.80			
4 D	11712.35	11968.35	12466.13	.95	.71	.56	.70	.64

Der Likelihoodquotiententest ist gemäß des Chi-Quadrat Tests signifikant ( $\Delta Deviance = 170.16$ ;  $\Delta df = 4$ ,  $p < .001$ ). Im vierdimensionalen Modell liegen die latenten Korrelationen zwischen  $.62 \leq r \leq .87$ . Bei der Betrachtung der Modellvergleiche weist das vierdimensionale Modell insgesamt eine bessere Passung auf.

Anschließend wurde der empirische Zusammenhang zwischen den Kompetenzbereichen *Kommunikation* und *Bewertung* analysiert. Dabei wurden ein dreidimensionales Modell (Informationen erschließen – Informationen weitergeben – Argumentieren & Bewertung) und ein vierdimensionales Modell (Informationen erschließen – Informationen weitergeben – Argumentieren – Bewertung) miteinander verglichen.

Tab. 4: Modellvergleich Kommunikation und Bewertung

	Deviance	AIC	BIC	Item Separation Reliability	EAP/PV Reliability		
3 D	11189.18	11437.18	11920.09	.96	.71	.64	.78
4 D	11150.33	11406.33	11904.81	.95	.80	.71	.75

Der Likelihoodquotiententest ist gemäß des Chi-Quadrat Tests signifikant ( $\Delta Deviance = 38.85$ ;  $\Delta df = 4$ ,  $p < .001$ ). Im dreidimensionalen Modell liegen die latenten Korrelationen zwischen  $.79 \leq r \leq .84$ ; im vierdimensionalen Modell zwischen  $.62 \leq r \leq .91$ . Bei der Betrachtung der Modellvergleiche weist das vierdimensionale Modell insgesamt eine bessere Passung auf.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die drei Kompetenzteilbereiche der *Kommunikationskompetenz* jeweils als einzelne Dimensionen abgebildet werden konnten. Die Abgrenzungen zu den Kompetenzbereichen *Fachwissen* sowie *Bewertung* sind möglich, aber die Differenzen der Modellkennwerte sind gering und teilweise liegen hohe latente Korrelationen vor. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Konstrukte sehr ähnlich sind.

#### Literatur

- Artelt, C., & Schlagmüller, M. (2004). Der Umgang mit literarischen Texten als Teilkompetenz im Lesen? In U. Schiefele, C. Artelt, W. Schneider & P. Stanat (Hrsg.), *Struktur, Entwicklung und Förderung von Lesekompetenz*. Wiesbaden: VS Verlag, 169-196.
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*, München: Pearson.
- Habermas, J. (1971). *Vorbereitende Bemerkungen zu einer Theorie der kommunikativen Kompetenz*. In Habermas, J. & Luhmann, N., *Theorie der Gesellschaft oder Sozialtechnologie*. Frankfurt/M: Suhrkamp, 101-141.
- Hostenbach, J. (2011) *Entwicklung und Überprüfung eines Modells zur Beschreibung der Bewertungskompetenz im Chemieunterricht*, Berlin: Logos Verlag.
- KMK / Sekretariat der Ständigen Konferenzen der Kultusministerkonferenz der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*.
- Leutner, D., Klieme, E., Meyer, K., & Wirth, J. (2005). Die Problemlösekompetenz in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland. In Prenzel, M., Baumert, J. & Blum, W. (Hrsg.), *PISA 2003*. Münster: Waxmann, 125-146.
- Mead, G.H. (1968). *Geist, Identität und Gesellschaft aus der Sicht des Sozialbehaviorismus*. Frankfurt/M: Suhrkamp.
- Merzyn, G. (2008). *Sprache und Chemie lernen. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 19(106-107), 94-97.
- Ropohl, M. (2010). *Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. Entwicklung und Analyse von Testaufgaben*, Berlin: Logos Verlag.
- Schulz von Thun, F. (1981). *Miteinander Reden 1. Störungen und Klärungen*, Reinbeck: Rowohlt.
- Smith, R. M. (2004). *Fit Analysis in Latent Trait Measurement Models*. In Smith, E. V. & Smith, R. M. (Hrsg.), *Introduction to Rasch measurement*. Maple Grove: JAM Press, 73-92.
- Walpuski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H.E., Mayer, J., Sumfleth, E., & Wellnitz, N. (2010). *ESNaS - Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I*. In Gehrman, A. & Hericks, U. & Lüders, M. (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 171-184.

Dietmar Höttecke<sup>1</sup>  
 Claus Krieger<sup>1</sup>  
 Marta Kulik<sup>1</sup>  
 Timo Ehmke<sup>2</sup>  
 Knut Schwippert<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Hamburg  
<sup>2</sup>Leuphana Universität Lüneburg

### **Fachsprachliche Fähigkeiten in Physik und Sport in Klasse 6 und 7**

C-Tests sind globale Instrumente zur Bestimmung allgemein-sprachlicher Kompetenzen (Baur, Grotjahn & Spaettmann, 2006). Sie bestehen aus mehreren kurzen Textblöcken, in denen Teile von ca. 15-25 Wörter getilgt wurden. Die Testleistung besteht in der Rekonstruktion der getilgten Wortteile. Dies gelingt auf der Grundlage syntaktischen, semantischen und Kontext-Wissens. C-Tests basieren auf dem Prinzip der Reduktion von Redundanzen: Die Bedeutungen sprachlicher Mitteilungen werden von Hörern/Lesern erschlossen, in dem sie möglichst viele Aspekte berücksichtigen, die zum Verstehen einer Mitteilung beitragen (z.B. Wortbedeutung, syntaktische Merkmale, Kollokationen). Ein Merkmal eines kompetenten Sprachnutzers besteht in der Fähigkeit, eine sprachliche Mitteilung unter Bedingungen reduzierter Redundanz (Tilgung von Wortteilen) zu verstehen. Ein Indikator dieser Kompetenz ist die Fähigkeit einer Testperson, die Tilgungen im C-Test korrekt zu füllen. Während üblicherweise Tilgungen nach einem Zufallsprinzip (z.B. jedes 3. Wort) an einer Silbengrenze der hinteren Worthälfte vorgenommen werden, können die lexikalischen Anforderungen durch Tilgung der vorderen Worthälfte erhöht werden (ebd.). Bisher wurden unterschiedliche Ansätze verfolgt, das C-Test-Prinzip zur Diagnostik fachsprachlicher Kompetenzen für naturwissenschaftliche Domänen zu nutzen. Adamik, Bole, N'sir und Pastille (2011) tilgen an Fachtexten die hinteren Worthälften nach dem 3er-Tilgungsprinzip. Ein Fachsprachentest für die Domäne Chemie (Özcan, 2012) basiert auf der Tilgung der vorderen Worthälften. Die Tilgungen wurden dabei zielbereichsorientiert und auf der Basis eines Expertenratings festgelegt, damit die Tilgung v.a. fachsprachliche Textelemente betreffen.

Der Hamburger C-Test wurde für die Domänen Physik und Sport für die 6./7. Klassenstufe entwickelt und in zwei Studien validiert. Bei der Testentwicklung für den C-Test-Physik wurde folgendermaßen vorgegangen: 4 Schulbuchtexte zum Thema Magnetismus wurden nach leichten Anpassungen auf jeweils 150 Wörter mit je 15 Tilgungen der vorderen Worthälften limitiert. Die Konstruktvalidität wurde einerseits dadurch abgesichert, Texte aus Physikschulbüchern zur Grundlage der Testentwicklung zu machen. Zusätzlich wurde die Textauswahl von einer Gruppe aus 5 Physik-Experten/innen (abgeschlossenes Physikstudium) auf fachsprachliche Elemente hin überprüft. Wir gehen dabei sprachtheoretisch von der Pragmatik aus: Physik-Experten sind Mitglieder einer Fachsprachengemeinschaft. Der fachsprachliche Charakter eines Wortes lässt sich danach nur annähernd durch seine Zuordnung zu einem fachsprachlichen Text (Physikbuch) oder anhand einer Kriterienliste bestimmen. Da Bedeutungen durch Sprachhandeln hervorgebracht werden, sind die Urteile sprachkompetenter und -handelnder Experten/innen maßgeblicher Bezugspunkt der Auswahl von Tilgungsstellen. Diese Vorgehensweise sichert ab, dass neben den leicht als fachsprachlich identifizierbaren Nomen auch weitere Wortarten zur Tilgung verwendet werden. In der Expertengruppe wurden zunächst fachsprachliche Elemente vorläufig identifiziert, um eine Kriterienliste zu erstellen. Es zeigt sich, dass eine solche Liste interpretationsbedürftig bleibt, sofern man sich nicht auf fachsprachliche Nomen beschränkt. Im Rahmen eines Rating-Verfahrens wurden abschließend nur Worte zur Tilgung zugelassen, die mindestens 4 der 5 Rater als fachsprachlich eingeschätzt hatten. Der C-Test Sport wurde analog auf Basis eines Experten-Verfahrens konstruiert.

Die C-Tests sollen auch auf Basis der Item-Response-Theorie auswertbar sein, um Personenfähigkeiten und Itemschwierigkeiten auf einer Messskala abbilden zu können. Wir gehen davon aus, dass raschmodellerte C-Test-Daten robust gegen Verletzungen der lokalen stochastischen Unabhängigkeit von Items sind (vgl. Harsch & Hartig, 2010).

### Studie 1

Studie 1 dient der Absicherung der diskriminanten Validität anhand eines eigens entwickelten Fachwissenstests, der ersten Absicherung der Reliabilität und der Auswahl und Optimierung von 2 aus 4 Textblöcken für die C-Testversionen für Studie 2. Der Fachwissenstest testet Wissen über Magnetismus, das dem C-Test als Kontext zugrunde liegt. Er umfasst 10 Single-Choice-Items mit jeweils 3 Distraktoren. C-Test-Physik und Fachtest-Physik wurde Schülern/innen aus 7. Klassen an einem Hamburger Gymnasium vorgelegt (n=99). Ein erster Vergleich der C-Tests für Physik und Sport erfolgte anhand einer Stichprobe aus Baden-Württembergischen Gymnasien (n=65). Die Codierung erfolgte in Studie 1 und 2 durch eine erfahrene Codiererin (Drittautorin). Problemstellen wurden mit den Testleitern (Erst- und Zweitautor) geklärt. Dabei wurde das Codier-Manual bis zur Sättigung ergänzt. Ein Item (Worttilgung) gilt für die fachsprachlichen C-Tests als gelöst, wenn das Wort erkannt wurde (Worteerkennungswert, WE-Wert=1), selbst wenn es orthographisch falsch ist (Richtig-Falsch Wert: RF-Wert=0). Die Auswertung von C-Tests für Sport und Physik entlang der WE-Werte verschiebt das Untersuchungskonstrukt in Richtung sprachrezeptiver und lexikalischer Fähigkeiten (Baur & Spettmann, 2008).

C-Test-Physik und Fachwissenstest Physik korrelieren mit  $r = .44$ . C-Tests-Physik und Sport korrelieren zu  $r = .47$ . Diese mittleren Korrelationen zeigen zufriedenstellend an, dass die drei Konstrukte hinreichend voneinander verschieden sind. Der für Studie 1 konstruierte C-Test-Physik umfasst 4 Teiltests (Textblöcke). Es konnte gezeigt werden, dass die Reliabilität der Teiltests für die Teiltests 3/4 höher waren als für die Teiltest 1/2 ( $\alpha_1=.68$ ,  $\alpha_2=.68$ ,  $\alpha_3=.74$ ,  $\alpha_4=.89$ ). Faktorenanalysen 1. Ordnung trugen nicht zur Unterscheidung der Teiltests bei. Eine Faktorenanalyse 2. Ordnung über den gesamten C-Test-Physik ergab einen Hauptfaktor mit Eigenwert 2.68, sodass gezeigt werden konnte, dass alle Teiltests gemeinsame Information tragen. Die Faktorladungen auf den Hauptfaktor für die Teiltests 3 und 4 ( $.802^{**}$ ,  $.846^{**}$ ) zeigten im Vergleich mit Teiltests 2 und 3 ( $.650^{**}$ ,  $.775^{**}$ ) eine besonders hohe Passung zum Gesamttest. Auf dieser Grundlage wurden der 3. und 4. Teiltest zur Weiterverwendung in Studie 2 identifiziert. Leichte Modifikationen wurden auf Basis von Itemanalysen vorgenommen. Für den C-Test-Sport wurde analog verfahren.

### Studie 2

Studie 2 diente der weiteren Absicherung der Testgüte der C-Tests. Es sollten Zusammenhänge zwischen sprachlichen Teilfertigkeiten auch im Zusammenhang mit personenbezogenen Variablen untersucht werden. Als Instrumente standen die in Studie 1 entwickelten C-Tests-Physik und -Sport (je 2 Teiltests à 15 Items, WE-Werte), ein allgemeinsprachlicher C-Test (LIQ Lebenslauf 3, 2 Teiltests à 25 Items, RF-Werte) und ein Schülerfragebogen (u.a. Alter, Schulnoten, Sprache, Migrationshintergrund, etc.) zur Verfügung. Das Testsample (n = 151, 85 männl., 66 weibl., Altersdurchschn. 13 Jahre) entstammt 6. und 7., teilweise sportbetonten Klassen aus Gymnasium und Stadtteilschulen. Mutter und Vater von 32,5 % der Testpersonen sind beide nicht in Deutschland geboren. Die Zusammenstellung dieses Samples beruht auf der Annahme, dass damit Varianz maximiert werden kann. Das Sample ist bezüglich aller drei C-Tests normalverteilt.

Die Testreliabilitäten lagen auf hohem Niveau ( $\alpha_{\text{phy}} = .89$ ,  $\alpha_{\text{spo}} = .90$ ,  $\alpha_{\text{Allg}} = .94$ ). Ein Vergleich von Rasch-Modellen über alle drei C-Tests hinweg zeigt die Überlegenheit eines 3-dimensionalen Modells gegenüber eines eindimensionalen anhand der in Tab. 1 dokumentierten Informationskriterien.

Tab. 1: Rasch-Modellvergleich über die Daten aller drei C-Tests

	N	Parameter	Deviance	AIC	BIC	CAIC
1-dim.	151	111	16142	16364	16699	16810
3-dim.	151	116	<b>15328</b>	<b>15560</b>	<b>15910</b>	<b>16026</b>

Einen ähnlichen Befund liefern Korrelationsanalysen. C-Test-Physik und -Sport korrelieren ebenso auf mittlerem Niveau ( $r = .542^{**}$ ) wie die C-Test-Physik und Sport mit dem allgemeinsprachlichen C-Test ( $r = .490^{**}$ ,  $r = .560^{**}$ ). Damit liegt Evidenz dafür vor, dass alle drei C-Tests unterschiedliche sprachliche Teilfähigkeiten messen.

Die Itemtrennschärfen lagen für die C-Tests-Physik / -Sport / -Allgemeinsprache nur zu 20% / 20% / 16% der Items bei  $\leq .3$  und sind damit zufriedenstellend. Die Itemschwierigkeiten für diese drei C-Tests lagen zu 80% / 73% / 72% im mittleren Bereich ( $0.2 \leq p \leq 0.8$ ).

Die mit allen Tests gemessenen sprachlichen Fähigkeiten zeigen keine signifikanten Zusammenhänge mit Geschlechtsunterschieden. Ein signifikanter, negativer und schwacher Einfluss auf die Testleistungen ergibt sich für C-Test-Allg. durch den Umstand, dass beide Elternteile im Ausland geboren wurden ( $p \leq .019$ ,  $\eta^2 = .054$ ). Gruppenvergleiche zeigen einen negativen, signifikanten Zusammenhang mit mittleren Effektstärken der Testleistungen in C-Test-Physik ( $p \leq .006$ ,  $t_{(148)} = 2,817$ ,  $d = .46$ ) und in C-Test-Allg. ( $p \leq .002$ ,  $t_{(148)} = 3,124$ ,  $d = .51$ ) mit dem Umstand, dass die zu Hause gesprochene Sprache nicht nur Deutsch ist. Hochsignifikante Korrelationen zeigten sich erwartungskonform v. a. mit der Deutschnote (C-Test-Physik:  $p < .001$ ,  $r = .33$ ; C-Test-Sport:  $p < .001$ ,  $r = .32$ ; C-Test-Allg:  $p < .001$ ,  $r = .420$ ), in etwas geringerem Maß mit der Physiknote (C-Test-Physik:  $p < .001$ ,  $r = .35$ , C-Test-Sport:  $p \leq .003$ ,  $r = .29$ , C-Test-Allg:  $p < .001$ ,  $r = .32$ ), aber nicht mit der Sportnote. Eine Unterscheidung des Samples nach sportbetonten und nicht-sportbetonten Klassen ergab keine signifikanten Gruppenunterschiede hinsichtlich der Leistungen im C-Test-Sport. Die Testergebnisse liefern Hinweise darauf, dass fachsprachliche Fähigkeiten in der Domäne Sport weder mit einer Sportbetonung der Schulklasse noch mit der Leistungsmessung der Sportlehrkräfte zusammen hängt. Letzteres gilt für die Domäne Physik nicht.

### Resümee

Im Rahmen zweier Teilstudien konnten reliable und valide C-Tests für die Erfassung fachsprachlicher Fähigkeiten in den Domänen Physik und Sport in Klassenstufe 6/7 entwickelt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass fachsprachliche Fähigkeiten als eigenständige Teilfähigkeiten aufgefasst werden müssen.

### Literatur

- Adamik, F., Bolte, C., N'sir, I., & Pastille, R. (2011). Diagnose naturwissenschaftsbezogener sprachlicher Kompetenzen. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie* (S. 143-145). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010. Münster: LIT-Verlag.
- Baur, R.-S., & Spettmann, M. (2008). Screening- Diagnose- Förderung: Der C-Test im Bereich DaZ. In B. Ahrenholz (Hrsg.), *Deutsch als Zweitsprache. Voraussetzungen und Konzepte für die Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund* (S. 95-109). Hohengehren. Baltmannsweiler: Schneider- Verlag.
- Baur, R.S., Grotjahn, R., & Spettmann, M. (2006). Der C-Test als Instrument der Sprachstandserhebung und Sprachförderung im Bereich Deutsch als Zweitsprache. In J.-P. Timm (Hrsg.), *Fremdsprachenlernen und Fremdsprachenforschung* (S. 389-406). Tübingen: Narr.
- Harsch, C. & Hartig, J. (2010). Empirische und inhaltliche Analyse lokaler Abhängigkeiten im C-Test. In R. Grotjahn (Ed.), *Der C-Test: Beiträge aus der aktuellen Forschung/The C-Test: Contributions from Current Research* (S. 205-232). Frankfurt/M.: Lang.
- Özcan, N. (2012). Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie. Universität Duisburg-Essen, Diss., <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet?id=30718> (06.09.2013).

Marion Müller<sup>1</sup>  
 Roland Berger<sup>1</sup>  
 Martin Hänze<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Osnabrück  
<sup>2</sup>Universität Kassel

## **Entwicklung von Trainings zur Verbesserung der Unterstützungsqualität im Cross-Age Tutoring**

### **Überblick über das Projekt „Cross-Age Tutoring“**

Das Cross-Age Tutoring ist eine Unterrichtsmethode, in der in der Regel ältere Schüler als Tutoren für jüngere Schüler, den Tutees, fungieren. Im sogenannten Tutoring unterstützen die Tutoren die Tutees bei ihrer Arbeit. Mit dieser Unterrichtsmethode besteht die Möglichkeit, Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht zu aktivieren und damit eine Steigerung fachlicher wie überfachlicher Kompetenzen zu unterstützen. Für Schüler aus achten Hauptschulklassen als Tutoren und Schüler aus dritten Grundschulklassen als Tutees soll dieses Potential in unserem Projekt nutzbar gemacht werden. Ziel des Projekts ist es u.a. im Hauptschulbereich kognitiv aktivierende und motivational anregende Unterrichtsformen weiterzuentwickeln und zu evaluieren.

In der zweiten Teilstudie dieses Projekts wurde der Einfluss von Tutorentrainings auf die Qualität der Hilfe durch die Tutoren untersucht. Dabei wurden die 3 Untersuchungsgruppen „Tutoren ohne Training“, „Tutoren mit Basis-Training“ und „Tutoren mit Video-Training“ unterschieden. Zunächst wurde das Basis-Training entwickelt und anschließend zum Video-Training weiterentwickelt. Der Unterricht zur Studie unterteilt sich in die Vorbereitungsphase, die Trainingsphase und das Tutoring in den Grundschulen. Im Tutoring bearbeiten die Tutoren mit jeweils 2 bis 3 Tutees gemeinsam die Stationen eines Lernzirkels und anschließend ein Quiz, in welchem die zentralen Inhalte des Lernzirkels wiederholt und vertieft werden. Dazu gehört vor allem, dass ein einfacher geschlossener Stromkreis mindestens zwei Kabel erfordert. Der Tutor soll dabei die Tutees bei ihrer Arbeit unterstützen.

### **Tutorentrainings für das „Cross-Age Tutoring“**

In der Untersuchungsgruppe ohne Training zeigte sich nach ersten Beobachtungen in einigen Fällen das Verhalten, dass die Tutoren den Tutees nur die Lösungen vorsagten, ohne auf ihr Lernen zu achten. Die Tutoren gaben öfter eng geführte Anweisungen ohne Begründungen oder Erklärungen. Dieses Verhalten wird hier „Knowledge Telling“ genannt. Demgegenüber steht das sogenannte „Knowledge Building“ (beides in Anlehnung an Roscoe & Chi, 2008). Knowledge Building entspricht einem konstruktivistischen Lehrstil und beinhaltet Hilfen, die das Ziel haben Wissen aufzubauen oder metakognitiver Art sind. Durch erste Beobachtungen zeigte sich (analog zu Roscoe & Chi, 2008), dass die Tutoren ohne Training zum Knowledge Telling neigen. Webb (1989) schreibt, dass es für den Lernerfolg der Tutees wichtig ist, dass der Tutor bei einem Fehler nicht einfach die korrekte Lösung mitteilt, sondern dass Hilfestellungen in Form von elaboriertem Feedback gegeben werden, die an die Lernschwierigkeit angepasst sind. Eine gute Unterstützungsqualität im Sinne des Knowledge Building ist damit wichtig und soll in diesem Projekt trainiert werden.

Trainings haben nicht immer positive Effekte. Allerdings konnten beispielsweise Fuchs et al. (Fuchs, Fuchs, Bentz, Phillips & Hamlett, 1994) zeigen, dass Trainings zur Förderung von Knowledge Building positive Wirkungen haben können. Hier förderten trainierte Tutoren wesentlich mehr Diskussionen mit Knowledge Building-Charakter und die aktive Teilnahme der Tutees. Tutoren ohne Training hielten häufiger lediglich erklärende Monologe, die die Tutees kognitiv wenig aktivierten. Unsere Trainings sollen daher in Anlehnung an Fuchs et al. (Fuchs, Fuchs, Bentz, Phillips & Hamlett, 1994) gestaltet werden und die Grundelemente Demonstration (Modeling) und Übung effektiver Hilfe-Techniken enthalten.

### *Basis-Training*

Das Basis-Training besteht aus einem fachlichen Training, einem didaktischen Training und einer abschließenden Übungsphase. Im fachlichen Training werden die Materialien und die Lernziele der Grundschüler besprochen. Danach werden im didaktischen Training u.a. drei Grundregeln (s.u.) mit Hilfe eines Rollenspiels diskutiert. Abschließend erhalten die Hauptschüler Zeit, um in einer Übungsphase (im Rollenspiel) das Gelernte eigenständig in Zweiergruppen zu üben. Ein Hauptschüler spielt jeweils den Grundschüler und der andere den Tutor (im Wechsel). Als Hilfe zur Rolle des Grundschülers werden mögliche Fragen und Probleme der Grundschüler an die Klassenwand projiziert.

Die Grundregeln für die Hilfe stammen aus der Literatur und aus Beobachtungen der Tutoren ohne Training. Bei der Diskussion im Training werden sie von den Hauptschülern als wichtig erachtet. Mit der ersten Grundregel wird festgehalten, dass die Tutoren nur dann helfen, wenn die Tutees eine Hilfe brauchen. Die zweite Grundregel beinhaltet eine Wartezeit von 3 Sekunden, bevor die Tutoren eingreifen (bspw. Rowe, 1986). Nach der dritten Grundregel sollen die Tutoren anschließend mit der „Hilfe zur Selbsthilfe“ helfen (Umschreibung von Hilfen im Sinne des Knowledge Building). Zur Erleichterung dieser Hilfe werden sogenannte Hilfesätze vorgegeben, die in Anlehnung an die „Fragehilfen“ von King (King, 1999) und an die „prompts“ von Chi et al. (Chi, Siler, Jeong, Yamauchi & Hausmann, 2001) gestaltet wurden (z.B.: „Was steht denn im Text?“). Diese Hilfesätze können die Tutoren entweder direkt nutzen oder als Beispiel nehmen für eigene Hilfen.

### *Video-Training*

Aufbauend auf den Beobachtungen aus dem Basis-Training wurde das Video-Training gestaltet. Im Basis-Training wurde das Rollenspiel genutzt, um verschiedene Hilfearten zu demonstrieren. Unter anderem zur Verbesserung der Modelle werden im Video-Training reale Videosequenzen aus dem Tutoring eingesetzt, da nach Bandura Menschen am ehesten ein Modell nachahmen, wenn sie zuversichtlich sind, das Verhalten ebenfalls erfolgreich und effektiv ausführen zu können (Bandura, 1997). Zusätzlich zu den Videosequenzen als Modelle für gute Hilfen wurde ein Video zur Motivation hinzugenommen. Auf diesem sind einige kurze Interviews von Hauptschülern zu den Erfahrungen als Tutor und zu ihrer Einschätzung zu sehen, warum ein Training sinnvoll ist.

Darüber hinaus ist eine wichtige Beobachtung aus dem Basis-Training, dass die Hauptschüler in der Übungsphase (Rollenspiel) große Schwierigkeiten hatten, sich in die Grundschülerrolle zu versetzen und einen längeren Zeitraum im Rollenspiel zu üben. Daher sind im Video-Training drei kürzere Übungsphasen vorhanden anstatt einer längeren und durch sogenannte Transkriptkärtchen<sup>1</sup> wird die Grundschülerrolle sehr eng vorgegeben.

## **Ausgewählte erste Ergebnisse der Evaluation**

### *Ergebnisse zur Hypothese 1*

Die Hypothese 1 lautet, dass das Basis-Training bzw. das Video-Training sich in einer besseren Qualität der Hilfe im Tutoring sowie einem höheren Lernerfolg der Tutees niederschlagen sollte im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne Training bzw. dem Basis-Training. Zum heutigen Zeitpunkt sind zu dieser Hypothese noch keine quantitativen Daten vorhanden. Momentan werden Auswertungen anhand eines Kategoriensystems durchgeführt, welches in Anlehnung an Webb et al. (Webb, Troper & Fall, 1995) und an Chi et al. (Chi, Siler, Jeong, Yamauchi & Hausmann, 2001) gestaltet wurde. Nach ersten Beobachtungen scheint sich das Training jedoch positiv auf die Unterstützungsqualität im Tutoring auszuwirken.

<sup>1</sup> Auf den Transkriptkärtchen sind reale Verhaltensweisen der Grundschüler aus dem Tutoring beschrieben. Diejenigen, die die Grundschüler spielen, spielen diese Situationen nach. (z.B.: „Ihr hört immer wieder auf zu arbeiten, weil ihr nicht wisst, wie ihr das machen sollt. Ihr sagt es aber nicht, dass ihr keine Ahnung habt.“)

### Ergebnisse zur Hypothese 2

Die Hypothese 2 lautet, dass bei niedrigem Niveau von Leistungsangst das Training zu einem höheren Maß an erlebter Erklärkompetenz bei den Hauptschülern im Tutoring beitragen sollte, was mit einer höheren intrinsischen Motivation verbunden sein sollte (Deci & Ryan, 2000). In Tabelle 1 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen des Kompetenzerlebens, der intrinsischen Motivation und der Leistungsangst der Hauptschüler nach dem Tutoring in den drei Untersuchungsgruppen aufgetragen. Für diese Auswertung wurden nur die Tutoren ausgewählt, deren Leistungsangst im Tutoring maximal 2 und demnach niedrig war. Die Variablen wurden auf einer fünfstufigen Skala (1 („stimmt gar nicht“) bis 5 („stimmt genau“)) von den Schülern auf einem Fragebogen nach dem Tutoring eingeschätzt.

Tab. 1: Erste Ergebnisse zum Kompetenzerleben und zu der intrinsischen Motivation der Tutoren mit niedriger Leistungsangst

	Kompetenzerleben	Intrinsische Motivation	Leistungsangst
Tutoren ohne Training	4.64 (.59)	4.51 (.86)	1.31 (.34)
Tutoren mit Basis – Training	4.65 (.61)	4.39 (.95)	1.34 (.36)
Tutoren mit Video – Training	4.66 (.58)	4.60 (.72)	1.28 (.35)

Beim Kompetenzerleben und bei der intrinsischen Motivation sind keine Effekte des Trainings zu erkennen. Die Hypothese kann nicht bestätigt werden. Ein möglicher Grund ist ein Deckeneffekt, da Kompetenzerleben und intrinsische Motivation generell sehr hohe Mittelwerte nach dem Tutoring aufweisen. Bereits die Tutoren ohne Training haben im Durchschnitt ein Kompetenzerleben von 4.64 und eine intrinsische Motivation von 4.51, wodurch eine signifikante Steigerung durch die Trainings schwer zu realisieren ist. Diese Werte sind jedoch dahin gehend sehr positiv, dass das Kompetenzerleben und die intrinsische Motivation bei dieser Unterrichtsmethode unabhängig vom Training auf sehr hohen Niveaus sind und im Vergleich zum Messzeitpunkt nach der Vorbereitungsphase signifikant angestiegen sind<sup>2</sup>.

### Literatur

- Bandura, A. (1997). *Self – efficacy. The Exercise of Control*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Chi, M.T.H., Siler, S.A., Jeong, H., Yamauchi, T., & Hausmann, R.G. (2001). Learning from human tutoring. *Cognitive Science*, 25, 471-533.
- Deci, E.L., Ryan, R.M. (2000). The “What” and “Why” of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268.
- Fuchs, L.S., Fuchs, D., Bentz, J., Phillips, N.B., & Hamlett, C.L. (1994). The nature of student interactions during peer tutoring with and without prior training and experience. *American Educational Research Journal*, 31(1), 75-103.
- King, A. (1999). Discourse Patterns for Mediating Peer Learning. In A.M. O’Donnell, A. King (Eds.), *Cognitive Perspectives on Peer Learning*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc., 87- 115.
- Roscoe, R., Chi, M. (2008). Tutor learning: the role of explaining and responding to questions. *Instructional Science*, 36, 321-350.
- Rowe, M.B. (1986). Wait Time: Slowing Down May Be A Way of Speeding Up! *Journal of Teacher Education*, 37(1), 43-50.
- Webb, N.M. (1989). Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research*, 13(1), 21-39.
- Webb, N.M., Troper, J.D., & Fall, R. (1995). Constructive Activity and Learning in Collaborative Small Groups. *Journal of Educational Psychology*, 87(3), 406-423.

<sup>2</sup> Mittelwerte und Standardabweichungen des Kompetenzerlebens und der intrinsischen Motivation nach der Vorbereitungsphase (n.V.) und nach dem Tutoring (n.T.) mit der jeweiligen Effektstärke nach Cohen (*d*).  
 Kompetenzerleben: 4.13 (.75) (n.V.) 4.65 (.59) (n.T.)  $F(1,159) = 71.35, p < .01$   $d = .78$   
 Intr. Motivation: 3.96 (1.02) (n.V.) 4.51 (.84) (n.T.)  $F(1,157) = 42.72, p < .01$   $d = .59$

Stephanie Trump<sup>1</sup>  
 Martina Brandenburger<sup>2</sup>  
 Ines Schmidt<sup>3</sup>  
 Silke Mikelskis-Seifert<sup>3</sup>

<sup>1</sup> RWTH Aachen  
<sup>2</sup> Universität Kassel  
<sup>3</sup> PH Freiburg

### **Mathematik in den Naturwissenschaften Inhalte, Anwendung und Folgen**

Die Naturwissenschaften mit ihren Erkenntnissen und Anwendungen sind ein wesentlicher Teil unseres Alltags und prägen daher unser Leben. Speziell die Mathematik stellt dabei eine Metawissenschaft dar, mit deren Hilfe sich andere Wissenschaften ausdrücken sowie Erkenntnisse gewonnen werden können (Höner, 1996; Pospiech, 2007). Die Mathematik als formale Wissenschaft ist in der Lage, Phänomene und Beziehungen zwischen uninterpretierten und abstrakten Objekten zu untersuchen (Brenner, 2011) und damit ein tieferes Verständnis für die „Schönheit der Natur“ zuzulassen (Feynman & Davies, 2007). Dabei fungiert sie zum einen mit ihren Symbolen, Zeichen und Begriffen als Werkzeug (Angell, Kind, Henriksen & Guttersrud, 2008; Greca & Moreira, 2002; Prediger, 2009) und zum anderen mit ihrer Grammatik ähnlich einer Sprache strukturbildend (Schoppmeier, Borowski & Fischer, 2012; Uhden, 2012). Ein Mathematikverständnis muss somit als wesentlich angesehen werden, um ein tiefergehendes Bild von den Naturwissenschaften zu besitzen.

Dieses tiefergehende Bild, mit Mathematik als Teil dessen, gilt es, bereits in der Schule so gut wie nur möglich zu vermitteln und findet sich daher auch in den Forderungen der Bildungsstandards des mittleren Schulabschluss (KMK, 2004) sowie in den einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Abitur (ebd.) in den Fächern Physik und Chemie wieder.

Eine genauere Ausformulierung darüber, wie Mathematik angemessen in den Naturwissenschaften lernförderlich in den Unterricht integriert werden kann und wo ihre Einsatzgebiete liegen, findet sich allerdings nicht. Zahlreiche empirisch belegte Missstände hinsichtlich der Schwierigkeiten beim Anwenden von Mathematik fordern dies jedoch geradezu (u.a. TIMSS III; Erickson, 2006; Uhden & Pospiech, 2011). So fehlt es Schülerinnen und Schülern an mathematischem Grundwissen bzw. Grundverständnis und vor allem an Fähigkeiten der Übersetzungen zwischen Mathematik und der jeweiligen Naturwissenschaft. Die Mathematisierung eines Problems und die Interpretation der Ergebnisse fallen den Schülerinnen und Schülern schwer (u. a. Uhden & Pospiech, 2011, 2013). Angesichts dieser Fakten ist es vielleicht naheliegend, zu vermuten, dass das schlechte Image der Fächer Physik und Chemie (Hoffmann; Häussler, Lehrke, 1998) sowie die Vorstellung, dass diese Fächer „härter“ seien als andere auch mit einer negativen Einstellung gegenüber der Mathematik zu tun haben (Wilhelm, 2013). Interessanterweise konnte dies aber speziell für die Physik widerlegt werden (Krey, 2012). Ein ähnliches Ergebnis ist sicherlich für die Chemie zu vermuten.

Das nachfolgende viergliedrige Symposium zum Thema „Mathematik in den Naturwissenschaften Physik und Chemie - Inhalte, Anwendung und Folgen“ soll Einblicke in dieses immer noch wenig beforschte Themenfeld geben. Die folgenden Beiträge machen dabei notwendige mathematische Inhalte, die Anwendung von Mathematik sowie den Einfluss von Mathematikkenntnissen beim Problemlösen und das Image der Fächer zum Thema.

S. Trump fokussiert dabei in ihrer hier vorgestellten Arbeit auf die notwendige Mathematik für die Physik der Sekundarstufe II und den Übersetzungsprozess des Mathematisierens beim Bearbeiten physikalischer Probleme auf Basis einer mathematikdidaktischen Theorie. Der Aspekt des Verstehens wird in den Mittelpunkt gestellt. Da in der Physik Mathematik

als notwendige Voraussetzung für ein Physikverständnis angesehen wird (Hudson & McIntire, 1977; Uhden, 2012), wird das Ziel verfolgt, klar benennen zu können, mit welcher Mathematik die Schüler und Schülerinnen umgehen können müssen und wie diese beim Übersetzungsprozess „Mathematisieren“ speziell beim Lösen physikalischer Probleme zum Einsatz kommt. Im weiteren Projektverlauf soll ein Modellierungskreislauf für die Physik entwickelt werden. Durch diese Arbeiten soll eine Grundlage geschaffen werden, Mathematik im Physikunterricht der Sekundarstufe II zielorientiert anzuwenden sowie fächerübergreifenden, das Verständnis fördernden Unterricht auch schon für die Sekundarstufe I zu gestalten.

*„Mit Mathe nicht gerechnet: Jeder dritte Physikstudent gibt in den ersten Semestern auf. Viele unterschätzen die Anforderungen“ (Zeit Online, 2011)*

Welchen Einfluss Mathematikkenntnisse auf den Erfolg beim Problemlösen in Physik haben, ist ein Forschungsthema von M. Brandenburger. Da in Deutschland ein Hauptindikator für das Vorhandensein von physikalischem Verständnis und mathematischen Fähigkeiten verstärkt im erfolgreichen Lösen von (problemabbildenden) Physikaufgaben gesehen wird (Hiebert et al., 2003), sind sie dabei sowohl im schulischen als auch im universitären Umfeld ein Mittel, um die Leistungen der Lernenden in Physik einzuordnen. M. Brandenburger geht daher in ihrer Arbeit der Frage nach, was einen „guten“ oder „schlechten“ Problemlöser auszeichnet. Untersuchungsziel ist es herauszufinden, welche Unterschiede sich in der Leistung der Probanden beim wissenszentrierten Problemlösen (nach Friege, 2001) feststellen lassen und wie diese mit ausgewählten Prädiktorvariablen in Zusammenhang stehen. Unter anderem wird der Einfluss der Kenntnisse in Mathematik betrachtet.

Die Anwendung und den Gebrauch von Mathematik speziell in der Chemie der Sekundarstufe II fokussiert I. Schmidt. Da mathematische Analysen chemischer Prozesse das Verständnis von Chemie erleichtern und vertiefen können (Harisch, 1979), liegt einer ihrer Forschungsschwerpunkte darin, die curricular geforderte Nutzung mathematischer Modelle und die tatsächliche Nutzung sowie den Stellenwert dieser im Chemieunterricht zu analysieren.

Auf Basis einer Anpassung des mathematikdidaktischen Modellierungskreislaufs nach Borromeo, Leiß und Blum (2006) für chemiespezifische Probleme, den auch S. Trump für ihre Arbeiten für die Physik weiterentwickelt hat, analysiert sie anhand von Schulbuch- und Abituraufgaben, ob die curricularen Vorgabe umgesetzt werden und auf welche Weise mathematische Modelle in der Chemie zum Einsatz kommen. Die tatsächliche Nutzung im Unterricht erfasst I. Schmidt über eine Interviewstudie mit Lehrkräften.

Welche Wirkung und welche damit einhergehenden Folgen die Fächer Physik und Mathematik speziell bei Schülerinnen und Schülern haben, stellt S. Mikelskis-Seifert et al. in einer Replikationsstudie vor. Es werden Ergebnisse zum Image, welches die Schülerinnen und Schüler bezüglich der Fächer Mathematik und Physik haben, den Imageunterschieden, den geschlechtsspezifischen Wahrnehmungen und den prototypischen Vorstellungen hinsichtlich Mathematik und Physik vorgestellt. Ziel dieser Studie ist es, Schülerüberzeugungen zu reproduzieren bzw. eventuelle Veränderungen aufzuzeigen sowie Zusammenhänge zwischen den Einstellungen zu Physik und Mathematik zu erkunden.

Insgesamt ist festzuhalten, dass die Mathematik in Physik und Chemie nicht nur im Alltag und in der Forschung, sondern auch in der Schule einen besonderen Stellenwert einnimmt. Es ist dabei von enormer Bedeutung herauszufinden, welches mathematische Grundwissen vorhanden sein muss, wie es eingesetzt werden muss und welche Rolle Einstellungen bei Schülerinnen und Schülern hinsichtlich der Fächer sowie Einstellungen bei Lehrerinnen und Lehrern hinsichtlich der Nutzung von Mathematik in der Physik spielen. Nur mit diesen

Informationen kann gezielt an den einzelnen vorherrschenden Problemstellen gearbeitet werden.

### Literatur

- Angell, C., Kind, P.M., Henriksen, E.K., & Guttersrud, Øystein, G. (2008). An empirical-mathematical modelling approach to upper secondary physics. *Physics Education*, 43(3), 256-264.
- Borromeo, R., Leiß, D., & Blum, W. (2006). Der Modellierungskreislauf unter kognitionspsychologischer Perspektive. In: *Beiträge zum Mathematikunterricht 2006*. Hildesheim und Berlin: Franzbecker.
- Brenner, H.-J. (2011) Zur Rolle der Physik im Mathematikunterricht. Freiburg. Pdf unter: [http://www.mathematik.tu-dortmund.de/ieem/bzmu2011/\\_BzMU11\\_2\\_Einzelbeitraege/BzMU11\\_BRENNER\\_H-J\\_Physik.pdf](http://www.mathematik.tu-dortmund.de/ieem/bzmu2011/_BzMU11_2_Einzelbeitraege/BzMU11_BRENNER_H-J_Physik.pdf); (10/2013)
- Erickson T. (2006). Stealing from physics: modeling with mathematical functions in data-rich-contexts [Electronic version]. *Teaching Mathematics and its Applications*, 25, 23-32.
- Feynman, R. & Davies, P. (2007). *The Character of Physical Law*. Penguin Books Limited.
- Friege, G. (2001). *Wissen und Problemlösen*. Logos Verlag, Berlin.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2002). Mental, Physical, and Mathematical Models in the Teaching and Learning of Physics. *Science Education* 85(6), 106-121.
- Harisch, F. (1979). Mehr rechnen im Chemieunterricht! *NiU Physik/Chemie*, 2/27, 57-60.
- Hiebert, J., et al. (2003). *Teaching Mathematics in Seven Countries: Results From the TIMSS 1999 Video Study*. Washington DC. Pdf unter: <http://nces.ed.gov/pubs2003/2003013.Pdf>; (10/2013).
- Höner, K. (1996). Mathematisierungen im Chemieunterricht – ein Motivationshemmnis? *ZfdN*, 2, 51-70.
- Kasten, K. (2011). Mit Mathe nicht gerechnet: Jeder dritte Physikstudent gibt in den ersten Semestern auf. Viele unterschätzen die Anforderungen. *Die Zeit*, 26.05.2011 Nr. 22 Pdf. unter: <http://www.zeit.de/2011/22/C-Physiki> (10/2013).
- Pospiech, G. (2007). Argumentieren und Mathematisieren - im Gleichschritt? In D. Höttecke (Hrsg.), *GDPC Jahrestagung 2006*, LIT Verlag, Münster, 418-420.
- Prediger, S. (2009). „Aber wie sag ich es mathematisch?“ – Empirische Befunde und Konsequenzen zum Lernen von Mathematik als Mittler Beschreibung von Welt. In D. Höttecke (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Dresden 2009*. Berlin: Lit., 6-20.
- Schoppmeier, F., Borowski, A., & Fischer, H. (2011). Entwicklung eines Kompetenzmodells der Sekundarstufe II. Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. In D. Höttecke (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Oldenburg 2011*. Berlin: Lit Verlag, 518-520.
- TIMSS III (1995). [http://www.timss.mpg.de/Nationale\\_Befunde/Ergebnisse\\_zu\\_den\\_Fachleistungen.htm#Fachigkeitsniveaus\\_im\\_Mathematik-\\_und\\_Physikunterricht](http://www.timss.mpg.de/Nationale_Befunde/Ergebnisse_zu_den_Fachleistungen.htm#Fachigkeitsniveaus_im_Mathematik-_und_Physikunterricht) (10/2013).
- Uhdén, O. (2012). *Mathematisches Denken im Physikunterricht – Theorieentwicklung und Problemanalyse*. Berlin: Logos Verlag, 28-74.
- Uhdén, O., & Pospiech, G. (2011). *Mathematics in Physics: Analysis of students' difficulties* [http://www.esera.org/media/ebook/strand3/ebook-esera2011\\_UHDEN-03.pdf](http://www.esera.org/media/ebook/strand3/ebook-esera2011_UHDEN-03.pdf); (10/2013).
- Uhdén, O., & Pospiech, G. (2013). Die physikalische Bedeutung der mathematischen Beschreibung. Anregungen und Aufgaben für einen neuen Umgang mit der Mathematik. *Praxis der Naturwissenschaften* 62(2), 13-22.
- Wilhelm, T. (2013). Das Hilfsmittel Mathematik. *Praxis der Naturwissenschaften Physik in der Schule*, 62 (2), 4.

## Die Anwendung von Mathematik in der Physik (Sek II)

### Motivation und Zielsetzung

Ein mathematisches Verständnis wird als unabdinglich für das Verständnis von tieferen physikalischen Strukturen angesehen (u.a. Pospiech, 2010), es muss jedoch auf die domänenspezifischen Eigenschaften abgestimmt werden (Redish, 2005). Dass Mathematik und speziell der Prozess des Mathematisierens wesentlich für die Fachwissenschaft Physik aber auch des entsprechenden Unterrichtsfaches sind, spiegeln unter anderem die Schulstandards Physik wieder (KMK, 2004). Eine detaillierte Ausdifferenzierung der mathematischen Anforderungen findet sich jedoch nicht, obwohl dies die bestehenden Probleme bei Schülern und Schülerinnen hinsichtlich der Anwendung von Mathematik (Uhdén & Pospiech, 2011) geradezu fordern. Folgend werden eine Aufgabenanalyse zur Erfassung der notwendig zu verstehenden Mathematik in Physik für die Sekundarstufe II sowie eine Think-Aloud Studie zur Beschreibung des Übersetzungsprozesses Mathematisieren vorgestellt und erste Ergebnisse präsentiert. Ziel ist es, die notwendige Mathematik für die Physik der Sek II zu benennen und Hinweise für das Zusammenspiel von Mathematik und Physik beim Lösen physikalischer Probleme zu erhalten.

### Ansatz und Forschungsfragen

Von Seiten der deutschsprachigen Mathematikdidaktik wird das Vorhandensein von vernetzten Grundvorstellungen (GV) als essentiell für ein mathematisches Grundverständnis und als Basis für das Modellieren und Lösen von Problemsituationen angesehen (vom Hofe, 2003). Bei GV handelt es sich um mentale Modelle mathematischer Konzepte (z. B. Kleine et al., 2005) oder vereinfacht gesprochen um besonders wichtige Vorstellungen zu einem mathematischen Inhalt oder Begriff (Malle, 1999). Sie fungieren als Vermittler zwischen Mathematik, Individuum und Realität. „Die Ausbildung dieser GV und ihre gegenseitige Vernetzung wird auch Grundverständnis des Begriffs genannt“ (vom Hofe, 2003, S.6). Mehrfach konnte gezeigt werden, dass der Hauptgrund für eine mangelnde mathematische Modellierfähigkeit speziell bei Mathematikaufgaben in inadäquat ausgebildeten Grundvorstellungen (GV) zu finden ist (u. a. vom Hofe, Kleine, Blum & Pekrun, 2005). Beispiele für GV finden sich u. a. in Blum (2003).

Wie nun ein Mathematikverständnis gezielt speziell beim Modellieren physikalischer Situationen bzw. Probleme zum Einsatz kommt, denen selbst von der Mathematik zunächst unabhängige Gesetze, Definitionen und Regeln zugrunde liegen, ist derzeit nicht geklärt. Im Rahmen der physikdidaktischen Forschung zeigt sich aber bereits, dass ein Mathematikverständnis allein nicht ausreicht, um physikalische Problemsituationen zu modellieren (u. a. Redish, 2005). Es stellt zwar eine notwendige Voraussetzung dar, jedoch noch keine hinreichende (Hudson & McIntire, 1977). Über die hinreichende Bedingung, um erfolgreich beim Umgang von Mathematik in Physik zu sein, ist derzeit nichts bekannt.

Im Rahmen des Dissertationsprojekts werden u.a. folgende Teilfragen fokussiert:

**F1.1:** Welche Mathematik wird in Schulbuchaufgaben benötigt?

**F1.2:** Welche Mathematik wird in Abituraufgaben benötigt?

**F2.1:** Werden mathematische Grundvorstellungen verwendet?

**F2.2:** Wie werden Grundvorstellungen hinsichtlich des fachlichen physikalischen Wissens verwendet?

### Stichprobe und Design

Zur Bestimmung der notwendigen Mathematik wurden manualbasiert Aufgaben (N=1114) dreier ausgewählter Physikschulbücher der Sekundarstufe II (NRW: Metzler, Impulse Physik, Dorn Bader) sowie Abituraufgaben dreier Zentralabiturjahrgänge (N=179; NRW, Thüringen) untersucht. Das für eine systematische und objektive Analyse entwickelte Manual orientiert sich dabei an der Struktur einer Sprache (Buchstaben, Vokabeln, Grammatik). Es fragt nach vorkommenden mathematischen Zeichen (Symbole, Operatoren, Zahlentypen), Darstellungen und Begriffen sowie nach deren Verwendung und dahinterstehenden Gesetzen, Regeln und Definitionen. Um den Problemlöseprozess des Mathematisierens allgemein, ideal und detailliert charakterisieren zu können, wurden von zwei ausgewählten, GV beinhaltenden Physikabituraufgaben (LK) Expertenlösungen durch N = 30 Experten mit Hilfe der Think-aloud Methode / Methode des Lauten Denkens erstellt und mit Hilfe der induktiven Kategorienbildung (nach Mayring, 2010) analysiert. Mathematik muss dabei in den Aufgaben zum einen zur Formalisierung und zum anderen zur Argumentation und Interpretation herangezogen werden, sodass die Anwendung von Mathematik in Physik verschiedene Aspekte abdeckt. Als Experten wurden Probanden mit einer umfassenden physikalischen Vorbildung gewählt (Physikdoktoranden). Ziel ist es durch die Wahl dieser Stichprobe einen idealen Mathematisierungsprozess zu beschreiben, da davon ausgegangen wird, dass sie das Zusammenspiel von Mathematik und Physik am besten widerspiegeln können. Die Think-aloud Methode bietet dabei die Möglichkeit Einblicke in die ablaufenden kognitiven Prozesse und damit Denkweisen der Problembearbeiters zu erhalten. Sie wurde den Probanden mittels eines erstellten Lernvideos vorgestellt (~15min) und anhand einer nicht-physikalischen Übungsaufgabe eingeübt (~15min). Im Anschluss an diese Instruktion folgte die eigentliche Testung anhand der Physikabituraufgaben (~30min). Ihnen standen ein Taschenrechner und eine Formelsammlung zur Verfügung.

### Erste empirische Erkenntnisse

F1: Das Manual zur Bestimmung der vorkommenden mathematischen Inhalte und Tätigkeiten zeigt gute bis perfekte Interraterübereinstimmungen ( $\kappa = [0.63-1]$ ). Erste Ergebnisse der Analyse von Physikschulbuchaufgaben der Sekundarstufe II (N = 699) sowie Abituraufgaben (N=179) lassen erkennen, dass die notwendigen mathematischen Inhalte und Tätigkeiten primär einfache Rechenoperationen fordern sowie einen Umgang mit Graphen und Tabellen (vgl. Trump & Borowski, 2012). Zwischen Abituraufgaben und Schulbuchaufgaben lassen sich inhaltlich kaum Unterschiede feststellen, lediglich leichte in der Häufigkeitsverteilung. Inhalte, wie Vektorrechnung, Integralrechnung sowie Tätigkeiten, wie DGL's oder kompliziertere Gleichungen höherer Potenz lösen, treten kaum (<5%) bis gar nicht auf. Ein ähnliches Ergebnis konnten Schoppmeier et al. (2012) auch für Physikabituraufgabe verschiedener Bundesländer zeigen.

F2: Erste Analysen der erhobenen Expertenlösungen zeigen, dass GV angewendet werden. Hinsichtlich der Anwendung in Bezug auf das Fachwissen Physik (F2.2) zeigen erste Analysen, dass dies stets in Zusammenhang mit physikalischem konzeptuellem Wissen geschieht. Dabei lässt sich beobachten, dass eine doppelte Strukturerkennung stattfindet. Zum einen findet erst eine physikalische Analyse statt und auf dessen Basis eine mathematische (im Fall des Mathematisierens). Anhand der Experten, die die Lösung nicht generieren, kann beobachtet werden, dass das Scheitern dem Nichterkennen des physikalischen Konstrukts zuzuschreiben ist. Daraus wird zum jetzigen Zeitpunkt abgeleitet, dass für eine erfolgreiche Mathematisierung ein physikalisches Verständnis bzw. konzeptuelles physikalisches Wissen (Strategiewissen; Anwendungswissen; Wissen wie; Wissen um Beziehungen zu anderen Begriffen, Interpretationen und Vorstellungen zu einem Begriff) eine weitere notwendige Bedingung darstellt, um Mathematisieren zu können sowie, dass Mathematik und Physik

eng verflochten zu sein scheinen. Ohne auf das Konzept der GV aufzubauen, finden sich ähnliche Ergebnisse bei Redish (2005) und Uhden und Pospiech (2013).

### Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die primär notwendige Mathematik in Schulbuchaufgaben und Physikabituraufgaben (LK) aus der Sekundarstufe I stammt, somit ein einfaches mathematisches Repertoire ausreicht. Dieses einfache Repertoire muss verstanden werden und gilt es mit physikalischem konzeptuellem Wissen zu verknüpfen, um erfolgreich Mathematisieren zu können. Basierend darauf lässt sich festhalten, dass die Aufgaben die physikalischen Konzepte, die u.a. auf das Verständnis von Vektoren oder Integralen angewiesen sind, derzeit nicht entsprechend abbilden. Eine Diskrepanz von zu vermittelnden physikalischen Konzepten sowie Übungsaufgaben, mit dem Ziel Inhalte, Fähigkeiten und Fertigkeiten zu vermitteln, ist damit auszumachen. Des Weiteren kann festgehalten werden, dass die für die Hochschule wichtige Mathematik im Bereich der Physik (s. Buschhüter, dieser Band) demnach nicht geübt wird. In einem nächsten Schritt soll geklärt werden, wie die Modellierung eines physikalischen Problems beschrieben werden kann. Des Weiteren wird der Frage nachgegangen, ob sich GV als schwierigkeiterzeugender Prädiktor bei Physikaufgaben eignet. Im Rahmen der Mathematikdidaktik konnte dies bereits nachgewiesen werden.

### Literatur

- American Association for the Advancement of Science [AAAS] (2009): *The Nature of Mathematics*. New York: Oxford University Press.
- Blum, W. (2003). On the role of "Grundvorstellungen" for realityrelated proofs-Examples and reflections. S.142-151. Pdf unter: <http://tsg.icme11.org/document/get/443>; (08/2013).
- Buschhüter, D., & Borowski, A. (in Vorb.). In: D. Höttecke (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013*. Berlin: Lit..
- vom Hofe, R. (1995). *Grundvorstellungen mathematischer Inhalte*. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag, pp. 13, pp. 81.
- vom Hofe, R., Kleine, M., Blum, W., & Pekrun, R. (2005). The effect of mental models ("Grundvorstellungen") for the development of mathematical competencies. First results of the longitudinal study PALMA. Retrieved from [www.mathematik.uni-dortmund.de/~erme/CERME4/CERME4\\_WG1.pdf](http://www.mathematik.uni-dortmund.de/~erme/CERME4/CERME4_WG1.pdf) (08/2013).
- vom Hofe, R. vom (1995). *Grundvorstellungen mathematischer Inhalte*. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
- Kleine, M., Jordan, A., & Harvey, E. (2005). With a focus on 'Grundvorstellungen'. Part 1: a theoretical integration into current concepts. Retrieved from: <http://subs.emis.de/journals/ZDM/zdm053a13.pdf>; (08/2013).
- Malle, G. (1999). *Grundvorstellungen zum Differenzen- und Differentialquotient*. Retrieved from: <http://www.oemg.ac.at/DK/Didaktikhefte/1999%20Band%2030/Malle1999.pdf>; (3/2013).
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. 11. Auflage. Weinheim and Basel: Beltz.
- Uhden, O & Pospiech, G. (2011). *Mathematics in Physics: Analysis of students' difficulties* [http://www.esera.org/media/ebook/strand3/ebook-esera2011\\_UHDEN-03.pdf](http://www.esera.org/media/ebook/strand3/ebook-esera2011_UHDEN-03.pdf); (08/2013).
- Prediger, S. (2009). „Aber wie sag ich es mathematisch?“ – Empirische Befunde und Konsequenzen zum Lernen von Mathematik als Mittler Beschreibung von Welt. In D. Höttecke (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Dresden 2009*. Berlin: Lit., S. 6-20.
- Redish, E. (2005). *Problem Solving and the Use of Math in Physics Courses: Beitrag präsentiert auf der "World View on Physics Education 2005"*, Delhi. Retrieved from <http://www.ptec.org/items/detail.cfm?ID=3706>; (8/2013).
- Uhden, O., & Pospiech, G. (2013). Die physikalische Bedeutung der mathematischen Beschreibung. Anregungen und Aufgaben für einen neuen Umgang mit der Mathematik. *Praxis der Naturwissenschaften* 62(2), 13-22.
- Schoppmeier, F., Borowski, A., & Fischer, H. (2011): Entwicklung eines Kompetenzmodells der Sekundarstufe II. In: *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht*. In D. Höttecke (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Oldenburg 2011*. Berlin: Lit Verlag, 518-520.
- Uhden, O. (2012): *Mathematisches Denken im Physikunterricht – Theorieentwicklung und Problemanalyse*. Berlin: Logos Verlag, 28-74.

## Mathematische Modelle im Chemieunterricht der Sekundarstufe II

Zur Erklärung naturwissenschaftlicher Probleme sowie zur Problemlösung in den Naturwissenschaften ist es häufig nötig, mathematische Modelle (wie z.B. Gleichungen, Funktionen, Graphen, etc.) zu nutzen, um naturwissenschaftliche Sachverhalte zu mathematisieren und mathematische Formulierungen inhaltlich zu deuten. Im Chemieunterricht können chemische Resultate mit Hilfe von gegebenen mathematischen Modellen im Rahmen von *Rechnungen und Anwendungen* ermittelt werden. Außerdem können Schülerinnen und Schüler selbst mathematische Modelle zur Beschreibung und Klärung eines chemischen Sachverhaltes entwickeln und nutzen. Bei diesem bewussteren Umgang mit mathematischen Modellen, welchem in der Literatur die Möglichkeit zur Förderung des Verständnisses und der Problemlösefähigkeiten zugeschrieben wird, wird ein Prozess durchlaufen, der fortan als *mathematisches Modellieren* bezeichnet werden soll. Eine detailliertere Betrachtung der theoretischen Grundlagen kann unserem Beitrag zum Tagungsband der GDCP-Jahrestagung 2012 entnommen werden.

### Zur aktuellen Unterrichtssituation

Um einen Einblick zu erhalten, an welchen Stellen mathematische Modelle im Chemieunterricht überhaupt Anwendung finden, wurde zunächst eine Sichtung der aktuellen Chemie-Curricula der Sekundarstufe II aller Bundesländer vorgenommen. So konnten die Themenbereiche in den Lehr- und Rahmenplänen identifiziert werden, in denen eine Mathematisierung chemischer Sachverhalte vorgesehen ist. Hinsichtlich der Anteile der Themen, bei denen eine Mathematisierung im Unterricht gemäß Lehrplan möglich ist, unterscheiden sich die einzelnen Bundesländer erheblich (vgl. *Abb. 1*).

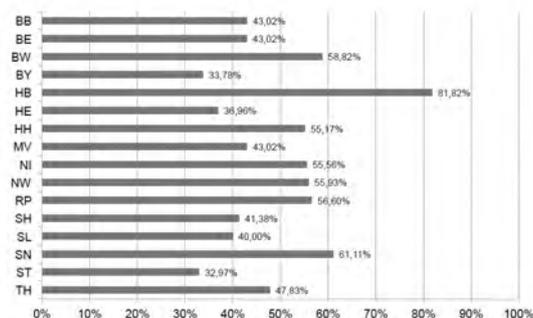


Abb. 1: Anteile der Themen mit einer möglichen Mathematisierung in den Lehrplänen

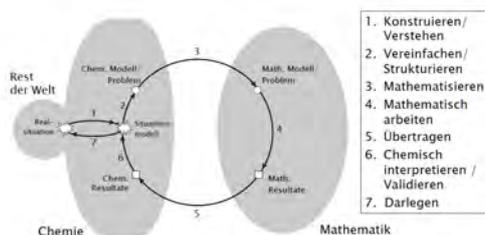
Die starken Abweichungen in den Lehrplänen der einzelnen Bundesländer sind zum einen darauf zurückzuführen, dass es Unterschiede hinsichtlich der vorgegebenen Themenfelder gibt, die eine Nutzung mathematischer Modelle ermöglichen. Zum anderen werden Herleitungen mathematischer Modelle in einigen Bundesländern gefordert, in anderen explizit ausgeschlossen. Darüber hinaus weichen sie in Hinblick auf die Explizitheit bezüglich einer konkreten Vorgehensweise, die mit den einzelnen geforderten Betrachtungen einhergeht, stark voneinander ab. Durch eine Analyse verschiedener Schulbücher (N=4) konnte ein Einblick in die mögliche unterrichtliche Interpretationen der Vorgaben hinsichtlich der Mathematisierung im Chemieunterricht gewonnen werden. Die analysierten Schulbücher unterscheiden sich deutlich in Hinblick auf die Anteile von Kapiteln (N=164) mit mathematischen

Inhalten (vgl. *Tab. 1*). Die Analyse der Aufgaben aus Kapiteln mit mathematischem Anteil (N=1520) ergab, dass in 58,8% der Aufgaben dieser Kapitel mathematische Modelle genutzt werden, wobei hier in 99,6% der Fälle ausschließlich die Nutzung gegebener mathematischer Modelle gefordert ist und lediglich in 0,4% der Aufgaben eine Herleitung eines mathematischen Modells erfolgt.

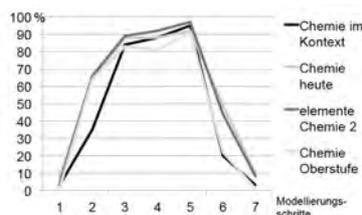
Zur Beantwortung der Frage, auf welche Weise mathematische Modelle in den Schulbuchaufgaben genutzt werden, lässt sich das Kreislaufmodell zur Erläuterung von Lehr-Lern- und Denkprozessen nach Borromeo, Leiß und Blum (2006), das für den Prozess einer mathematischen Modellierung im Chemieunterricht angepasst wurde (Schmidt, Di Fuccia, 2011, vgl. *Abb. 2*) als Analyseinstrument nutzen. Unter Verwendung der einzelnen Schritte des Modellierungskreislaufs als Kategoriensystem ergibt sich bei der Analyse der Schulbuchaufgaben, dass die Schritte 1 und 7, also die Verknüpfung der Bereiche „Rest der Welt“ und „Chemie“, sehr selten angesprochen werden, wohingegen die Schritte 3, 4 und 5, die dem Bereich „Mathematik“ zuzuordnen sind, sehr häufig gefordert werden (vgl. *Abb 3*).

*Tab. 1: Anteile von Kapiteln mit mathematischen Inhalten in Schulbüchern*

Buch	Anteil der Kapitel mit mathematischen Inhalten an Kapiteln gesamt
Chemie im Kontext (2006)	71,88%
Chemie heute (2009)	44,44%
elemente Chemie 2 (2010)	40,00%
Chemie Oberstufe (2010)	34,78%



*Abb. 2: Der Prozess der mathematischen Modellierung im Chemieunterricht*



*Abb. 3: Geforderte Modellierungsschritte in Schulbuchaufgaben*

Um einen Einblick zu erhalten, welche mathematischen Aspekte aktuell in jedem Falle im Chemieunterricht der Sekundarstufe II Anwendung finden, wurde eine qualitative Analyse von Aufgaben des Zentralabiturs im Unterrichtsfach Chemie vorgenommen, wobei die Auswahl der Bundesländer auf der Curriculumsanalyse basiert. Die Analyse ergab, dass in 193 von insgesamt 698 betrachteten Aufgaben mathematische Modelle genutzt werden, wobei die Anteile von Aufgaben mit mathematischen Inhalten stark variieren (vgl. *Tab. 2*). Die Anteile mathematischer Aufgaben im Zentralabitur von Mecklenburg-Vorpommern und dem Saarland liegen stets deutlich über dem Mittelwert von 27,7%. Zudem ist der Anteil in

einigen Bundesländern innerhalb eines Jahrgangs im Grundkurs höher als im Leistungskurs. Unter Verwendung des Modellierungskreislaufs als Analyseinstrument lässt sich feststellen, dass die Schritte 1 und 7 (Verknüpfung von „Rest der Welt“ / „Chemie“) in den Abituraufgaben aller Bundesländer am wenigsten gefordert werden (vgl. Abb. 4).

Tab. 2: Anteile von Aufgaben mit mathematischen Inhalten im Zentralabitur

Bundesland	2008		2009		2010		2011	
	GK	LK	GK	LK	GK	LK	GK	LK
Brandenburg	10,0	16,2	19,4	25,0	23,5	21,7	17,6	30,0
Hessen	22,2	22,2	16,7	27,8	17,6	25,0	-	-
Hessen (Wdh.)	---	31,3	5,6	11,8	---	---	-	-
Meckl.-Vorp.	54,5	58,8	40,7	39,0	40,9	43,8	-	-
NRW	-	-	-	-	25,0	18,8	25,0	25,0

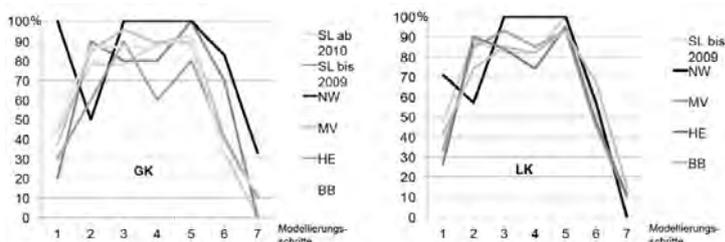


Abb. 4: Durchschnittlich geforderte Modellierungsschritte in Zentralabituraufgaben

Eine Ausnahme bildet hier NRW, wo Schritt 1 in 100% der GK-Aufgaben mit mathematischem Inhalt und in 71% der LK-Aufgaben Anwendung findet. Am häufigsten werden dagegen die Schritte 3 („Mathematisieren“), 4 („Mathematisch arbeiten“) und 5 („Übertragen“) gefordert – mit der Ausnahme von Hessen, wo Schritt 4 deutlich seltener Anwendung findet als in den anderen Bundesländern (GK 60% / LK 74%). Beim Vergleich der Analyseergebnisse von Schulbuch- und Zentralabituraufgaben lassen sich somit Ähnlichkeiten bzgl. der Häufigkeiten von Schritten im Bereich der Mathematik feststellen, wohingegen der Realitätsbezug und die Entwicklung bzw. Validierung eines chemischen Modells in den Abituraufgaben häufiger vertreten ist als in den Schulbuchaufgaben.

Um einen Einblick in die tatsächliche Einbindung mathematischer Modelle in den Chemieunterricht zu erhalten, wurden Lehrkräfte (N=13) im Rahmen einer Interviewstudie befragt. Die Befragten gaben an, dass Herleitungen in den Grundkursen kaum durchgeführt und in den Leistungskursen ausschließlich von den befragten Lehrkräften präsentiert werden. Ihrer Einschätzung nach können Herleitungen mathematischer Modelle das Verständnis fördern, jedoch nur falls die Lernenden Mathematik hinreichend gut beherrschen. Je schlechter die Lehrkräfte die durchschnittlichen mathematischen Leistungen eines Kurses einschätzen, desto weniger werden mathematische Modelle in den jeweiligen Kursen genutzt. Im Widerspruch hierzu geben die Befragten an, dass ein zentrales Problem bei der Nutzung mathematischer Modelle das häufig fehlende chemische Grundwissen sei.

#### Literatur

- Borromeo, R., Leiß, D., & Blum, W. (2006). Der Modellierungskreislauf unter kognitionspsychologischer Perspektive. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2006. Hildesheim und Berlin: Franzbecker.
- Schmidt, I., & Di Fuccia, D.-S. (2013). Mathematische Modelle im Chemieunterricht, In: Bernholt, S. (Hg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP), Tagungsband zur Jahrestagung in Hannover 2012 – Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen, IPN Kiel, 338-340.

Martina Brandenburger<sup>1</sup>  
 Silke Mikelskis-Seifert<sup>1</sup>  
 Peter Labudde<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Freiburg  
<sup>2</sup>PH FHNW

### **Einfluss der Kenntnisse in Mathematik auf das Problemlösen in Physik**

Über zwei Dinge, die das Verhältnis von Physik und Mathematik beschreiben, herrscht sowohl unter Physikern als auch Physikdidaktikern Einigkeit: Einerseits stellt Mathematik die wesentlichen Methoden der Erkenntnisgewinnung zur Verfügung (vgl. Pospiech, 2007) und lässt darüber hinaus ein tieferes Verständnis für die „Schönheit der Natur“ zu (vgl. Feynman & Davies, 2007). Andererseits bereitet Mathematik den Studierenden der naturwissenschaftlichen Fächer häufig Probleme. Trotz dieses Widerspruchs ist das Verhältnis von Mathematik und Physik kein gut erforschtes Gebiet. Um einen Teil dieser Lücke zu schließen wird, im Rahmen eines Dissertationsvorhabens, der Einfluss der Kenntnisse in Mathematik auf den Erfolg beim Problemlösen in Physik untersucht.

Ausgewählte Teile des theoretischen Rahmens, der Erhebungsinstrumente und Ergebnisse der Untersuchung werden in diesem Artikel vorgestellt.

**Theoretischer Rahmen.** Formal lässt sich die Untersuchung in der Expertiseforschung verorten, zu deren zentralen Anliegen (nach Gruber, 2001) es gehört, herausragende menschliche Leistungen (Expertise) zu untersuchen und die Bedingungen ihres Zustandekommens zu erklären. Der hierzu benötigte Expertisegrad einer Person lässt sich über Leistungstests, beispielsweise in Form von Problemen, ermitteln.

*Was ist ein Problem?* Nach Dörner (1976) kennzeichnet sich ein Problem als „Denkanforderung“ durch folgende drei Komponenten: (1) ein unerwünschter Anfangszustand (2) ein erwünschter Endzustand (3) eine Barriere, die die Transformation von (1) zu (2) verhindert. Dörner grenzt ein Problem von einer Aufgabe dadurch ab, dass für eine Aufgabe die benötigten Methoden bekannt sind, bei einem Problem aber nicht. Hierin zeigt sich jedoch die Schwierigkeit dieser Definition – ob es sich noch um ein „Problem“ oder schon um eine „Aufgabe“ handelt, hängt von der bearbeitenden Person ab. Ausgehend von der genannten Problematik wurde die Definition nach Dörner durch Smith (1990) erweitert.

Als Problem ist nun jede Anforderung anzusehen, die das Analysieren und Schlussfolgern auf ein Ziel (oder eine „Lösung“) hin benötigt. Hierbei muss das Schlussfolgern auf dem Verständnis des bearbeiteten Themenbereichs beruhen. Daraus folgt unmittelbar, dass Probleme nicht algorithmisch gelöst werden können und zur Lösung mehr nötig ist, als das bloße Erinnern von Fakten. Basierend auf der weiter gefassten Definition von Smith (1990) werden „Problem“ und „Aufgabe“ im Folgenden als synonyme Begriffe aufgefasst.

*Wissenszentriertes Problemlösen.* Die Probleme, die für die Untersuchung des (domänenspezifischen) Expertisegrades herangezogen werden, findet die Expertiseforschung vor allem in Lehrbüchern der entsprechenden Domäne (vgl. Reinhold et al., 1999). Betrachtet man Physiklehrbücher, so bieten sich, nach einer Unterscheidung von Friege (2001), wissenszentrierte Probleme als Grundlage zur Untersuchung des Erfolgs beim Problemlösen an. Bei dieser Art von Problemen wird die Kenntnis über viele physikalische Wissens Elemente vorausgesetzt, die zur Lösung nicht nur reproduziert, sondern auch zueinander in Beziehung gesetzt werden müssen. Ein Beispiel hierfür ist: *„Eine Person stößt einen Körper an, sodass er zunächst über den Tisch rutscht und dann liegen bleibt. Erarbeiten Sie eine Formel, mit der Sie bestimmen können, wie weit der Körper rutscht.“* (Problem nach Sherin, 2001).

Die Bearbeitung von wissenszentrierten Problemen erfolgt (nach Friege, 2001) formal nach vier Phasen (Repräsentation, Erarbeitung/Auswahl eines Lösungswegs, Ausarbeitung einer Lösung, Evaluation), die unterschiedliche Anforderungen an den Bearbeitenden stellen.

*Bekannte Einflüsse auf den Erfolg beim Problemlösen.* Die Expertiseforschung hat in zahlreichen Untersuchungen dargelegt, dass die Menge des domänenspezifischen Vorwissens den Erfolg beim Problemlösen maßgeblich beeinflusst (vgl. Gruber, 2001). Als weiterer wichtiger Faktor kann die Erfahrung mit dem Problemlösen genannt werden. Nur so können Problemschemata aufgebaut werden, die das Lösen von Problemen erleichtern (vgl. Friege, 2001). Ebenfalls einen, wenn auch kleineren, Einfluss haben kognitiv-emotionale Aspekte. Hierzu gehören Interesse, Selbstkonzept und metakognitive Selbstkontrolle (z.B. Lernstrategien) (vgl. Laukenmann et al., 2000; Gruber, 2001). Aufbauend auf diesen Untersuchungen zum Problemlösen werden die folgenden Forschungsfragen bearbeitet.

**Forschungsfragen.** (F1) *Wie kann die Fähigkeit zum Problemlösen in der Physik differenziert gemessen werden?* (H1) Da die vier Phasen des Problemlösens verschiedene Anforderungen an den Bearbeitenden stellen, wird eine unterschiedliche Schwierigkeit der einzelnen Phasen vermutet. Es erscheint somit sinnvoll, ein Testformat zu entwickeln, das die Phasen des Problemlösens getrennt und unabhängig voneinander untersucht.

(F2) *Mit welchen (personenbezogenen) Faktoren steht der Erfolg beim Problemlösen in Verbindung und wie groß ist jeweils dieser Einfluss?* (H2a) Aus den Ergebnissen der Expertiseforschung ist bekannt, dass das domänenspezifische Vorwissen in Physik und allgemein die Erfahrungen mit Problemlösen einen großen Einfluss auf den Erfolg beim Problemlösen haben. (H2b) Von geringerem Einfluss werden weitere personenbezogene Faktoren wie das Selbstkonzept der Probanden, Interesse und Lernstrategien (als Ausprägung der Vernetzung von Wissen) sein. (H2c) Es wird angenommen, dass auch die Kenntnisse in Mathematik einen Einfluss auf den Erfolg beim Problemlösen haben. Erwartet wird, dass dieser Einfluss in den verschiedenen Phasen des Problemlösens unterschiedlich groß ist.

(F3) *Welche Abbruchpunkte können beim Problemlösen beobachtet werden?*

**Instrumente und ausgewählte Ergebnisse.** Die für die Untersuchung benötigten Instrumente wurden größtenteils neu entwickelt und werden nun mit ersten Ergebnissen (in Auszügen) vorgestellt.

*Problemlösetest:* Um den Erfolg beim Problemlösen zu messen, wurde ein Test entwickelt, der die einzelnen Phasen des Problemlösens getrennt voneinander betrachtet. Als Themengebiet wurde die Mechanik ausgewählt. Die Probleme orientieren sich an typischen Übungsaufgaben aus dem Studium. Für den Test wurde ein relativ „geschlossenes“ Format verwendet, das unter anderem Lückentexte und Multiple-Choice-Antworten beinhaltet.

*Selbstkonzept:* Für das Selbstkonzept wurden Skalen zu den Domänen Physik und Mathematik und den einzelnen Phasen des Problemlösens entwickelt. Die Items wurden im Rahmen einer Pilotierung zu reliablen Skalen zusammengefasst (Reliabilität zwischen .91 und .79). Es lässt sich festhalten, dass die Studierenden ein positives Selbstkonzept in Mathematik haben und sie eher nicht glauben, dass mathematische Probleme der Grund von Schwierigkeiten beim Problemlösen sind. Die Studierenden konnten anhand ihres Selbstkonzepts in Klassen eingeteilt werden, die sich signifikant in ihrem Erfolg beim Problemlösen voneinander unterscheiden (weitere Details s.h. Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2013).

*Fachwissenstest Mathematik:* Zur Erhebung des mathematischen Fachwissens wurde ein Test entwickelt, der Items zu grundlegenden mathematischen Fähigkeiten enthält (aus den Bereichen Arithmetik, Geometrie, Funktionen, Vektoren, Differenzial- und Integralrechnung), die elementar für die Bearbeitung von physikalischen Problemen sind. Die Pilotierung erfolgte mit 165 Studierenden der PH Freiburg. Mit Hilfe einer Rasch-Analyse wurden

die ursprünglich 33 Items auf 20 Items reduziert. Die Reliabilität (nach Andrichs) liegt bei .83. Folgende Beispielitems vermitteln einen Überblick über den Test: FKT14 Ordnen Sie dem Funktionsterm den passenden Graphen zu  $f(x) = \sin(x)$ ; ARITH01 Vereinfachen Sie so weit wie möglich  $x^8/x^{-2}$ ; DIFF30 Differenzieren Sie nach  $x$   $f(x) = \sin(x) \cdot 3x$ .

Trägt man die Itemschwierigkeit  $\sigma$  und die Personenfähigkeit  $\theta$  auf der Logit-Skala auf (s.h. Abb. 1), so zeigt sich, dass die Schwierigkeit des Tests angemessen ist und die Items die Verteilung der Personen gut abdecken. Ordnet man die Items nach der Schwierigkeit und betrachtet ihre Inhalte, so lassen sich drei Stufen in den Fähigkeiten der Studierenden finden (s.h. Abb. 2): (Stufe 1) Basis & Reproduktion, (Stufe 2) einfache Anwendungen in Standard-situationen, (Stufe 3) spezielle Situationen und kompliziertere Verfahren. Diese Stufen sind über inhaltliche Überlegungen hinaus auch statistisch abgesichert (Schwierigkeitssprünge an den Stufengrenzen; jede Stufe enthält ein Terzil der Probanden). Der entwickelte Fachwissenstest in Mathematik ermöglicht somit eine, was die Testzeit betrifft, schnelle Einschätzung der grundlegenden mathematischen Fähigkeiten der Probanden.

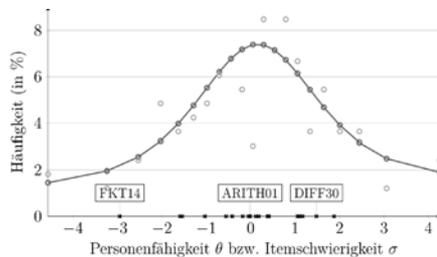


Abb. 1: Logit-Skala

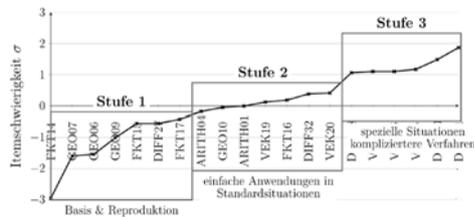


Abb. 2: Schwierigkeitsprofil

**Ausblick auf die Hauptstudie.** Für die Hauptstudie werden die hier vorgestellten Instrumente zusammengeführt. Kern der Untersuchung bildet der Problemlösetest, der in einem Testheft-Design mit „Lücken“ ausgebracht wird. Als Prädiktorvariablen werden Angaben zur Person (Abiturnote, Studienrichtung, Erfahrungen mit Problemlösen), Likertskalen (Selbstkonzept, Beliebtheit von Tätigkeiten und Lernstrategien) und Fachwissenstests (Mathematik und Mechanik) eingesetzt. Die Testzeit beträgt 90 Minuten. Ausgewertet wird die Untersuchung mit einer Mischung aus Varianzanalysen, Rasch-Modellen, Klassenbildung mit LCA und linearer Regression. Angestrebt wird eine Stichprobengröße von 200 Personen.

#### Literatur

- Brandenburger, M., & Mikelskis-Seifert, S. (2013). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? In S. Bernholt (Hg.), GDCP Jahrestagung 2012 Hannover. Kiel: IPN, 761–763.
- Dörner, D. (1976). Problemlösen als Informationsverarbeitung. Kohlhammer, Stuttgart.
- Feynman, R., & Davies, P. (2007). The Character of Physical Law. Penguin Books Limited.
- Friege, G. (2001). Wissen und Problemlösen. Logos Verlag, Berlin.
- Gruber, H. (2001). Expertise. In D. H. Rost (Hrsg.), Handwörterbuch Pädagogische Psychologie (S. 183-189). Beltz PVU, Weinheim.
- Laukenmann, M., Bleicher, M., Fuß, S., Gläser-Zikuda, M., Mayring, P., & von Rhöneck Christoph (2000). Eine Untersuchung zum Einfluss emotionaler Faktoren auf das Lernen im Physikunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 6, 139-155.
- Pospiech, G. (2007). Argumentieren und Mathematisieren - im Gleichschritt? In D. Höttecke (Hrsg.), GDCP Jahrestagung 2006 (S. 418–420). LIT Verlag, Münster.
- Reinhold, P., Lind, G., & Friege, G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 5(1), 41–62.
- Sherin, B. L. (2001). How Students Understand Physics Equations. Cognition and Instruction, 19(4), 479-541.
- Smith, M. U. (1991). Toward a Unified Theory of Problem Solving: Views from the Content Domains. L. Erlbaum Associates, Hillsdale and N.J.

### Wie unterscheiden sich Mathematik und Physik in ihrem Image?

**Ausgangslage.** Mathematik und Physik mit ihren Erkenntnissen und Anwendungen prägen unser Leben. Dementsprechend ist die Bedeutung dieser Wissenschaften für die Menschheit unbestritten. Blickt man jedoch auf die Mathematik und die Physik als Unterrichtsfächer, so zeigen Studien, die sich mit den Einstellungen von Schüler befassen, ein ganz anderes Bild auf: die Einstellungen der Schüler sind alles andere als erfreulich. Beispielsweise herrscht in Deutschland die Vorstellung vor, dass Naturwissenschaften härter als andere Fächer sind. Mathematik und Physik gelten als unbeliebte Unterrichtsfächer (vgl. Muckenfuß, 1995; Merzyn, 2008). Auch zeigt sich immer wieder, dass das Sachinteresse an Physik in der Sekundarstufe I sinkt (z.B. Hoffmann & Lehrke, 1997) und dieser Interessenverlust für Mädchen stärker ausfällt als für Jungen. Die Mathematik, die als Metawissenschaft dient, wirkt eher polarisierend. Es gibt viele Schüler, die Mathematik mögen, und andere, die dieser Wissenschaft ablehnend gegenüber stehen. Neben diesen Befunden kann beiden Fächern ein negatives Image zu geschrieben werden (z.B. „Festung“ Physikunterricht, vgl. Euler, 2001) mit der Folge, dass ein häufig erlebter Misserfolg bei den Schülern zu beobachten ist (Merzyn, 2008). Den Befunden aus der Einstellungsforschung wurde in einer Studie zum Image der beiden Fächer nachgegangen. Ziel der Studie war es, Schülerüberzeugungen zu reproduzieren bzw. eventuelle Veränderungen aufzuzeigen sowie Zusammenhänge zwischen den Einstellungen zu Physik und Mathematik zu erkunden.

**Theoretischer Rahmen.** Um eine Untersuchung zu den Einstellungen von Schülern zu Physik und Mathematik durchführen zu können, müssen zuvor einige Begrifflichkeiten geklärt werden. Je nach Domäne gibt es vielfältige Definitionen und unterschiedliche Begrifflichkeiten zu Einstellungen. Epistemologische Überzeugungen und Image lassen sich zu den domänenspezifischen Einstellungen hinsichtlich der Mathematik und Physik als Wissenschaft oder als Unterrichtsfach zuordnen. Im Folgenden werden diese Begrifflichkeiten näher erläutert.

*Epistemologische Überzeugungen.* Im Allgemeinen sind die epistemologische Überzeugungen subjektive Vorstellungen zur Natur von Wissen und zum Erwerb von Wissen (Baumert et al., 2000). Sie können als ein Ergebnis aus der Interaktion zwischen bestimmten kognitiven Elementen, wie z.B. disziplinspezifischem Wissen, Erfahrungswissen, ontologischen Annahmen usw. angesehen werden. In Bezug auf naturwissenschaftliches Wissen und naturwissenschaftliche Forschung, hier ist auch die Debatte um die Natur der Naturwissenschaften oder Nature of Science zu verorten (siehe Priemer, 2006), zeigten sich Zusammenhänge zwischen Überzeugungen und Lernerfolg. Beispielsweise stellte Halloun (2001) fest, dass epistemologischen Überzeugungen mit dem Lernerfolg in der Physik korrelieren. Stahl (2011) fand ebenfalls Zusammenhänge zwischen epistemologischen Überzeugungen, Lernprozessen und dem Wissenserwerb.

*Image.* Allgemein übliche, teilweise stereotype Vorstellungen über die Charakteristika und Inhalte eines Faches werden von Kessels et al. (2006) als Image bezeichnet. Auch beim Image handelt es sich um unbewusste, automatische Assoziationen, die den Gesamteindruck der Schüler zu dem entsprechenden Fach einschließlich sozial geteilter Annahmen und Stereotype beinhalten. Dabei spiegeln Stereotype die kulturellen Einstellungen einer Gesellschaft wider und können als recht stabil angesehen werden (s.o.). Bezogen auf den Kontext Schule bedeutet es, dass ein Stereotyp eine geteilte Auffassung zum Fach, zum Unterrichts-

inhalt, zu dem „typischen“ Lehrer und zu den „typischen“ Schülern darstellt. Mit dem Image sind prototypische Vorstellungen bzgl. eines Faches – die Prototypen - verbunden. Der Prototyp beinhaltet die Merkmale eines Jugendlichen, der dieses Fach als Lieblingsfach hat. Derartige Assoziationen bezüglich eines Faches wurden über eine lange Zeit erlernt und entziehen sich der willentlichen Kontrolle (s.o.).

Da für diese Studie die Stereotype der Mathematik und Physik, also der „harten“ Naturwissenschaften, relevant sind, beziehen wir uns auf die Arbeiten der Arbeitsgruppe Kessels und Hannover (Kessels et al., 2006; Kessels & Hannover, 2004).

**Forschungsfragen.** Die hier beschriebene Untersuchung verkörpert eine Replikationsstudie zu den Arbeiten von Kessels und Hannover (s.o.). In diesem Sinne wird dem Image, welches die Schüler bezüglich der Fächer Mathematik und Physik haben, nachgegangen. 1) Inwieweit unterscheiden sich die beiden Fächer in ihrem Image? 2) Gibt es geschlechtsspezifische Unterschiede in den Wahrnehmungen der beiden Fächer? 3) Welche prototypischen Vorstellungen hinsichtlich Mathematik und Physik können beobachtet werden?

**Instrumente und Stichprobe.** Fünf Realschulen mit 359 Schülern (55% männlich; 45% weiblich) nahmen an der Befragung teil. Die Wahl der Jahrgangsstufe fiel auf die 9. Klasse. In dieser Jahrgangsstufe haben die Schüler viele Erfahrungen mit Mathematik und Physik gesammelt und können mit den Begrifflichkeiten, die in den Fragestellungen benutzt werden, etwas anfangen. Der Fragebogen, der sich in sechs Teilbereiche gliedert, kam einmal im Sinne einer Bestandsaufnahme zum Einsatz. So wurden in Fragebogenteil A die Schüler nach ihren Erfahrungen mit dem Mathematik- und Physikunterricht gefragt. In Teil B sollten sie Mathematik und Physik aus ihrer Sicht bewerten. Die Teile D und E beschäftigten sich damit, wie Mathematik und Physik gelernt und gelehrt werden sollte. In Teil C sollten die Schüler die beiden Fächer mit vorgegebenen Adjektiven beschreiben, womit die Eigenschaften der beiden Fächer erhoben wurden. In Fragebogenteil F sollten die Schüler Prototypen der Fächer mit vorgegebenen Adjektiven kennzeichnen. Auf der Basis der Faktoren- und Reliabilitätsanalysen wurden die Skalen gebildet. Für die Vergleichbarkeit war es wichtig, dass die Skalen die jeweils gleichen Items beinhalteten. Im Nachfolgenden werden die Ergebnisse aus den Teilen C und F, den semantischen Differentialen, näher vorgestellt.

**Ausgewählte Ergebnisse.** Aus dem Instrument CAEB (vgl. Stahl & Bromme, 2007) wurden sieben relevante Items ausgewählt. Nach Faktoren- und Reliabilitätsanalysen ergaben sich jeweils eine Skala mit  $\alpha_{\square} = 0,76$  und  $\alpha_p = 0,79$ . Die Ergebnisse im Vergleich zwischen Mathematik und Physik sowie die geschlechtsspezifischen Unterschiede sind in der Abb. 1 zusammengestellt. Der Unterschied zwischen den Fächern ist hoch signifikant mit einer Effektstärke von  $d=0,47$ . Schaut man sich die Profile der Mädchen und Jungen bei ihren Einschätzungen an, können geschlechtsspezifische Effekte beobachtet werden. Die Profile der Mädchen und Jungen laufen in beiden Fällen nahezu parallel: Generell sehen die Mädchen das jeweilige Fach negativer als die Jungen. Der Haupteffekt entsteht in der Stärke der Unterschiede. Während es bei der Mathematik nur ein schwacher, signifikanter Effekt mit  $d=0,29$  ist, spricht man bei der Physik von einem starken, signifikanten Effekt mit  $d=0,71$ . Bei den Prototypen ähneln sich die fachspezifischen Beschreibungen sehr. Die Prototypen „Mögen der Mathematik“ sowie „Mögen der Physik“ werden von den Schülern mit den Adjektiven eher intelligent, ehrgeizig, einfallreich, gebildet und motiviert, jedoch eher unspornlich und unbeliebt beschrieben. Wieder wird die Physik negativer wahrgenommen als die Mathematik. In der Physik treten die größeren Genderunterschiede in der Einschätzung zur sozialen Beliebtheit und zur Intelligenz auf.

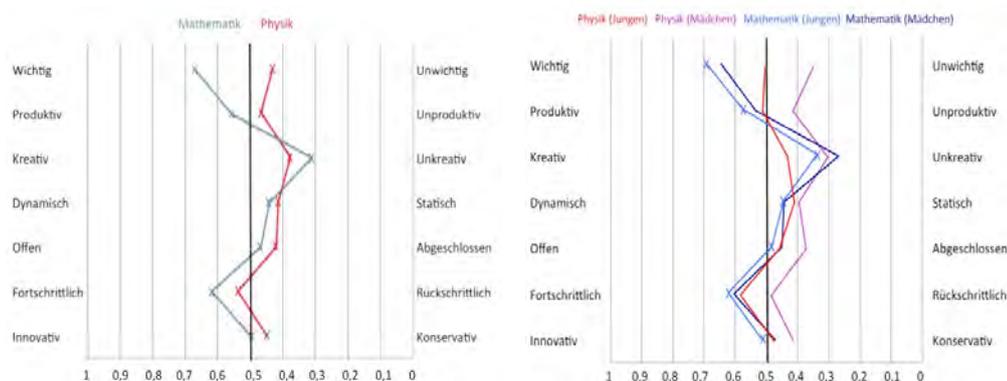


Abb. 1: Imagevergleich zwischen den Fächern Mathematik und Physik

**Zusammenfassung.** Unsere Studie reproduzierte die polarisierende Wirkung der Mathematik sowie der Unbeliebtheit der Physik. Das Image von Mathematik und Physik kann mit den Adjektiven heterogen, un kreativ und schwierig charakterisiert werden, wobei es einen signifikanten Unterschied in der Wahrnehmung der Fächer gibt: Mathematik wird positiver und als wichtiger eingeschätzt als die Physik. Auch zeigen sich wieder die aus der Literatur bekannten Gendereffekte. Trotz Reformen, Qualitätsprogrammen und neuen Bildungsplänen können keine positiven Veränderungen im Image der Realschüler beobachtet werden. Für generalisierende Aussagen sind weiterführende schulartvergleichende Studien notwendig. Auch erscheinen Lehrerfortbildungen, die imageförderndes und gendersensitives Unterrichten in den Mittelpunkt rücken, als sinnvoll für eine Qualitätssicherung im Schulsystem.

#### Literatur

- Baumert, J., Bos, W., Brockmann, J., Gruehn, S., Klieme, E., Köller, O., Lehmann, R., Lehrke, M., Neubrand, J., Schnabel, K. U., & Watermann, R. (2000). Timss III – Deutschland. Der Abschlussbericht. Zusammenfassung ausgewählter Ergebnisse der Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildung am Ende der Schullaufbahn. Berlin.
- Euler, M. (2001). Lernen durch Experimentieren. In U. Ringelband, M. Prenzel & M. Euler (Hg.), Lernort Labor. Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft. Bericht über einen Workshop in Kiel im Februar 2001. Lernort Labor. Kiel, Februar 2001. Workshop "Lernort Labor". Kiel: IPN (IPN-Materialien), 13-42.
- Halloun, I. (2001). Student Views about Science: A Comparative Survey. Beirut, Libanon.
- Hoffmann, L., Häußler, P., & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN (IPN, 158).
- Kessels, U. & Hannover, B. (2004). Entwicklung schulischer Interessen als Identitätsregulation. In J. Doll & M. Penzel (Hrsg.), Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung (S. 398-412). Münster: Waxmann.
- Kessels, U., Rau, M., & Hannover, B. (2006). What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. *British Journal of Educational Psychology*, 76, 761-780.
- Merzyn, G. (2008). Naturwissenschaften, Mathematik, Technik - immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen. 1. Aufl. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Muckenfuß, H. (1995). Lernen im sinnstiftenden Kontext. 1. Aufl., 2. Dr. Berlin: Cornelsen.
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 159-175.
- Stahl, E. (2011). The Generative Nature of Epistemological Judgments: Focusing on Interactions Instead of Elements to Understand the Relationship Between Epistemological Beliefs and Cognitive Flexibility: Links Between Beliefs and Cognitive Flexibility. In J. Elen, E. Stahl, R. Bromme & G. Clarebout (Hrsg.) (S. 37-60). Springer Netherlands.
- Stahl, E., & Bromme, R. (2007). The CAEB: An instrument for measuring connotative aspects of epistemological beliefs. *Learning & Instruction*, 17(6), 773-785.

### **Smartphones, Tablets & Co.: Theorie, Konzeptionen und Untersuchungsergebnisse**

Umfrageergebnisse zeigen, dass mittlerweile mindestens jeder Achte in Deutschland einen Tablet-PC und mehr als 80 % der Jugendlichen ein Smartphone besitzen, sodass diese Geräte mehr und mehr zum alltäglichen Werkzeug speziell der jungen Generation gehören. Auch in Schulen hält der Tablet-PC zunehmend Einzug, wobei dabei die Nutzung der Geräte bisher primär als Notebook-Ersatz erfolgt (z.B. als Cognitive Tool, zu Recherchezwecken, mit Anwendungssoftware). Neben den allseits bekannten negativen Auswirkungen dieser Geräte wird mittlerweile auch international erkannt, dass deren technischen Entwicklung und die Vertrautheit der Schülerinnen und Schüler mit den Geräten speziell auch den Unterricht durchaus bereichern können (West & Vosloo, 2013). Bisher häufig außer Acht gelassen werden allerdings Möglichkeiten, Smartphone und Tablet-PC als Experimentiermittel im naturwissenschaftlichen Unterricht zu verwenden.

Die Einsatzmöglichkeiten dieser Geräte als Experimentiermittel im Physikunterricht sind im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass sie mit vielen internen Sensoren ausgestattet sind. So sind darin von Mikrofon und Kamera über Beschleunigungs-, Magnetfeldstärke- und Beleuchtungsstärkesensor bis hin zu Gyroskop, GPS-Empfänger und teils sogar Temperatur-, Druck- und Luftfeuchtesensor zu finden. Die mit den Sensoren erfassten Daten lassen sich über zusätzliche Programme, sogenannte Apps, auslesen, sodass sowohl qualitative als auch quantitative Experimente mit den Geräten möglich sind. Solche Geräte stellen somit kleine, transportable Messgeräte dar, die unübersichtliche Versuchsanordnungen ersetzen können und den Lernenden aus ihrem Alltag gut bekannt sind, wodurch eine hohe Vertrautheit mit deren Bedienung erwartet wird.

In den letzten Jahren wurden bereits verschiedene Artikel zum Einsatz von Smartphones als Experimentiermittel im Physikunterricht veröffentlicht (z.B. Kuhn, Vogt & Müller, 2011; Vogt, Kuhn & Gareis, 2011). Ebenso wird seit 2012 in der Kolumne „iPhysicsLabs“ der Zeitschrift „The PhysicsTeacher“ monatlich ein neues Experiment mit solchen Geräten vorgestellt (s. Kuhn & Vogt, 2012). Eine Zusammenstellung bisher publizierter Beispiele zum Thema im englischsprachigen Raum zeigt Kuhn (2013). Seit diesem Jahr veröffentlicht außerdem die Zeitschrift „Physik in unserer Zeit“ in jedem Heft eine App und ein zugehöriges Beispiexperiment (Kuhn, Wilhelm & Lück, 2013).

Der Themenblock „Smartphone, Tablet PC & Co.“ der GDCP Jahrestagung 2012 bot bereits einen ersten Überblick über mögliche Ansätze. Die Beiträge dieses Themenblocks fokussieren sich im nächsten Schritt nun insbes. auf konkrete, themenbezogene Konzeptionen für den Physikunterricht und für das Physikstudium und deren Untersuchung. Sie sind Teil eines umfassenden Forschungsprogramms zum Einsatz und zur Effektivität von Smartphone und Tablet-PC als Experimentiermittel in Physikunterricht und Physikstudium, das Mitte 2012 startete. Dieser Einführungsbeitrag bildet den Rahmen für die im Folgenden beschriebenen Themenblockbeiträge und verdeutlicht die theoretische Einordnung des Forschungsprogramms und der im Folgenden dargestellten Arbeiten.

#### **Theoretischer Hintergrund**

Theoretisch begründet wird die Arbeit mit Smartphone und Tablet-PC als Experimentiermittel zum einen durch die Rahmentheorie des kontextorientierten bzw. situierten Lernens (Benett, Lubben & Hogarth, 2007; Fensham, 2009; Taasobshirazi & Carr, 2008): Durch die Verwendung von Geräten, die den Lernenden aus ihrem Alltag

bekannt sind, soll die Lerneffektivität erhöht und durch deren Anwendung in konkreten Situationen die Bildung trüger Wissens verhindert werden. Zudem wird ein verstärktes Autonomieerleben der Schülerinnen und Schüler im Umgang mit diesen Geräten angenommen (Ryan & Deci, 2000a; 2000b), da sie mit den Geräten selbstständig experimentieren und die im Unterricht experimentell bearbeiteten Inhalte ebenso außerhalb der Schule erwerben bzw. wiederholen können. Das physikalische Lernen bleibt somit nicht nur auf den Unterricht beschränkt. Grundlage der Einordnung technischer Alltagsgeräte in die Theorie des situierten Lernens ist die Annahme, dass außer einer thematischen Authentizität auch die Authentizität des Experimentiermediums eine positive Lernwirkung bewirkt (materiale Situierung, Kuhn & Vogt, 2013a; 2013b).

Zudem stellt der Einsatz o.g. Geräte multiple Repräsentationsformen innerhalb eines Lerninhalts bereit (automatische Darstellung der Messdaten als Diagramme und Wertetabelle, ergänzt durch verbale Erklärungen und die Beobachtung des Experiments). Im Gegensatz zu traditionellen Experimenten, bei denen verschiedene Repräsentationsformen erst im Nachhinein erstellt werden können, sind diese hier bereits vor der kognitiven Verarbeitung parallel zum Experimentieren verfügbar. Dadurch wird dem kognitiven System die Informationsverarbeitung erleichtert und die Bildung mentaler Modelle gefördert („Cognitive Theory of Multimedia Learning“; Mayer, 2005). Unsere Annahme ist, dass diese Kontiguität von realen Bildern (Experiment) und graphischen Darstellungen die Repräsentationskompetenz (Kohl & Finkelstein, 2005), d. h. die Möglichkeit zur Interpretation und Bildung kohärenter Repräsentationen sowie den Wechsel zwischen verschiedenen Repräsentationsformen, fördert. Demgegenüber steht die erhöhte kognitive Belastung durch die Verwendung neuer Medien, die sich durch intuitive Bedienbarkeit der Software zwar reduzieren lässt (Girwidz, 2004), wozu aber noch keine Erfahrungswerte existieren. Durch die Echtzeit-Darstellung von Messwerten ist es möglich, eigene Hypothesen zu beobachteten Phänomenen direkt zu überprüfen. Nach der Conceptual Change Theory werden dadurch konzeptionelle Veränderungen stärker unterstützt als im traditionellen Physikunterricht (Posner et al., 1982). Eventuell bestehende Fehlvorstellungen können durch den direkten Vergleich zwischen Erwartung und Experiment leicht erkannt und neue Konzepte gebildet und direkt überprüft werden.

### **Forschungsprogramms zu Einsatz und Effektivität von Smartphone und Tablet-PC als Experimentiermittel in Physikunterricht und Physikstudium**

Im Rahmen des Forschungsprogramms zu Einsatz und Effektivität von Smartphone und Tablet-PC als Experimentiermittel in Physikunterricht und Physikstudium sind drei Arbeiten zu verorten, zu denen in den nachfolgenden Beiträgen erste Zwischenergebnisse dargestellt werden:

- Der Beitrag „iMechanics: Lernwirkung von Smartphones und WiiMotes“ beschreibt eine Pilotstudie im Themenbereich Mechanik für die Sekundarstufe II. Neben Materialien und Design der Studie werden auch erste Ergebnisse berichtet.

- Der Beitrag „iAcoustics: Experimente mit Smartphones“ diskutiert ausgewählte Beispiele aus dem Themenbereich „Schwingungen und Wellen“ mit Schwerpunkt Akustik für die Sekundarstufe II. Zudem werden Materialien und Design einer geplanten quasi-experimentellen Interventionsstudie mit Kontroll-Versuchsgruppensdesign beschrieben.

- Der Beitrag „Mobile Videoanalyse-Aufgaben in den Übungen zur Experimentalphysik 1“ fokussiert auf Einsatzmöglichkeiten mobiler Geräte in die Regelveranstaltung „Experimentalphysik 1 (Mechanik/Wärme)“ der Studieneingangsphase des Physikstudiums. Neben Beispielen zum Thema werden Materialien, Methode und Ergebnisse einer ersten Pilotstudie im Versuchs-Kontrollgruppensdesign vorgestellt.

Eingeleitet wird die Beitragsreihe durch „Smartphone-Experimente: Aktuelle Beispiele und Erkenntnisse“, worin neue Beispiele von Smartphone-Experimenten zum Themenbereich

Radioaktivität sowie weitere Detailergebnisse einer Pilotstudie zur Effektivität von Smartphone-Experimenten zum Themenbereich Akustik in der Sekundarstufe I präsentiert werden (Details dazu: s. Kuhn & Vogt, 2013b).

### **Wilfried-und-Ingrid-Kuhn-Stiftung für Physikdidaktik**

Wir danken der Wilfried-und-Ingrid-Kuhn Stiftung für Physikdidaktik für die langjährige Förderung der beteiligten Wissenschaftler und der in diesem Themenblock vorgestellten Projekte.

### **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.
- Fensham, P. J. (2009). Real world contexts in PISA science: Implications for context-based science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 884-896.
- Girwidz, R. (2004). Lerntheoretische Konzepte für Multimediaanwendungen zur Physik. *PhyDid* 1/3 (2004) S. 9-19.
- Kohl, P., & Finkelstein, N. (2005). Students' representational competence and self-assessment when solving physics problems. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 010104.
- Kuhn, J. (2013). Relevant information about using a mobile phone acceleration sensor in physics experiments. *Am. J. Phys.* 81 (paper accepted)
- Kuhn, J., & Vogt, P. (2012). Analyzing diffraction phenomena of infrared remote controls. *Phys. Teach*, 50, 118-119.
- Kuhn, J., & Vogt, P. (2013a). Smartphones as experimental tools: Different methods to determine the gravitational acceleration in classroom physics by using everyday devices. *European Journal of Physics Education* 4(1), 16-27.
- Kuhn, J., & Vogt, P. (2013b). Smartphone & Co. in Physics Education: Effects of Learning with New Media Experimental Tools in Acoustics. In A. Kauertz, H. Ludwig, A. Müller, J. Pretsch & W. Schnotz (Eds.), *Multiple Perspectives on Teaching and Learning* (paper accepted).
- Kuhn, J., Wilhelm, T., & Lück, S. (2013). Smarte Physik: Physik mit Smartphones und Tablet-PCs. *Physik in unserer Zeit*, 44(1), 44-45.
- Kuhn, J., Vogt, P., & Müller, S. (2011). Handys und Smartphones - Einsatzmöglichkeiten und Beispieleexperimente im Physikunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 7(60), 5-11.
- Mayer, R. E., (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 31-48.
- Posner, G.J, Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000a). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55, 68-78.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000b). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 54-67.
- Taasobshirazi, G., & Carr, M. (2008). A Review and Critique of Context-Based Physics Instruction and Assessment. *Educational Research Review*, 3(2), 155-167.
- Vogt, P., Kuhn, J., & Gareis, S. (2011). Beschleunigungssensoren von Smartphones - Möglichkeiten und Beispieleexperimente zum Einsatz im Physikunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 7(60), 15-22.
- West, M., & Vosloo, S. (2013). UNESCO policy guidelines for mobile learning. Paris: UNESCO Publications.

### Smartphone-Experimente: Aktuelle Beispiele und Erkenntnisse

Während die bisher größte Experimentanzahl unter Verwendung von Smartphone und/oder Tablet PC in der Mechanik (unter Verwendung des Beschleunigungssensors) sowie in der Akustik (unter Verwendung des Mikrofons) zu finden sind (Überblick in Kuhn, 2013), stellen wir in diesem Beitrag Möglichkeiten zum Experimentieren mit diesen Geräten im Themenbereich Radioaktivität vor. Dabei beschränken wir uns an dieser Stelle auf die Untersuchung des Abstandsgesetzes von  $\beta$ -Strahlung. Für weitere Smartphone-Experimente zur Untersuchung der Halbwertszeit eines radioaktiven Stoffes, zum Durchdringungsvermögen radioaktiver Strahlung sowie zur Ablenkung von  $\beta$ -Strahlung im Magnetfeld sei auf weiterführende Literatur verwiesen (Gröber, Kuhn & Frübis, 2013; Kuhn et al., 2013a; Molz et al., 2014).

Abschließend werden als Zusatzinformation Detailergebnisse einer Pilotstudie zur Effektivität von Smartphone-Experimenten präsentiert (Themenbereich Akustik, Sekundarstufe I; Details dazu: s. Kuhn & Vogt, 2013b).

#### Wodurch ist das Messen radioaktiver Strahlung möglich? - Der Kamerasensor

Die Detektion ionisierender Strahlung erfolgt bei Smartphone und Tablet-PC mit meist als CMOS-Sensoren („Complementary Metal Oxide Semiconductor“; Kaireit et al., 2013) ausgeführten Kamerasensoren. Diese bestehen aus mehreren Millionen Sensorzellen, welche die Pixel (Picture Element) bilden, aus denen auch Fotos oder Videos zusammengesetzt sind. Jede Sensorzelle ist eine nur wenige Mikrometer kleine p-n-Diode, deren Halbleiterübergang strahlungsempfindlich ist und beim Eintreffen radioaktiver Strahlung ein weißes Pixel („Ereignis“) erzeugt (Laquai, 2013). Obwohl CMOS-Sensoren von der Funktionsweise her mit einem Halbleiterdetektor vergleichbar sind, sind sie wegen der fehlenden intrinsischen Schicht weniger sensitiv gegenüber der Detektion von  $\gamma$ -Strahlung. Die Nachweiswahrscheinlichkeit von Beta-Teilchen, die den CMOS-Sensor erreichen, kann mit der von schulüblichen Halbleiterdetektoren verglichen werden. Bevor die Geräte zur Detektion radioaktiver Strahlung eingesetzt werden können, muss die Kameralinse mit Gewebeklebeband, schwarzem Kartonstreifen oder Alufolie lichtdicht abgedeckt werden, um die Sensoren vor einfallendem Licht zu schützen und sensitiv für ionisierende Strahlung zu machen. Diese Abdeckung (und die Kameralinse) absorbieren  $\alpha$ -Teilchen.

Zur Registrierung der Ereignisse wird eine App wie z. B. „RadioactivityCounter“ benötigt, die im günstigsten Fall mit der Framerate des Smartphones oder Tablet-PCs (meist 30 Bilder/s) das Bild des Kamerasensors auswertet und die Anzahl detektierter Beta-Teilchen in aufeinanderfolgenden wählbaren Zeitintervallen aufsummiert. Die Handhabung der App RadioactivityCounter zur Messung radioaktiver Strahlung wird ausführlich in Kuhn et al. (2013b) beschrieben.

#### Untersuchung des Abstandsgesetzes: Theoretische Grundlagen und Versuchsaufbau

Das Abstandsgesetz bzw. Abstandsquadratgesetz beschreibt die geometrisch bedingte Abnahme der Strahlungsintensität bzw. der detektierten Zählraten einer punktförmigen radioaktiven Strahlenquelle bei wachsendem Abstand  $r$  zwischen Quelle und Detektor: Die im Abstand  $r$  zur Punktquelle detektierte Zählrate  $n$  sinkt mit dem Quadrat dieses Abstandes. Es gilt

$$n(r) \equiv I(r) = \frac{A}{4\pi \cdot r^2} \propto \frac{n_0}{4\pi \cdot r^2} \propto \frac{1}{r^2},$$

wobei  $n_0$  die vom Nachweisgerät detektierte Zählrate am Ort der Quelle und  $A$  die Gesamtaktivität des Strahlers ist.

Zur Untersuchung dieser Gesetzmäßigkeit werden die in Abb. 1 aufgeführten schultypischen Geräte benötigt. Als Präparat zur quantitativen Untersuchung des Abstandsgesetzes der  $\beta$ -Strahlung kann ein Sr-90-Stiftstrahler dienen, welcher negativ geladene  $\beta$ -Teilchen emittiert. Als Smartphone- bzw. Tablet-Detektoren werden das Samsung Galaxy Tab 2 7.0 GT P3100 (Abk.: SGT 2), der Apple iPod touch 4G (Abk.: iPod) und das Samsung Galaxy S3 (Abk.: S3) jeweils mit der App RadioactivityCounter verwendet. Die Versuchsdurchführung erfolgt in Anlehnung an Kuhn (2000).

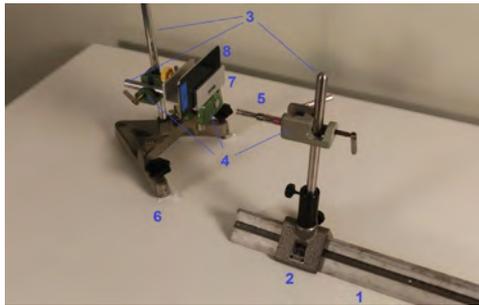


Abb. 1: Aufnahme des Versuchsaufbaus: 1-4,6-7: Stativ- und Halterungsmaterialien; 5: radioaktives Präparat (Sr-90-Stiftstrahler); 8: Detektor (hier: iPod)

Da die maximale Reichweite von  $\beta$ -Strahlung ca. 10 m beträgt (Kuhn, 2000), können aufgrund des vergleichsweise kleinen Maximalabstands störende Effekte wie z.B. Absorption der Strahlung durch Luftmoleküle vernachlässigt werden. Aufgrund der hohen Aktivität des Strahlers und der guten Nachweiseffektivität von SGT2 und iPod für  $\beta$ -Strahlung reicht es aus, für die Sr-90-Quelle einen Anfangsabstand von  $r_0 = 5$  cm zu wählen. Die Voraussetzung einer punktförmigen Quelle ist beim Durchmesser der aktiven Kreisfläche des Stiftstrahlers von 5 mm erfüllt.

#### Untersuchung des Abstandsgesetzes: Versuchsauswertung

Zur Verifizierung des Abstandsgesetzes werden die ermittelten Zählraten zunächst nullratenkorrigiert und danach gegen  $r^{-2}$  aufgetragen. Gemäß dem o.g. Abstandsgesetz ist bei dieser Darstellung für die Messwerte ein linearer Verlauf zu erwarten. Zusätzlich werden durch Regressionsanalyse Ausgleichsgeraden mitsamt dazugehörigen Bestimmtheitsmaßen ermittelt. In Anbetracht der unterschiedlichen Messbereiche werden zur besseren Übersichtlichkeit die jeweiligen Graphen in Abb. 2 in zwei Diagrammen dargestellt.

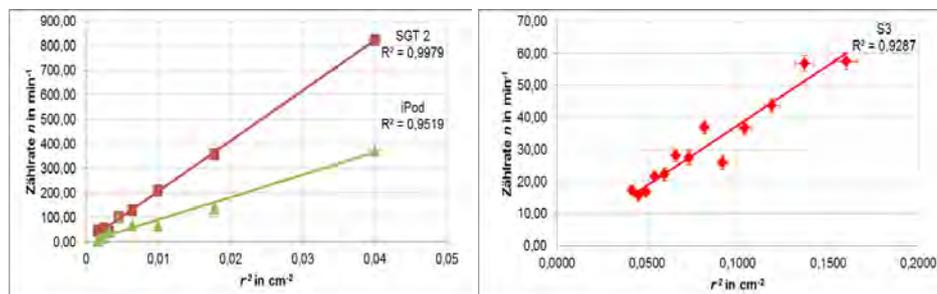


Abb. 2: Verifizierung des Abstandsgesetzes mit Sr-90-Quelle: iPod und SGT 2 (links), S3 (rechts)

Die unterschiedlichen Steigungen der Ausgleichsgeraden ergeben sich aus der unterschiedlichen Sensitivität des jeweiligen Gerätes. Da bei diesem Experiment der Fokus auf der Verifizierung des Abstandsgesetzes liegt, genügt es sich bei der Analyse der Ergebnisse lediglich auf die Kurvenverläufe zu beschränken. Es kann festgehalten werden, dass bei sämtlichen Geräten der quadratische Abfall der Zählraten für dieses Präparat sehr gut zu erkennen ist. In Anbetracht der Bestimmtheitsmaße kann konstatiert werden, dass die Untersuchung des Abstandsgesetzes mit der hier angegebenen Versuchsanordnung unter Verwendung von Smartphone und Tablet PC mit für die Ausbildung in Schule und Hochschule akzeptabler Genauigkeit gelingt. Eine qualitative Untersuchung des Abstandsgesetzes mit diesen Geräten kann bereits unter Verwendung schwachstrahlender Präparate wie z.B. thoriumhaltigen Glühstrümpfen oder uranhaltigen Pechblenden als Strahlungsquelle erfolgen.

### **Effektivität von Smartphone-Experimenten: Detailergebnisse einer Pilotstudie im Themenbereich Akustik ( Sekundarstufe I)**

Im vergangenen Tagungsband wurden bereits erste Ergebnisse einer Pilotstudie im Themenbereich Akustik (Sekundarstufe I) dargestellt (s. Kuhn & Vogt, 2013a). Darin wurden ein positiver Leistungseffekt sowie kein Effekt auf die Motivation von Lernenden berichtet, die mit Smartphone-Experimenten arbeiteten. Durch die Analyse der Subskalen des verwendeten Motivationsfragebogens (nach Kuhn, 2010) konnte eine signifikante Stabilisierung des Selbstkonzepts (als Mot.-Subskala) durch die Arbeit mit Smartphone-Experimenten nachgewiesen werden ( $p < 0.05$ ;  $\omega^2 = 0.09$ ).

#### **Literatur**

- Gröber, S., Kuhn, J., & Frübis, J. (2013). Smartphone and Tablet-PC as Radiation Detector: Analysing the Spectrum of Beta-Radiation. *European Journal of Physics*, 34, (submitted).
- Kaireit, T., Stamm, G., Hoeschen, C., & Wacker, F. K. (2013). Smartphones jetzt noch smarter? - Möglichkeit des Einsatzes als „Dosiswarner“. *RöFo – Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren* 185, Nr. 6, S. 558-562.
- Kuhn, W. (2000). *Handbuch der experimentellen Physik: Sekundarbereich II. Band 9: Kerne und Teilchen I*. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co. KG.
- Kuhn, J. (2010). *Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag
- Kuhn, J., Frübis, J., Lück, S., & Wilhelm, T. (2013b). *Smarte Physik: Smartphone als Geigerzähler? – Die App RadioactivityCounter*. *Physik in unserer Zeit*, 44(5), 253-255.
- Kuhn, J., Gröber, S., Molz, A., & Frübis, J. (2013a). *Possibilities of Smartphones as Radioactive Counter: Examples for Studying Different Radioactive Principles in Physics Education*. *The Physics Teacher*, 52, (submitted).
- Kuhn, J., & Vogt, P. (2013a). *N.E.T.: New Media Experimental Tools – Theoretischer Hintergrund, Beispiele und erste Erkenntnisse zum Experimentieren mit Smartphones & Co*. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Tagungsband der GDGP-Jahrestagung in Hannover 2012*. Münster: LIT-Verlag, 434-436.
- Kuhn, J. & Vogt, P. (2013b). *Smartphone & Co. in Physics Education: Effects of Learning with New Media Experimental Tools in Acoustics*. In A. Kauertz, H. Ludwig, A. Müller, J. Pretsch & W. Schnotz (Eds.), *Multiple Perspectives on Teaching and Learning* (paper accepted).
- Laquai, B. (2013). *Die Radioaktivitäts Zähler/Radiocativity Counter App von Rolf-Dieter Klein*. <http://www.opengeiger.de/RadCountRDKlein.pdf> [09/2013]
- Molz, A., Kuhn, J., Gröber, S., & Frübis, J. (2013). *iRadioactivity – Untersuchung radioaktiver Strahlung mit Smartphones & Tablet PC*. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik*, 24(141/142), (eingereicht).

Katrin Hochberg<sup>1</sup>  
 Jochen Kuhn<sup>1</sup>  
 Andreas Müller<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TU Kaiserslautern  
<sup>2</sup>Universität Genf

### **iMechanics: Lernwirkung von Smartphones und Wiimotes im Mechanikunterricht der Sekundarstufe II**

Mit den integrierten Beschleunigungssensoren von alltäglichen technischen Geräten wie der WiiMote (dem Controller der Nintendo Wii Spielekonsole) oder von Smartphones lassen sich zahlreiche physikalische Experimente im Bereich der Mechanik durchführen. An verschiedenen Stellen wurden bereits Beispiele dafür, auch für die Einbindung in die Unterrichtspraxis, vorgestellt (Erickson, Ochoa & Ochoa, 2013; Kawam & Kouh, 2011; Kouh et al., 2013; Krichenbauer & Hopf, 2010; Ochoa, Rooney & Somers, 2011; Vannoni & Straulino, 2007; Wheeler, 2011; Lück & Wilhelm, 2011; Vogt, Kuhn & Gareis, 2011; Kuhn, Vogt & Wild, 2012; Übersicht über bisherige Publikationen zur Smartphone-Experimenten im englischen Sprachraum: Kuhn, 2013). Die empirische Untersuchung der Wirkung des Einsatzes alltäglicher technischer Geräte als Experimentiermittel fällt dahinter allerdings noch weit zurück: Bis auf eine Pilotstudie zum Smartphone-Einsatz im Bereich der Akustik (Kuhn & Vogt, 2013b) hat dieses Thema bisher in der fachdidaktischen Forschung keine Beachtung gefunden. Im diesem Beitrag wird eine Pilotstudie vorgestellt, die den Einsatz von Smartphones und WiiMotes im Bereich der Mechanik in Sekundarstufe II hinsichtlich des Lerneffekts und der Motivation untersucht.

#### **Pilotstudie: Studiendesign und Material**

Die Pilotstudie wurde mit Schülerinnen und Schülern von vier verschiedenen Gymnasien aus Rheinland-Pfalz in einem Experimental-Kontrollgruppen-Design als Längsschnittuntersuchung (Messwiederholung Prä-Post-Follow up) durchgeführt ( $N_{ges} = 122$ ,  $N_{EG1} = 63$ ,  $N_{EG2} = 42$ ,  $N_{KG} = 17$ , 55,7% weiblich, 44,3 % männlich).

Die Studie fand im Schülerlabor der TU Kaiserslautern (iPhysicsLab) jeweils an einem Versuchstag statt. Im Vorfeld wurde an den Schulen eine Kovariatentestung durchgeführt. Am Versuchstag wurden zunächst Prätests zur Motivation (in Anlehnung an Kuhn, 2010) und zum Vorwissen (Mechanik-Testaufgaben für voruniversitäre Physik aus der TIMSS-Studie (Baumert et al., 1999) als Two-Tier-Test mit der Angabe der Sicherheit bei der Aufgabenbeantwortung) erhoben. Anschließend fand die Intervention über zweieinhalb Stunden (exklusive 45 Minuten Mittagspause) statt. Die Schülerinnen und Schüler bearbeiteten hierbei einen experimentellen Selbstlern-Stationenzirkel. In Zweier- oder Dreiergruppen wurden die Versuche „Der freie Fall“, „Radialbeschleunigung“, „Impulserhaltung“ und „Fadenpendel“ durchgeführt (Aufbauten nach Vogt, Kuhn & Wild, 2012). Die experimentellen Aufbauten waren hierbei bei den beiden Experimentalgruppen gleich, der einzige Unterschied bestand im verwendeten Alltagsgerät: Experimentalgruppe 1 experimentierte mit dem iPod touch, Experimentalgruppe 2 mit der WiiMote. Bei der Kontrollgruppe wurden inhaltsgleiche Experimente mit traditionellen Mitteln durchgeführt. Die Arbeitsblätter zum Stationenzirkel waren alle parallel aufgebaut (siehe Abb. 1). Unterschiede im Instruktionsmaterial waren allerdings durch die Verwendung unterschiedlicher Experimentiermittel und damit Messmethoden unvermeidlich: Die Schüler der Experimentalgruppen betrachteten bei allen Versuchen Beschleunigungsdiagramme, aus denen sie die Messwertpaare ablesen mussten. Bei Bedarf wurden diese Messwerte in eine Excel-Tabelle übertragen, um Grafiken zu erhalten. Die beiden Experimentalgruppen unterschieden sich hierbei nur in den Angaben zur Verwendung der App bzw. der Software. Die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe nahmen einzelne Messwertpaare von

Zeiten, Strecken oder Kräften in einer Wertetabelle auf und erstellen daraus Grafiken, indem sie sie in vorgegebene Diagramme einzeichneten. Auf den Einsatz von computergestützten Mess- oder Auswertverfahren wurde dabei verzichtet, um die größtmögliche Nähe zum gewöhnlichen Schulunterricht zu erreichen. Trotz der Unterschiede in der Durchführung und Auswertung der Versuche, die sich durch die verschiedenen Experimentiermittel ergeben, wurde darauf geachtet, dass für jeden einzelnen Versuch bei allen drei Gruppen etwa die gleiche Bearbeitungszeit nötig ist.

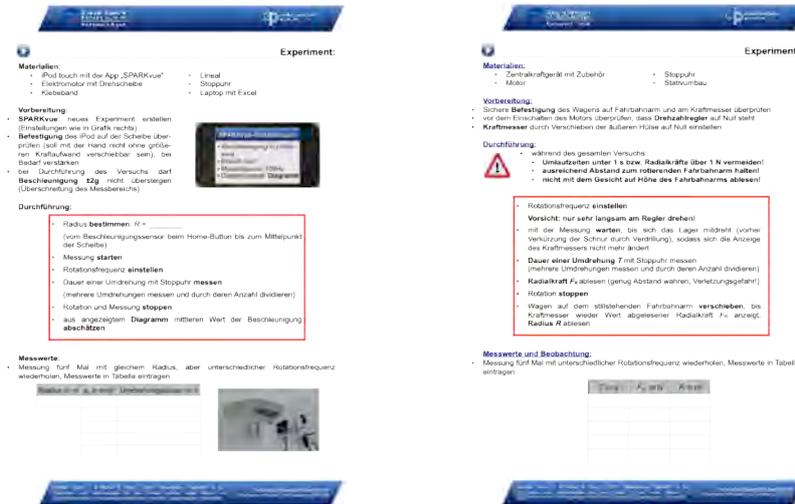


Abb.1: Beispiel für Instruktionsmaterialien (Durchführung), links EG (iPod), rechts KG)

## Ergebnisse

Die Daten wurden mittels einer Kovarianzanalyse mit Messwiederholung ausgewertet. Die abhängigen Variablen waren hierbei Lernleistung und Motivation, die Treatmentgruppen-Zugehörigkeit (iPod-, WiiMote-, oder Kontrollgruppe) wurde als unabhängige Variable verwendet. Als Kovariaten wurden die Vornoten in Physik, Mathematik und Deutsch, die Testergebnisse zur Repräsentationskompetenz (Klein et al., 2014), zur nonverbalen Fähigkeit (KFT-N, Heller & Perleth 2000) und zur Lesekompetenz (Lang, 2004) und die Bewertung der Schwierigkeit und anderer Eigenschaften (z. B. Interessantheit, Alltagsbezogenheit) der Experimente und Arbeitsblätter in einem gesonderten Fragebogen. Bei der Untersuchung der Leistung gingen zusätzlich die Prä- und Posttestscores der drei Subskalen der Motivation, bei der Untersuchung der Motivation die Prä- und Posttestscores der Leistung als Kovariaten ein. Es wurde außerdem auf den Einfluss der Motivation durch den Betreuer und den Lernort korrigiert. Der zeitliche Verlauf der Leistung war zwischen den drei Treatmentgruppen signifikant verschieden ( $F(2, 71) = 5,60, p < 0,01, \omega^2 = 0,11$ ). Es konnte allerdings keine Leistungssteigerung durch die Verwendung von Smartphones oder WiiMotes festgestellt werden. Hierbei wurde die Kovariate der experimentellen Vorerfahrung (Bewertung des Items „In meinem Physikkurs werden oft Schülerexperimente durchgeführt.“) signifikant ( $F(1, 71) = 3,96, p = 0,05, \omega^2 = 0,04$ ). Außerdem klärte die technische Vorerfahrung (Bewertung des Items „Ich benutze meinen Computer für schulische Zwecke.“) Teile der Varianz auf ( $F(1, 71) = 8,20, p < 0,01, \omega^2 = 0,09$ ).

Die Motivation fiel in allen Gruppen (auch in allen Subskalen) ab, der zeitliche Verlauf der drei Treatmentgruppen war hierbei aber in keinem Fall signifikant verschieden. Die Kovariate der Eigenschaften der Experimente und Arbeitsblätter hatte einen großen Effekt ( $F(1, 80) = 24,73, p < 0,01, \omega^2 = 0,22$ ).

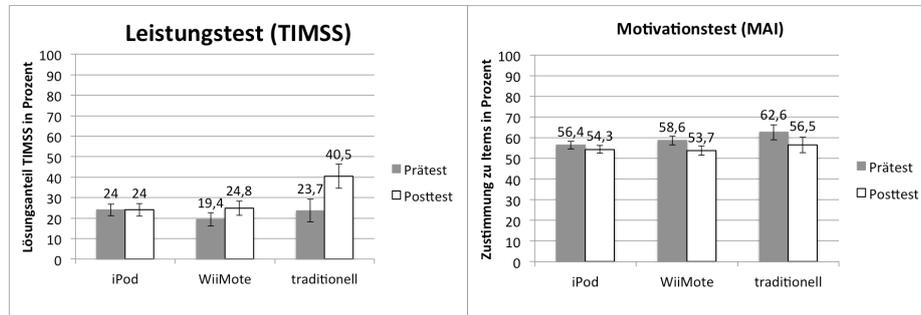


Abb. 2: Pilotstudienresultate (adjustierte Mittelwerte mit Standardabweichung des Mittelwerts)

### Literatur

- Baumert, J., Bos, W., Klieme, E., Lehmann, R., Lehrke, M., Hosenfeld, I., Neubrand, J., & Watermann, R. (1999). Testaufgaben zu TIMSS/III: Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung und voruniversitäre Mathematik und Physik der Abschlußklassen der Sekundarstufe II (Population 3). Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin, 105-112.
- Erickson, M., Ochoa, R., & Ochoa, C. (2013). The WiiMote on the Playground. *Phys. Teach.*, 51, 272-275.
- Heller, K.A., & Perleth, C. (2000). KFT 4-12+R - Kognitiver Fähigkeits-Test für 4. bis 12. Klassen, Revision. Göttingen: Beltz.
- Kawam, A., & Kouh, M. (2011). Wiimote Experiments: 3-D Inclined Plane Problem for Reinforcing the Vector Concept. *The Physics Teacher*, 49, 508-509.
- Klein, P., Gröber, S., Kuhn, J., & Müller, A. (2014). Experimentelle Aufgaben in den Übungen zur Experimentalphysik 1. In diesem Band.
- Kouh, M., Holz, D., Kawam A., & Lamont, M. (2013). WiiMote Experiments: Circular Motion. *The Physics Teacher*, 51, 146-148.
- Krichenbauer, C., & Hopf, M. (2010). Phymote – kostengünstige Bewegungsmessung mit der Nintendo Wii Remote. *PdN PHYSIK in der Schule* 59(7), 31-33.
- Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Kuhn, J. (2013). Relevant information about using a mobile phone acceleration sensor in physics experiments. *Am. J. Phys.*, 81, (paper accepted) .
- Kuhn, J., & Vogt, P. (2013). Smartphone & Co. in Physics Education: Effects of Learning with New Media Experimental Tools in Acoustics. In A. Kauertz, H. Ludwig, A. Müller, J. Pretsch & W. Schnotz (Eds.), *Multiple Perspectives on Teaching and Learning* (accepted).
- Kuhn, J., Vogt, P. & Gareis, S. (2011). Beschleunigungssensoren von Smartphones – Beispieleexperimente zum Einsatz im Physikunterricht. *PdN PHYSIK in der Schule* 60 (7), 15-23
- Kuhn, J., Vogt, P., & Wild, M. (2012). Experimente mit Smartphones – grundlegende Mechanik. *RAAbits Physik*, 28(8), 1-30.
- Lang, D., Mengelkamp, C., & Jäger, R. S. (2004). Entwicklung von Testverfahren zur Berufsberatung von Schülern. *Empirische Pädagogik*, 18 (3), 281ff.
- Lück, S., & Wilhelm, T. (2011). Beschleunigungspfeile mit dem iPhone. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 60(7), 27-29.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.). *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 31-48.
- Ochoa, R., Rooney, F.G., & Somers, W.J. (2011). Using the Wiimote in Introductory Physics Experiments. *The Physics Teacher*, 49, 16-18.
- Posner, G.J, Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Vannoni, M., & Straulino, S. (2007). Low-cost accelerometers for physics experiments. *European Journal of Physics*, 28, 781-787.
- Wheeler, M.D. (2011). Physics experiments with Nintendo Wii controllers. *Physics Education*, 46(1), 57-63.

Michael Hirth<sup>1</sup>  
 Jochen Kuhn<sup>1</sup>  
 Andreas Müller<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TU Kaiserslautern  
<sup>2</sup>Universität Genf

### iAcoustics: Smartphones als Experimentiermittel im Themenbereich Akustik

Smartphones als intuitiv handhabbare und leistungsstarke Experimentiermittel ermöglichen seit jüngster Zeit das hohe Potential der Akustik weiter auszuschöpfen (Kuhn & Vogt, 2013; Klein, Hirth et al., 2013). So kann mit Hilfe des internen Mikrofons und des Lautsprechers Schall im Bereich 20 Hz bis 20 kHz ausgesandt, detektiert und durch geeignete Applikationen in Echtzeit dargestellt und analysiert werden. Experimente, die auf der Basis computerbasierter Messwerterfassung durchführbar sind (Nordmeier, 2005) und Einzug in die unterrichtliche Praxis genommen haben, können demnach ebenso und mit geringerem Materialaufwand mit mobilen Endgeräten durchgeführt werden. Die Möglichkeiten sind in Abb. 1 am Beispiel des zeitlichen Verlaufes des Schalldrucks einer Schwebung und in Abb. 2 anhand der Obertonanalyse in einem FFT angedeutet.



Abb. 1: Links: Überlagerung von zwei Tönen mit annähernd gleichen Frequenzen. Erzeugung der Töne durch eine Tongenerator-App. Rechts: Oszillogramm der entstehenden Schwebung. Die Schwebefrequenz ergibt sich als Differenz der Ausgangsfrequenzen und kann im Experiment bestätigt werden.

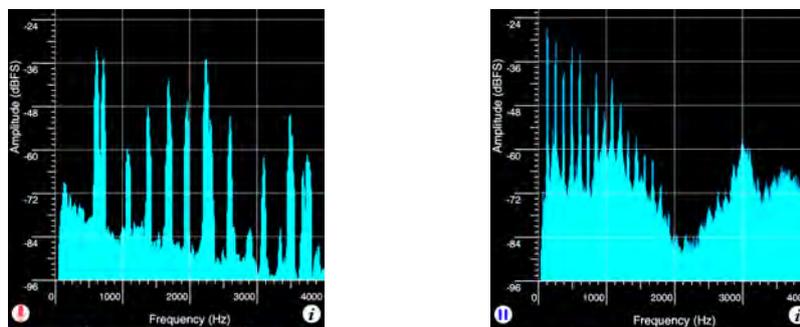


Abb. 2: Links: Nichtharmonisches Obertonspektrum eines angeschlagenen Kochtopfes; Rechts: harmonisches Spektrum der Stimme beim Singen des Vokals a.

### **Forschungsfragen und Hypothesen**

Auch diese Arbeit beschäftigt sich mit der übergeordneten Fragestellung, ob der schüleraktive Einsatz von Smartphones als Experimentiermittel zu einer größeren Motivation und zu größeren Lerneffekten führt als der Einsatz traditioneller Experimentiermittel. Um im Zusammenhang einer Interventionsstudie die Chancen, die das Smartphone als Experimentiermittel speziell in der Akustik bietet, zu nutzen und um die Intervention in der Experimental- und Kontrollgruppe so parallel und fair wie möglich zu gestalten, wird der Einsatz des Smartphones mit dem Einsatz des Computers verglichen.

Neben dem in Kuhn und Müller (2014) skizzierten theoretischen Rahmen des Forschungsprojekts muss dann dem einzigartigen Charakteristikum der mobilen Technologie, zu dem Smartphones und Tablets zu zählen sind, besondere Beachtung gewidmet werden: Mobiles Lernen kann jederzeit und an jedem Ort stattfinden. Zwar steht die Computer-Software zur Aufnahme und Auswertung von Schallereignissen solchen, die man für mobile Endgeräte finden kann, technisch in nichts nach. Mobile Endgeräte zeichnen sich aber dadurch aus, dass sie spontan, persönlich, informell, kontextuell, universell und allgegenwärtig eingesetzt werden können (Avraamidou, 2008), was sie gegenüber Desktopcomputern und Laptops auszeichnet. Ich leite für meine Studie die folgenden Forschungsfragen und Forschungshypothesen ab:

- MH1 Smartphones als Experimentiermittel in der Akustik werden von Schülern als authentischer wahrgenommen als Computer.
- MH2 Smartphones als Experimentiermittel in der Akustik haben positivere Effekte auf die Motivation (Selbstkonzept, Realitätsbezug, Engagement/ Interesse) als Computer.
- MH3 Smartphones als Experimentiermittel in der Akustik motivieren die SuS stärker sich mit physikalischen Sachverhalten auch außerhalb formaler Bildungseinrichtungen zu beschäftigen als Computern.
- MH4 Smartphones als Experimentiermittel in der Akustik erzielen nachhaltigere positive Motivationseffekte als Computer.
- LH1 Smartphones als Experimentiermittel in der Akustik fördern den Lernzuwachs stärker als Computer.
- LH2 Smartphones als Experimentiermittel in der Akustik erzielen nachhaltigere Effekte auf Leistung als Computer.
- FF1 Welchen Einfluss hat der Einsatz von Smartphones in der Akustik auf den „Extraneous Load“ im Vergleich zum Einsatz von Computern und zugehöriger Software?

### **Studiendesign und lernbegleitende Materialien**

Die Forschungshypothesen sollen mithilfe eines einfaktoriellen Experimentalgruppen-Kontrollgruppen-Designs mit Messwiederholung untersucht werden (Tab. 1).

Die Intervention sieht einen Lernzirkel von vier Experimenten vor (Schallarten, Obertonanalyse, Untersuchung des eigenen Pfeifens, akustische Schwebung), der sich zu Beginn einer Unterrichtsreihe zum Thema Akustik in der Sekundarstufe 2 verorten lässt. Damit bei der schüleraktiven Bearbeitung des Lernzirkels die Lernzeit effektiv zum Experimentieren genutzt werden kann, erhalten die Schülerinnen und Schüler eine Woche vor der Intervention Arbeitsblätter zu jeder Station, die das Experiment motivieren und notwendige theoretische Grundlagen zur Verfügung stellen sollen. Um den Cognitive Load der Computer-Software und der Smartphone Apps zu reduzieren, stehen den Lernenden vor und auch während der Intervention diesbezüglich Videotutorials bereit. Für die Konzeption des Lernzirkels sind mindestens drei Leitgedanken federführend. Zum einen werden zu Beginn jeder Station Fragen aufgeworfen, die einen Lebensweltbezug des zu untersuchenden Phänomens herstellen und die im Verlaufe des Experiments beantwortet werden. Zweitens soll sich der Stationenzirkel nahtlos in bestehenden Unterricht einbetten lassen und dabei

inhaltlich, aber auch fachmethodisch im Rahmen der Erkenntnisgewinnung anschlussfähig sein. So können Inhalte der Stationen etwa durch das Angebot von Anregungen zum (informellen) Weiterlernen vertieft werden, während erworbene Fertigkeiten im Umgang mit Oszillogrammen und Frequenzspektren auch in anderen Kontexten anwendbar sind. Drittens sollten die soft- und hardwaretechnischen Fähigkeiten des Smartphones und des Computers bei der Erfassung und Echtzeitdarstellung von Schallereignissen genutzt werden, sodass ein inhaltlich, methodisch und didaktisch innovatives Lernarrangement per se erprobt werden kann. Bei der Planung der Stationen wurde darauf geachtet, dass die vermittelten Inhalte und geforderten Tätigkeiten der beiden Vergleichsgruppen in hohem Maße identisch sind. Der einzige Unterschied besteht in der Variation der verwendeten Experimentiermittel.

Tab. 1: Studiendesign

Zeitpunkte (Dauer)	Experimental-Gruppe	Kontroll-Gruppe
einige Wochen vor Treatment (90 Min)	<b>Prä-Test 1 (Kovariaten):</b> Nonverbale Kognitive Fähigkeiten, Leseverständnis	
eine Woche vor Prä – Test 2	<b>Vorbetrachtungen</b> als Hausaufgabe <b>Videotutorials</b>	
eine Schulstunde vor Intervention (45 min)	<b>Prä-Test 2:</b> Motivation, Leistung, Einstellung zu Medien	
zwei Doppelstunden (180 min)	<b>Intervention:</b> Lernzirkel mit Smartphones	<b>Intervention:</b> Lernzirkel mit Computer
direkt nach der Intervention (45 min)	<b>Post-Test:</b> Motivation, Lernzuwachs, Medien, Cogn. load	
einige Wochen	<i>Konventioneller Physikunterricht in der Schule</i>	
einige Wochen nach der Intervention	<b>Follow up-Test:</b> Motivation, Lernzuwachs	

Zur Messung der Motivation wird ein Fragebogen, der an ein gut validiertes Testinstrument (Kuhn, 2010) angelehnt ist, verwendet, während bei der Messung der Leistung ein selbst erstellter Test zum Einsatz kommt. Es ist auch ein Ziel der Pilotstudie, diesen Test zu validieren.

#### Literatur

- Avraamidou, L. (2008). Prospects of the use of mobile technologies in science education, *AACE Journal*, 16(3), 347-365.
- Klein, P., Hirth, M., Gröber, J., Kuhn, J., & Müller, A. (2013). From Microphones to Ambient Light Sensors: Using Smartphones and Tablet Computers as Experimental Tools in Physics Education. *European Journal of Physics*, 48, (submitted).
- Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktionen- und Lehr-Lern-Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Kuhn, J., & Müller, A. (2014). Smartphones, Tablets & Co.: Theorie, Konzeptionen und Untersuchungsergebnisse, in diesem Band.
- Kuhn, J., & Vogt, P. (2013). Analyzing acoustic phenomena with a smartphone microphone *The Physics Teacher*, 51, 118-119
- Nordmeier, V. & Voßkühler, A. (2005). „Da sieht man plötzlich, was man hört!“ – zur Visualisierung und Analyse von Musik aus physikalischer Perspektive, *Praxis der Naturwissenschaften - Physik*, 6/54 (2005), S. 9-17

Pascal Klein<sup>1</sup>  
 Sebastian Gröber<sup>1</sup>  
 Jochen Kuhn<sup>1</sup>  
 Andreas Müller<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TU Kaiserslautern  
<sup>2</sup>Universität Genf

## Experimentelle Aufgaben in den Übungen zur Experimentalphysik 1

Physik-Studenten (Diplom, Ba/Ma, Lehramt und Nebenfach) nehmen im ersten Semester neben der Experimentalphysik 1 – Vorlesung (Mechanik und Wärme) an der parallel stattfindenden Übung teil. Ziel der Übung ist es, eine Anwendung und Vertiefung der Vorlesungs- und weiterführender Inhalte und darüber hinaus zu gewährleisten. Dafür bearbeiten die Studenten im Selbststudium („Hausübung“) wöchentliche Aufgaben, deren korrekte Lösung Voraussetzung zur Klausurzulassung ist (> 50%). Im Rahmen des Projektes „physics.move“ der TU Kaiserslautern werden diese traditionellen Übungsaufgaben um experimentelle Anteile ergänzt. Dadurch erhalten die Studenten einerseits eine Vorbereitung auf das anschließende Laborpraktikum und sollen andererseits durch das neue Aufgabenformat motivierter und leistungsfähiger sein.

In einem ersten Schritt erhalten die Studenten eine zur traditionellen Aufgabenstellung passende Videoaufzeichnung eines Realexperiments, welches sie mit Hilfe geeigneter Software analysieren und auswerten. In einem zweiten Schritt führen die Studenten ein zur traditionellen Aufgabenstellung passendes Freihandexperiment mit Alltagsmaterialien durch, videographieren es mit einem Tablet PC und werten es anschließend an diesem mobilen Gerät aus. In diesem Beitrag wird das Instruktionsmaterial beispielhaft vorgestellt und charakterisiert, Hypothesen und Forschungsfragen dieses Lehr-Lernansatzes präsentiert sowie erste Ergebnisse einer Pilotstudie im Sommersemester 2013 dargestellt.

### Instruktionsmaterial

Als exemplarische Übungsaufgabe dient die Untersuchung des freien Falls einer Styroporkugel unter dem Einfluss der Luftreibung. In der traditionellen (T) Aufgabenstellung wird der Student aufgefordert, zunächst die Bewegungsgleichung in einer Dimension aufzustellen, wobei der zu wählende Reibungsansatz ( $\sim v$  oder  $\sim v^2$ ) an Hand gegebener Informationen (erreichte Endgeschwindigkeit) zu spezifizieren ist. Nach Lösung der Differentialgleichung werden weitere Berechnungen zur Trajektorie und zum Widerstandsbeiwert der Kugel gefordert sowie Näherungen diskutiert (beispielsweise verhält sich die Styroporkugel für kleine Zeiten wie im freien Fall).

#### *Videoanalyse – Aufgabe (VA-Aufgabe)*

Der Student erhält eine Videoaufnahme der (realen) Flugbewegung einer Styroporkugel (Abb. 1a) und einen Instruktionstext, der weitestgehend mit der (T)-Aufgabe übereinstimmt. Die geforderten theoretischen Herleitungen sind identisch. Zudem werden mit Hilfe einer Videoanalyse-Software die Trajektorie und das  $v$ - $t$ -Diagramm der Kugel ermittelt (Abb. 1b) – die Endgeschwindigkeit kann ebenso aus den Video-Daten bestimmt werden. Die theoretischen Ergebnisse werden mit den Messdaten (beispielsweise Abschätzung des Widerstandsbeiwerts, Gültigkeit der Näherung) verglichen.

#### *Mobile Videoanalyse-Aufgabe (mVA-Aufgabe)*

Die (mVA)-Aufgabe ist identisch zur (VA)-Aufgabe, erfordert jedoch die experimentelle Durchführung des Fallversuchs mit einem selbstgebastelten Fallkegel (aus Papier; ersetzt Kugel, da schneller Endgeschwindigkeit erreicht wird) samt Videographie mit dem Tablet-PC (Abb. 1c).

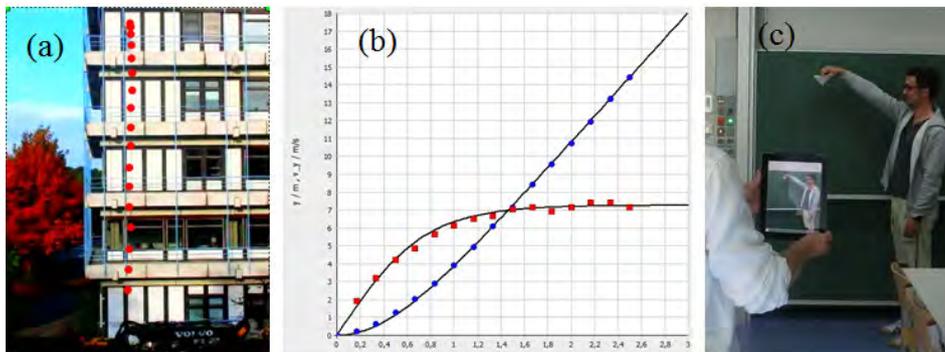


Abb.1: (a) Screenshot des vorgegebenen Videos mit Punktspur der Bewegung. (b) Messdaten der Geschwindigkeit (rot) und der Fallstrecke (blau) über der Zeit mit Theoriekurven (schwarz). (c) Durchführung und Videoaufnahme gemäß mVA-Aufgabe.

### Aufgabencharakterisierung und lernpsychologische Aspekte

Bisherige traditionelle Aufgaben sind größtenteils angewandte Rechenaufgaben, die zunächst physikalische Ansätze und dann mathematische Fertigkeiten nutzen um zu einer isolierten, nicht durch experimentelle Befunde verifizierbaren Lösung zu gelangen. Diese haben im Curriculum sicherlich ihre Berechtigung, aber können beim Studenten ein falsches Bild von physikalischen Problemstellungen erzeugen. (VA)- und (mVA)-Aufgaben hingegen akzentuieren das Wechselspiel zwischen Theorie und Experiment, um den dualen Problemlösungsprozess abzubilden und eine (Selbst)-Kontrollmöglichkeit der Ergebnisse zu schaffen. Im Rahmen des SDDS Modells von Klahr (2000) vermuten wir durch (VA)-Aufgaben eine Steigerung der experimentellen Kompetenz speziell im Bereich der Auswertung, wohingegen (mVA)-Aufgaben alle Facetten des Experimentierens abdecken. Welche Aspekte jeweils akzentuiert werden, wird durch die Aufgabenstellung gesteuert. Ferner wird der Lernende durch multiple Repräsentationen in der Auswertesoftware unterstützt, d.h. ihm stehen verschiedene Repräsentationsformen (Bild, Tabelle, Graph, Formel, Vektoren) eines Vorgangs simultan und zeitlich synchron zur Verfügung.

### Forschungsfragen und Hypothesen

Oben genannte, theoretisch begründete Annahmen werden zu folgenden Hypothesen und Forschungsfragen zusammengefasst:

H1: Das Arbeiten mit (T) und (VA)- bzw. (mVA)-Aufgaben führt zu einer höheren Repräsentationskompetenz als das Arbeiten ausschließlich mit (T)-Aufgaben.

H2: Das Arbeiten mit (T) und (VA)- bzw. (mVA)-Aufgaben führt zu einer größeren Motivation, d.h. zu höherem Selbstkonzept (SK), größerem Interesse / Engagement (IE) und zu einem höheren Realitätsbezug/Authentizität (RA) des Lerninhaltes als das Arbeiten ausschließlich mit (T)-Aufgaben.

FF1: Wie muss das Verhältnis von (T)- zu (VA)- zu (mVA)- Aufgaben sein, um optimale Leistung/Motivation zu erzielen? (Dosis-Wirkung-Beziehung)

FF2: Wie groß ist die kognitive Belastung der jeweiligen Aufgabentypen?

FF3: Welche Komponenten experimenteller Kompetenz können durch die (VA)- bzw. (mVA)-Aufgaben zu welchem Grad gefördert werden? (*hier nicht untersucht*)

### Studiendesign und Testinstrumente

Diese Hypothesen und Forschungsfragen werden durch eine empirische Studie im KG/EG-Rotationsdesign untersucht. Die Kontrollgruppe arbeitet mit rein traditionellen Aufgaben (3 Aufgaben / Woche), während die Experimentalgruppe eine (T)-Aufgabe und zwei

(VA)/(mVA)-Aufgaben bearbeitet. Um den Zeitaufwand in beiden Gruppen konstant zu halten, werden die (T)-Aufgaben um weiterführende Rechenaufgaben ergänzt. Die Intervention dauert vier Wochen während des regulären Vorlesungsbetriebes (VL-Woche 3-6); danach tauschen die Gruppen für weitere vier Wochen ihre Rollen (VL-Woche 7-10). Die Testung (Motivation, Repräsentationskompetenz und kognitive Belastung) findet unmittelbar vor der Instruktion (Prä), zum Zeitpunkt des Gruppenwechsels (Post1) und zum Ende der Intervention (Post2) in den Übungen statt.

Die Subskalen RA, IE und SK der Motivation werden mit einem Fragebogen (adaptiert aus Kuhn, 2010) erhoben, ebenso die kognitive Belastung. Der MC-Test zur Repräsentationskompetenz wurde selbst entwickelt und befindet sich noch in der Validierungsphase, zeigt jedoch eine zufriedenstellende Reliabilität von  $\alpha=0,86$  im Prä-Test ( $N=25$ ). Als Kovariaten werden die Vorleistung in Physik und Mathematik sowie die Zeugnisnote zu Beginn des Semesters anonym erfragt (freiwillige Angabe).

### Ergebnisse

An dieser Stelle wird nur das Ergebnis zwischen Prä- und Post1-Test berichtet. Im SoSe2013 nahmen 16 Studenten (81% männlich) an der Intervention teil, davon befanden sich 9 in der Experimentalgruppe (78% männlich). Die Daten wurden mittels einer ANOVA<sup>1</sup> mit Messwiederholung analysiert.

*Leistung:* Es zeigte sich ein signifikanter Zuwachs repräsentationaler Kompetenz der Gesamtgruppe ( $F=10,86^{**}$ ,  $p<0,01$ ;  $\omega^2=0,38$ ), aber keine gruppenspezifischen Unterschiede.

*Motivation:* Die Mittelwerte der drei Teilaspekte (SK, IE; RA) der Motivation fielen über die Gesamtgruppe hinweg ab; jedoch ist nur der Abfall von SK signifikant ( $F=4,39^*$ ,  $p<0,05$ ;  $\omega^2=0,17$ ). Die Experimentalgruppe besaß nach der Intervention ein signifikant höheres SK als die Kontrollgruppe ( $F=5,98^*$ ,  $p<0,05$ ;  $\omega^2=0,23$ ). Die Experimentalgruppe tendierte nach der Intervention zu höheren Werten bei RA als die Kontrollgruppe ( $p = 0,10$ ). Weitere signifikante Einflüsse wurden nicht festgestellt.

### Danksagung

Wir danken dem Fachbereich Physik der TU Kaiserslautern, der für die Implementierung neuer didaktischer Konzepte in bestehende Strukturen und deren Evaluation offen ist und das Projekt somit erst ermöglichte (insbesondere Prof. Dr. H. Fouckhardt, Prof. Dr. G. v. Freymann, Prof. Dr. E. Oesterschulze, Prof. Dr. A. Widera, Prof. Dr. V. Schuenemann, Dr. S. Lach, Dr. K. Krauß und A. Fleischhauer).

### Literatur

- Klahr, D. (2000). Exploring Science: The cognition and development of discovery processes. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.

<sup>1</sup> Da die erhobenen Kovariaten die Voraussetzungen für eine ANCOVA nicht erfüllten und zudem die Stichprobe wegen fehlender Werte weiter verkleinert würde, wurden sie nicht berücksichtigt.

Jochen Scheid<sup>1</sup>  
 Andreas Müller<sup>2</sup>  
 Wolfgang Schnotz<sup>1</sup>  
 Jochen Kuhn<sup>3</sup>  
 Wieland Müller<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Koblenz-Landau  
<sup>2</sup>Universität Genf  
<sup>3</sup>TU Kaiserslautern

## **Entwicklung repräsentationaler Kohärenz von Physiklernenden**

### **Theoretischer Hintergrund: Experimente, Repräsentationen und kognitive Aktivierung**

Ergebnisse internationaler, naturwissenschaftlicher Forschung betonen die Rolle multipler Repräsentationen und deren Interaktionen für ein angemessenes Verständnis naturwissenschaftlicher Experimente, Phänomene und Konzepte (Gilbert & Treagust, 2009). Die Kompetenz, adäquat mit verschiedenen und häufig mehreren Repräsentationen gleichzeitig zu arbeiten und sie als Lösungswerkzeuge nutzen zu können, wird als wesentlich für das Physiklernen angesehen und als Repräsentationskompetenz bezeichnet (Dolin, 2007). Eine bedeutende Teilkompetenz von ihr ist der Grad an repräsentationaler Kohärenz, welche Lernende bei der Übersetzung zwischen verschiedenen Repräsentationsarten erreichen können. Eine Reihe von Arbeiten zeigt einerseits, dass die Repräsentationskompetenz von Studenten und Schülern gering ist (z.B. Saniter, 2003; Nieminen, Savinainen & Virii, 2010) und andererseits, dass das Lernen durch und über Experimente häufig hinter den didaktischen Erwartungen zurückbleibt (z. B. Novak, 1990). Es wird davon ausgegangen, dass durch angemessene kognitive Aktivierung insbesondere zur Förderung der repräsentationalen Kohärenz das Lernen durch und über Experimente verbessert werden kann (Kearney et al., 2001; Crouch et al., 2004).

### **Ziel der Arbeit: Entwicklung und Untersuchung der Wirksamkeit von kognitiv aktivierenden Repräsentations-Analyse-Aufgaben**

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung der Wirksamkeit einer Förderung von repräsentationaler Kohärenz durch auf Experimente bezogene, kognitiv aktivierende Aufgaben im Themengebiet Strahlenoptik (Bildentstehung an Sammellinsen). Diese Aufgaben werden „Repräsentations-Analyse-Aufgaben“ genannt und sind theoriebasiert, insbesondere unter Berücksichtigung von kognitionspsychologischen Theorien (Schnotz, 2005; Mayer, 2005; Schnotz & Kürschner, 2007) entwickelt worden. Die Aufgaben beabsichtigen, den Lerner anzuregen, Repräsentationen themenspezifisch zu analysieren und zu elaborieren. Dadurch sollen entsprechende, kohärente mentale Modelle und langfristige Expertise ausgebildet werden. Diese führen zum allmählichen Aufbau von Analyse-Routinen bezüglich Repräsentationen, welche über das oft anzutreffende Oberflächenniveau hinausgehen. Dadurch soll die repräsentationale Kohärenzfähigkeit der Schülerinnen und Schüler (RKF) ansteigen.

Die Elaborationsstrategien der Repräsentations-Analyse-Aufgaben (RATs) umfassen folgende Aspekte/kognitive Tätigkeiten:

- Schüler ergänzen vorhandene Repräsentationen,
- Schüler bilden selbst eigene Repräsentationen,
- Schüler verbinden mehrere Repräsentationen miteinander (gegebene oder eigene) bzw. drücken Sachverhalte in verschiedenen Repräsentationsarten aus (was Vergleichen, in-Beziehung-setzen und Anpassen von Repräsentationen beinhaltet),
- Schüler finden Fehler in Repräsentationen, beschreiben und korrigieren diese und erklären ihre Korrektur.

Folgende zur Untersuchung benötigte Erhebungsinstrumente mussten ebenfalls entwickelt werden: ein Testinstrument für die RKF der Schülerinnen und Schüler (15 Items, offenes Antwortformat) und ein auf Schülervorstellungen bezogener Optik-Konzepttest (21 Items, Multiple-Choice; letzterer überwiegend von Rosa Hettmannsperger; Details: s. Hettmannsperger, in Vorb.). Bezüglich des RKF-Tests ist zu bemerken, dass Repräsentationen in dieser Studie immer mit einem physikalischen Inhalt verknüpft sind und sich daher eine Verbindung zwischen Leistungsfähigkeit in Physik und RKF ergibt, der Fokus des Tests liegt jedoch auf RKF.

### Methode und Aufbau der Studie

Es handelt sich um eine quasiexperimentelle Interventionsstudie, welche an rheinland-pfälzischen Gymnasien durchgeführt wurde. Kontrollgruppen und Treatmentgruppen wurden jeweils von dem gleichen Lehrer unterrichtet (weitere Kontrollmaßnahmen wurden beachtet; Details: s. Scheid, 2013). Die Daten wurden deskriptivanalytisch und mittels eines speziell angepassten Mehrebenenmodells für Veränderungsmessung analysiert (Modell siehe Göllner et al., 2010). Das Berichten der Ergebnisse des Mehrebenenmodells würde diesen Rahmen sprengen, einem Bericht der deskriptiven Ergebnisse wird daher Vorzug gegeben. Der RKF-Test wurde auf interne Konsistenz und curriculare Validität geprüft.

Ausgewählte Forschungsfragen:

- Sind die eingesetzten RKF- und Konzeptverständnistests reliabel? Ist der eingesetzte RKF-Test curricular valide?
- Welchen Einfluss haben RATs auf die Entwicklung von RKF (bzw. auf das Konzeptverständnis), verglichen mit traditionellen Aufgaben (direkt nach der Intervention und in mittelfristigem zeitlichem Abstand)?

### Ausgewählte Ergebnisse der Studie und Diskussion

Die entwickelten Messinstrumente für Leistung / repräsentationale Kohärenz und Optik-Konzeptverständnis sind reliabel ( $N = 488$ ,  $\alpha_C = 0,8$  bzw.  $\alpha_C = 0,7$ ). Der RKF-Test der Hauptstudie wurde durch ein Experturating als curricular valide eingeschätzt ( $N = 11$ ; die Interrater-Übereinstimmung war zufriedenstellend:  $ICC = 0,64$ ).

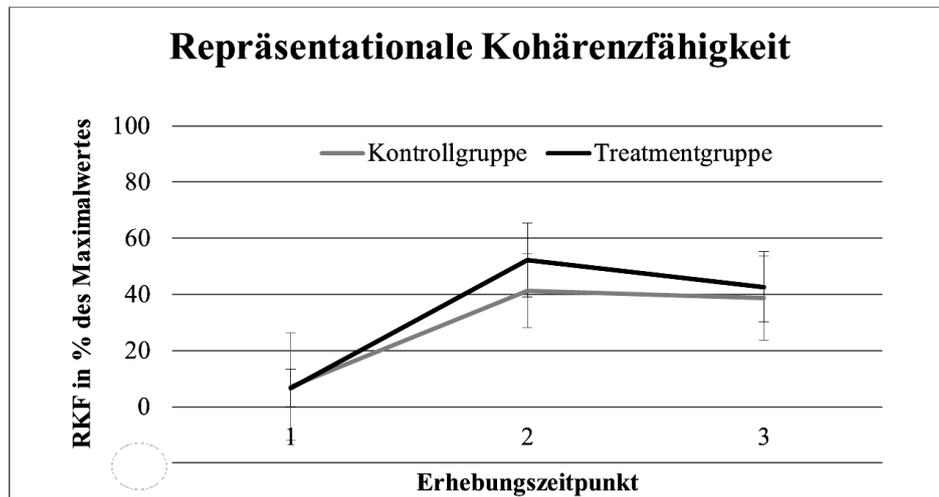


Abb. 1.: Übersicht über die mittlere Leistung / repräsentationale Kohärenz der Lernenden von Treatment- und Kontrollgruppen zu den verschiedenen Messzeitpunkten in Prozent der Maximalwerte (Deskriptivstatistik; 1: Prätest, 2: Posttest; 3: Follow-up-Test).

Kognitive Aktivierung durch RATs mit den oben genannten Elaborationsstrategien führt in dem unterrichteten Teilgebiet („Abbildungen an Sammellinsen“) zwischen Prä- und Posttest zu einer Verbesserung der Entwicklung der RKF ( $N = 302$ , siehe Abb. 1). Auch in mittelfristigem zeitlichem Abstand (6 Wochen) nach der Intervention ist eine bessere Entwicklung der RKF durch die RATs zu erkennen (siehe Abb. 1, Vergleich zwischen Prä- und Follow-up-Test). Mit einer verbesserten Entwicklung der RKF der Lernenden geht ein vertieftes Verständnis von physikalischen Experimenten und Phänomenen dieser Domäne einher.

Eine Verbesserung des Konzeptverständnisses in einem breiteren Bereich der Optik (neben Schülervorstellungen der Bildentstehung auch Schatten, Streuung, Spiegelbild) kann jedoch nicht beobachtet werden. Diese Themen wurden durch die Intervention allerdings auch nicht thematisiert und ein Effekt wäre daher im domänennahen Bereich Transferleistungen zuzuschreiben (für Schatten etc. wäre der Transfer sogar sehr weit). RATs führen somit nicht zu einer Erhöhung des auf Überwindung von Schülervorstellungen bezogenen Konzeptverständnisses im breiten Gebiet der Strahlenoptik.

Ein Einsatz von RATs im Unterricht führt jedoch zu einer deutlichen stärkeren Verbesserung der Leistung / repräsentationalen Kohärenzfähigkeit der Schülerinnen und Schüler innerhalb der Domäne Bildentstehung an Sammellinsen als ein Einsatz von traditionellen Aufgaben. Eine Implementierung der RAT-Strategie in die Praxis naturwissenschaftlicher Lehre erscheint daher aussichtsreich.

#### Literatur

- Crouch, C. H., Fagen, A. P., Callan, J. P., & Mazur, E. (2004). Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment? *American Journal of Physics*, 72(6), 835-838.
- Dolin, J. (2007). Science education standards and science assessment in Denmark. In D. Waddington, P. Nentwig & S. Schanze (Eds.), *Making it comparable. Standards in science education* Münster: Waxmann, 71-82, 77.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (Hrsg.), (2009). *Multiple representations in chemical education*. The Netherlands: Springer.
- Göllner, R., Gollwitzer, M., Heider, J., Zaby, A., & Schröder, A. (2010). Auswertung von Längsschnittdaten mit hierarchischen linearen Modellen. *Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie*, 39(3), S. 179-188.
- Hettmannsperger, R. (2013, in Vorbereitung). *Lernen mit multiplen Repräsentationen aus Experimenten zum Verstehen physikalischer Konzepte*. Dissertation, Universität Koblenz-Landau, Campus Landau.
- Kearney, M., Treagust, D. F., Yeo, S., & Zadnik, M. (2001). Student and Teacher Perceptions of the Use of Multimedia Supported Predict-Observe-Explain Tasks to Probe Understanding. *Research in Science Education*, 31, 589-615.
- Mayer, R. E., (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (31-48). New York: Cambridge University Press.
- Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2010). Force Concept Inventory-based multiple-choice test for investigating students' representational consistency. In: *Physical Rev. ST Phys. Educ. Res.*, 6 (2).
- Novak, J. D. (1990). *The Interplay of Theory and Methodology*. In: Hegarty-Hazel, E. (Hrsg.). *The student laboratory and the science curriculum*, London, New York: Routledge.
- Saniter, A. (2003). Spezifika der Verhaltensmuster fortgeschrittener Studierender der Physik. In Niedderer, H., Fischler H. (Hrsg.), *Studien zum Physiklernen* Band 28, Berlin: Logos, 289.
- Scheid, J. (2013). Multiple Repräsentationen, Verständnis physikalischer Experimente und kognitive Aktivierung: Ein Beitrag zur Entwicklung der Aufgabenkultur. In H. Niedderer, H. Fischler, E. Sumfleht (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen* Band, 151, Berlin: Logos Verlag.
- Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (Hrsg.). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 49-70). New York: Cambridge University Press.
- Schnotz, W., & Kürschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 19, 469-508.

### Oberflächeneigenschaften von Einheiten – Ergebnisse einer Studenten- und Schülerbefragung –

Welche Darstellungsformen von Formeln werden von Lernenden bevorzugt? Die in diesem Artikel vorgestellte Untersuchung erweitert die Studien von Strahl und Müller (2009) und Strahl, Grobe und Müller (2010) und knüpft an den Artikel über Einheitsdarstellung (Strahl, Jezek & Müller, 2011) an. Die gefundenen Ergebnisse konnten bestätigt und verfeinert werden.

#### Befragte Personen und Fragebogen

Es wurden 452 Personen für diese Fragebogenstudie befragt. 308 Fragebögen stammen von Studierenden. 144 Fragebögen wurden von Schülern beantwortet. Mit 61% war die Mehrheit der befragten Personen männlich. Der verwendete Fragebogen gliedert sich in fünf Bereiche. Die Fragebögen sind auf [www.strahl.info](http://www.strahl.info) zum Herunterladen bereitgestellt.

#### Ergebnisse - Darstellung

Schüler sowie Studierende sollten sich zwischen 22 verschiedenen Darstellungen von Einheiten aus unterschiedlichen Themengebieten entscheiden. Dabei ging es darum, die bevorzugte Darstellung zu wählen. Die Möglichkeit *nicht entscheidbar / egal* wurde ebenfalls gegeben. Als Beispiel soll Abbildung 1 dienen.

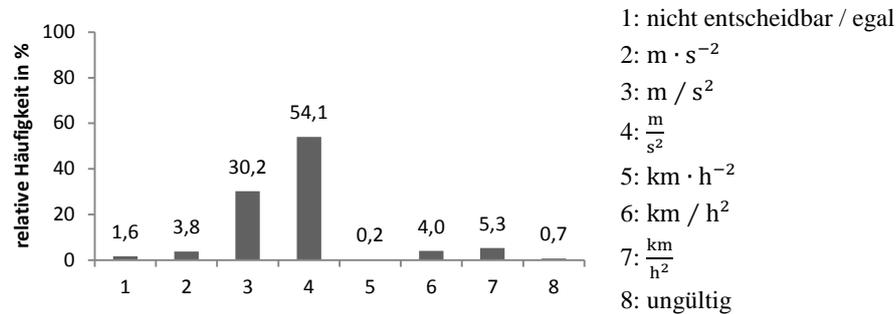


Abb. 1: Beispiel: Bevorzugte Darstellungsweisen für die Einheit die Beschleunigung

Aus der Befragung ergeben sich für die neun abgefragten Größen folgende Darstellungsweisen der Einheiten:

Tab. 1: Übersicht über die bevorzugten Darstellungsweisen von physikalischen Einheiten

Mechanische Arbeit	nicht eindeutig	Elektrische Ladung	C
Kraft	N	Elektrische Feldstärke	$\frac{V}{m}$
Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	Spezifische Wärmekapazität	$\frac{J}{kg \cdot K}$
Beschleunigung	$\frac{m}{s^2}$	Energie	J und „zur Situation passend“
Stromstärke	A		

Aus der Tabelle 1 lässt sich erkennen, dass vor allem SI-Einheiten von den befragten Personen bevorzugt werden. Dass sich die Mehrheit der befragten Personen für die Schreibweise mit einem waagerechten Bruchstrich entschied, konnte im Vorfeld vermutet werden. Es gibt bereits einige Untersuchungen zu Darstellungsweisen von Formeln und deren bevorzugte Oberflächenstruktur (z. B. Strahl & Müller, 2009). In diesen wurde ebenfalls herausgefunden, dass der waagerechte Bruchstrich bevorzugt wird. Dasselbe gilt bei den Produkten von Einheitszeichen. Auch bei Formeln wurde nachgewiesen, dass die Schreibweise mit Multiplikationszeichen favorisiert wird (die auch laut DIN Norm zulässig ist). Das Gleiche kann auch für Einheiten bestätigt werden. Die Tabelle 1 lässt außerdem darauf schließen, dass kurze Einheiten, also Einheiten mit einer geringen Zeichenzahl, bevorzugt werden.

### Ergebnisse - Schreibweisen

Im dritten Teil des Fragebogens ging es um unterschiedliche Darstellungen und Schreibweisen von Einheiten und Formeln. Z. B.: *Wo sollten die Einheiten stehen, wenn in einer Rechnung Zahlenwerte einzusetzen sind?* Es entschieden sich 71,4 % für das Schreiben der Einheiten direkt an den Zahlenwert. 11,3 % wollten die Gleichung ganz ohne Einheiten, also nur nackte Zahlen.

Bei der Beschriftung von Diagrammen gibt es viele Möglichkeiten (z.B.  $I$ ,  $I[A]$ ,  $I, A$ ,  $I(A)$ ,  $I \text{ IN } A$ ,  $I / A$ ). Die Probanden wurden befragt, welche Beschriftung sie bevorzugen.  $I \text{ IN } A$  favorisierten 31,0 % und  $I[A]$  25,3 % – was erstaunlich ist, da die Schreibweise  $I[A]$  nach der DIN-Norm 1313 Abschnitt 4.3 (DIN 2009) nicht zu verwenden ist. Bei einer differenzierten Analyse stellte sich heraus, dass vor allem Studenten diese Schreibweise bevorzugten. Dasselbe Ergebnis zeigte sich bei der ausgeschriebenen Darstellungsweise. Fragt man, ob die Buchstabenversion oder die Wortversion favorisiert wird, also z. B.  $I \text{ IN } A$  oder *STROM IN AMPERE*, ergibt sich, dass über 65 % der Befragten die Buchstabenversion favorisieren. Achsen sollten somit in Buchstaben und *FORMELZEICHEN IN EINHEIT* beschriftet werden. Zulässig ist laut DIN-Norm auch die Variante *FORMELZEICHEN / EINHEIT*. Es wird die  $\text{IN}$  – Version empfohlen, da Lernende oft Probleme mit Formelzeichen und Einheiten haben. Es sollten immer das Formelzeichen und die Einheit angegeben werden, damit beide zusammen abgespeichert werden. Das Wort  $\text{IN}$  kann zusätzlich noch als kognitive Stütze dienen, da es Formelzeichen und Einheit semantisch separiert.

Tab. 2: Vergleich der Auswertungen der Schüler mit denen der Studierenden

	Schülerinnen und Schüler	Studentinnen und Studenten
Mechanische Arbeit	$\frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}^2}$ (33,3 %) J (31,9 %)	$\text{N}\cdot\text{m}$ (41,7 %) J (29,6 %)
Kraft	$\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}$ (41 %) N (40,3 %)	N (70,7 %)
elektrische Ladung	$\text{A}\cdot\text{s}$ (39,6 %) C (38,9 %)	C (56,2 %) $\text{A}\cdot\text{s}$ (24,5 %)
Achsenbeschriftung	$I \text{ in } A$ (44,4 %) $I (A)$ (18,8 %)	$I [A]$ (34,3 %) $I \text{ in } A$ (24,8 %)
Diagrammbezeichnung	Stromstärke (Spannung) (48,6 %) Stromstärke von Spannung (30,6 %) nicht entscheidbar / egal (25,7 %)	Stromstärke über Spannung (41,4 %) Stromstärke (Spannung) (28 %)
Reihenfolge	AVs (23,6 %) VAs (22,9 %) AsV (21,5 %)	VAs (49,2 %) nicht entscheidbar / egal (18,6 %)

Bei der Reihenfolge von Einheitenzeichen soll gemäß DIN-Norm erst das Einheitenzeichen genannt werden, welches von einem Eigennamen (J für Joule, W für Watt, etc.) abgeleitet

wird, es sei denn, vor der Einheit steht ein Vorsatzzeichen (m für milli, k für kilo, etc.). Die Befragten entschieden sich bei allen fünf Kategorien für eine Reihenfolge, die der DIN-Norm konform ist. Die Regel „zuerst Einheitsymbol aus Eigennamen“ wird bei den geläufigen Einheiten nicht immer befolgt. Normalerweise wird für Elektronvolt eV geschrieben, während es nach der Regel Ve (Voltelektron) heißen müsste, wobei das eV auch als eigene Einheit aufgefasst werden kann. Bei den Studierenden entschieden sich 68,5 % für eV und 14,6 % für Ve. In DIN 1301-1 Tab. 4 (DIN 2009) ist das Elektronvolt (eV) festgelegt.

Da bei der Umfrage sowohl Studenten als auch Schüler befragt wurden, konnten die jeweiligen Antworten bei der Auswertung verglichen werden. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf die Unterschiede gelegt. Wie bereits erwähnt, gab es eine große Auffälligkeit bei der Frage nach der Achsenbeschriftung. Weiter unterschieden sich die Antworten zur Darstellungsweisen der Studierenden von denen der Schüler signifikant bei den Einheiten der mechanischen Arbeit, der Kraft und der elektrischen Ladung (vgl. Tab. 2).

### Ergebnisse - Aussagen

Im fünften Teil sollten 23 Aussagen bewertet werden. Sie lassen sich in fünf Klassen zusammenfassen: Verständnis von Einheiten (4 Aussagen – z. B. *Mir sind alle SI-Basiseinheiten bekannt*), negative Aspekte der Physik (4 Aussagen – z. B. *Mich schreckt eine große Zahl von Einheitszeichen ab.*), Formelverständnis (5 Aussagen – z. B. *Wenn ich die Bedeutung der Einheit kenne, verstehe ich auch den Inhalt der Formel.*), Merkfähigkeit von Formeln und Einheiten (2 Aussagen – z. B. *Ich kann mir Einheiten gut merken*), Wissen über Formeln und Einheiten (2 Aussagen – z. B. *Ich kenne die meisten SI-Einheiten aus dem Mathematikunterricht*). Folgende Aussagen korrelieren miteinander:

- *Ich kann mir Formeln gut merken.* und *Ich kann mir Einheiten gut merken.* (.601)
- *Der mathematische Inhalt der Formel ist mir klar.* und *Mein mathematisches Verständnis ist im Allgemeinen gut.* (.613)
- *Mein physikalisches Verständnis ist im Allgemeinen gut* und *Ich kann den physikalischen Größen die passenden Einheitszeichen zuordnen.* (.444)
- *Mich schreckt die Länge von Einheitszeichen ab* und *Mich schrecken unbekannte Maßeinheiten ab.* (.430)

Weitergehend kann aus den Aussagen geschlossen werden, dass sowohl Studenten als auch Schüler ein positives Verhältnis zu Einheiten und Formeln haben.

### Fazit

Durch diese Untersuchung konnte weiterhin gezeigt werden, dass bei Schüler sowie bei Studenten bevorzugte Darstellungsweisen existieren. Bei Zahlenwerten in Formeln sollten die Einheiten bei den Zahlenwerten stehen und nicht extra. Als Achsenbezeichnung stellt sich *FORMELBUCHSTABE IN EINHEIT* (z. B. *I IN A* oder *U IN V*) als zu verwenden heraus, da *I [A]* oder *U [V]* laut der DIN-Norm nicht erlaubt sind.

### Literatur

- DIN (2009) DIN-Taschenbuch 22, Einheiten und Begriffe für physikalische Größen, 9. Auflage. Beuth, Berlin, Wien, Zürich
- Strahl, A., Grobe, J., Müller, R. (2010) Was schreckt bei Formeln ab? – Untersuchung zur Darstellung von Formeln. PhyDid B
- Strahl, A., Jezek J., Müller, R. (2011) Formeln und Einheiten – Ergebnisse einer Vorstudie. In D. Höttecke (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie (S. 176 - 177). Münster: LIT-Verlag.
- Strahl, A., Müller, R. (2009)  $U=R \cdot I$  oder  $R=U/I$  - Untersuchungen zur Darstellung von Formeln. CD zur DPG Frühjahrstagung V. Nordmeier, A. Oberländer (Hg.) Berlin.

### Elektromagnetische Wellen im Wechselspiel von Algebra und Geometrie

Die Verschränkung von Geometrie und Physik stellt eines der grundlegenden Motivationsmuster der Entwicklung der Physik des vergangenen Jahrhunderts dar. So führt die Geometrisierung der Zeit zur relativistischen Konzeptbildung und trägt entscheidend zu einem modernen Physikverständnis bei. Diese Verschränkung von Geometrie und Physik wird kontrastiert durch eine Verschränkung von Algebra und Physik, wenn physikalische Sachverhalte mathematisch-formelhaft beschrieben werden.

Das Bild einer doppelten Verschränkung kann didaktisch dann voll genutzt werden, wenn im Kontext der Physik die Verschränkung von Geometrie und Algebra mit berücksichtigt und immer wieder zentral durchdacht wird. Die auf Graßmann zurückgehende und von Hestenes didaktisch weiterentwickelte geometrische Algebra (Hestenes, 2001; Snygg, 1997; Doran & Lasenby, 2003; Horn, 2012) gestattet genau dies. Dabei werden algebraische Konstrukte wie Pauli- oder Dirac-Matrizen direkt als geometrische Objekte wie orientierte Strecken, Flächen oder Volumina interpretiert. Ein physikalisch wichtiges Beispiel für solche Verknüpfungen stellt die mathematische Modellierung elektrodynamischer Prozesse dar.

#### Maxwell-Gleichungen im Kontext der Geometrischen Algebra

Das Wechselspiel von Geometrie und Algebra wird in der Elektrodynamik besonders augenfällig: Die elektrische Feldstärke  $\mathbf{E}$  kann mit der magnetischen Feldstärke (sprich: der magnetischen Flussdichte)  $\mathbf{B}$  zu einer einheitlichen elektromagnetischen Feldstärke  $\mathbf{F}$

$$\mathbf{F} = \mathbf{E} + \mathbf{i} \mathbf{B} \qquad \mathbf{F} = \mathbf{E} + \sigma_x \sigma_y \sigma_z \mathbf{B} \qquad \mathbf{F} = \mathbf{E} + \gamma_t \gamma_x \gamma_y \gamma_z \mathbf{B}$$

verknüpft werden (linke Teilformel). Der konzeptuelle Vorteil dieser Verknüpfung ist seit langem bekannt, jedoch wird ihre geometrische Bedeutung erst durch eine Formulierung in der geometrischen Algebra offenbar (Hestenes, 1971, S. 1925). Im dreidimensionalen Raum stellt die elektromagnetische Feldstärke eine Linearkombination aus Vektor  $\mathbf{E}$  und Bivektor  $\sigma_x \sigma_y \sigma_z \mathbf{B}$  dar (mittlere Teilformel). Die elektrische Feldstärke wird hier somit geometrisch als orientierte Strecke, die magnetische Feldstärke als orientierte Fläche gesehen.

Über die Relationen  $\gamma_k \gamma_t$  (mit  $k = \mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}$ ) gewinnt man die analoge geometrische Bedeutung in einer vierdimensionalen Raumzeit (rechte Teilformel), wobei die elektrische Feldstärke nun als raumzeitartig orientierte Fläche und die magnetische Feldstärke als rein räumlich orientierte Fläche interpretiert werden kann. Deshalb wird die elektromagnetische Feldstärke  $\mathbf{F}$  in der vierdimensionalen Geometrischen Algebra (Raumzeit-Algebra) auch als Faraday-Bivektor bezeichnet (Doran & Lasenby, 2003, S. 230, Gl. 7.10).

Mit diesen Setzungen lassen sich die vier Maxwell-Gleichungen in einer einzigen geometrisch motivierten Gleichung (im Folgenden als Vakuum-Feldgleichung ohne Quellterme)

$$\left( \frac{\partial}{c \partial t} + \nabla \right) \mathbf{F} = \mathbf{0} \qquad \square \mathbf{F} = \mathbf{0}$$

zusammenfassen und damit konzeptuell vereinheitlichen. Dies stellt einen grandiosen und dem in der theoretischen Physik tief verwurzelten Drang nach strukturellem Gleichklang befördernden Schritt dar, wobei in der dreidimensionalen, rein räumlichen Darstellung (links) das geometrische Analogon des Nabla-Operators und in der vierdimensionalen, raumzeitlichen Darstellung (rechts) der Dirac-Operator im Kontext der Geometrischen Algebra genutzt werden. Aus hochschuldidaktischer Sicht ist dabei auch interessant, dass mit der in der Physik erfolgten Einführung dieser geometrischen Ableitungen ein mathematisches Konzept implementiert wurde, das die Fachmathematik erst sehr viel später aufgriff und anerkannte (Atiyah, 1998, S. 116, Fußnote 1). Ein ähnlich wirkungsvoller Übersprung einer physika-

lisch motivierten, mathematischen Konzeptbildung in die abstrakte Mathematik und anschließend auch in die didaktische Fundierung der Mathematik (Parra Serra, 2009) ist auch für die geometrische Algebra zu erwarten (Sobczyk, 1993).

### Lösung der Maxwell-Gleichungen im Fall ebener Wellen

Als einer der einfachsten Fälle kann die harmonische Lösung der Maxwell-Gleichungen im Vakuum betrachtet werden, wobei ebene Wellen dann rein harmonisch schwingen, sofern sie sich ungestört in eine Richtung ausbreiten können. Der Ansatz in der dreidimensionalen Beschreibung (Hestenes, 1971, S. 1026, Gl. 4.3), (Vold, 1993, S. 510, Gl. 58) lautet

$$\mathbf{F}_{(r,t)} = \mathbf{f} e^{\sigma_x \sigma_y \sigma_z (\omega t - k \cdot r)} \quad \text{bzw. bei Ausbreitung in z-Richtung} \quad \mathbf{F}_{(z,t)} = \mathbf{f} e^{\sigma_x \sigma_y \sigma_z (\omega t - kz)}$$

Dieser algebraische Ausgangspunkt spiegelt auch die geometrische Situation wieder: Die gesuchte Konstante  $\mathbf{f}$  kann hier keine skalare Größe sein, sondern muss zwingend einer Summe aus orientierter Strecke und orientierter Fläche entsprechen. Diese Konstante wird durch Einsetzen des Ansatzes  $\mathbf{F}_{(z,t)}$  in die Maxwell-Gleichung und Lösung der entsprechenden Gleichung bestimmt. Die wesentlichen Schritte sind in (Hestenes, 1971, Abschnitt 4) und (Vold, 1993, Abschnitt VIII) zu finden und führen auf die entscheidende Beziehung:

$$\mathbf{E} + \sigma_x \sigma_y \sigma_z \mathbf{B} = \sigma_z \cdot \mathbf{E} + \sigma_z \wedge \mathbf{E} + (\sigma_x \sigma_y) \cdot \mathbf{B} + (\sigma_x \sigma_y) \wedge \mathbf{B}$$

Anhand der geometrischen Bedeutung dieser algebraischen Beziehung wird die tiefgehende Verschränkung von Algebra und Geometrie besonders deutlich, denn es handelt sich zwar algebraisch um eine einzige Gleichung. Geometrisch zerfällt diese Gleichung jedoch in vier Teile, die durch die dreidimensionale Raumstruktur determiniert sind:

- Dimensionslose Größen (skalärer Teil):  $\mathbf{0} = \sigma_z \cdot \mathbf{E}$   
Ausbreitungsrichtung  $\sigma_z$  und elektrischer Feldstärkevektor  $\mathbf{E}$  stehen senkrecht zueinander.
- Eindimensionale Größen (vektorieller, streckenartiger Teil):  $\mathbf{E} = (\sigma_x \sigma_y) \cdot \mathbf{B}$  sowie
- Zweidimensionale Größen (bivektorieller, flächenartiger Teil):  $\sigma_x \sigma_y \sigma_z \mathbf{B} = \sigma_z \wedge \mathbf{E}$   
Der Bivektor der magnetischen Feldstärke  $\sigma_x \sigma_y \sigma_z \mathbf{B}$  entspricht dem orientierten Flächenstück, das durch die Ausbreitungsrichtung  $\sigma_z$  und den elektrischen Feldstärkevektor  $\mathbf{E}$  aufgespannt wird:  $\sigma_z \mathbf{E} = \sigma_x \sigma_y \sigma_z \mathbf{B}$ .
- Dreidimensionale Größen (trivektorieller, volumenartiger Teil):  $\mathbf{0} = (\sigma_x \sigma_y) \wedge \mathbf{B}$   
Der magnetische Feldstärkevektor (die magn. Flussdichte)  $\mathbf{B}$  liegt parallel zur xy-Ebene.

Algebraische Beschreibung und geometrische Interpretation greifen hier direkt ineinander: Weil Ausbreitungsrichtung und elektrische Feldstärke senkrecht zueinander stehen (erster Spiegelstrich), sind äußeres Produkt und geometrisches Produkt identisch:  $\sigma_z \wedge \mathbf{E} = \sigma_z \mathbf{E}$ . Sie spannen eine orientierte Fläche auf. Weil der magnetische Feldstärkevektor parallel zur xy-Ebene liegt (vierter Spiegelstrich), sind inneres Produkt und geometrisches Produkt identisch:  $(\sigma_x \sigma_y) \cdot \mathbf{B} = \sigma_x \sigma_y \mathbf{B}$ . Sie determinieren einen Vektor. Die im zweiten und dritten Spiegelstrich ermittelten Beziehungen gestatten die eindeutige Identifikation der eben beschriebenen orientierten Fläche als Bivektor  $\sigma_x \sigma_y \sigma_z \mathbf{B}$  der magnetischen Feldstärke bzw. des Vektors als elektrischer Feldstärkevektor  $\mathbf{E}$ . Diese geometrisch motivierten Ergebnisse gestatten den Sprung zurück zur algebraischen Interpretation: die Lösungsformel

$$\mathbf{F}_{(z,t)} = \mathbf{E}_0 (\sigma_x + \sigma_z \sigma_x) \mathbf{f} e^{\sigma_x \sigma_y \sigma_z (\omega t - kz)}$$

ergibt sich, wenn nun  $\mathbf{B}$  mit Hilfe von  $\mathbf{E}$  eliminiert wird, da  $\mathbf{B} = -\sigma_x \sigma_y \mathbf{E}$  (Hestenes, 1971), (Vold, 1993) gilt. Zu beachten ist, dass hier  $\mathbf{E}_0 = E_0 \sigma_x$  als Anfangsbedingung gewählt wurde und der elektrische Feldstärkevektor mithin zum Zeitpunkt  $t = 0$  in x-Richtung zeigt.

### Interpretation der Lösung der Wellengleichung

Die graphische Darstellung (siehe Abb. 1) zeigt ein überraschendes Charakteristikum der aufgefundenen Lösung: Die monochromatische, ebene Welle ist zirkular polarisiert (Hestenes, 1971, S. 1026), (Vold, 1993, Fig. 2). Dies steht in Übereinstimmung mit Ergebnissen, die bereits vor der didaktischen Aufarbeitung der Geometrischen Algebra veröffentlicht wur-

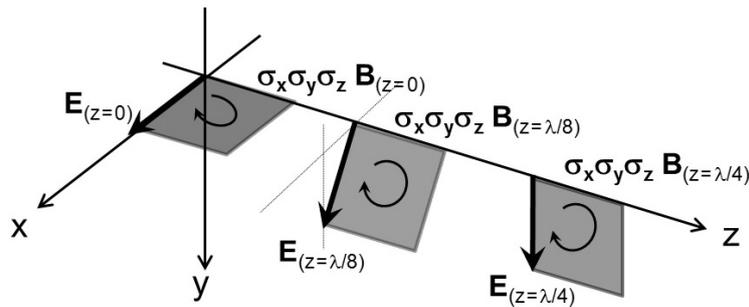


Abb. 1: Zeitliche Entwicklung der elektromagnetischen Feldstärke einer harmonischen Lösung (ebene Welle) der Maxwell-Gleichungen

den (Moses, 1958, S. 14). Jedoch werden solche Zugänge im Hochschulbereich erst auf Grundlage der Geometrischen Algebra auch für Anfangssemester didaktisch zugänglich und können, zeitliche Ressourcen vorausgesetzt, gegebenenfalls auch für eine Erörterung der Maxwell-Gleichungen in der Sekundarstufe II auf Leistungskursniveau eingesetzt werden.

### Schlussfolgerungen

Die Nutzung der geometrischen Algebra mit dem ihr inhärenten Wechselspiel zwischen Geometrie und Algebra gestattet die einfache Behandlung auch komplexerer physikalischer Vorgänge in der Elektrodynamik. Sie fördert nicht nur ein metakonzeptuelles Verständnis, indem algebraische und geometrische Sichtweisen strukturell verschränkt eingeführt werden, sondern sie setzt diese unterschiedlichen Sichtweisen in einen direkten Anwendungsbezug, wenn im Laufe des physikalischen Diskurses diese aufeinander zu beziehen sind. Darüber hinaus befördert die geometrische Algebra ein Verständnis der modernen Physik, indem sie eine Einheitlichkeit physikalischer Phänomene auf mathematischer Ebene stützt.

### Literatur

- Atiyah, M. F. (1998). The Dirac Equation and Geometry. In: P. Goddard (Hrsg.): Paul Dirac – The Man and His Work. Kap. 4, Cambridge: Cambridge University Press, 108-124.
- Doran, C. & Lasenby, A. (2003). Geometric Algebra for Physicists. Cambridge: Cambridge University Press
- Hestenes, D. (1971). Vectors, Spinors, and Complex Numbers in Classical and Quantum Physics. American Journal of Physics, 39(9), 1013-1027.
- Hestenes, D. (2003). Reforming the Mathematical Language of Physics. Am. J. of Physics, 71(2), 104-121.
- Horn, M.E. (2012). Pauli-Algebra und  $S_3$ -Permutationsalgebra – Eine algebraische und geometrische Einführung. Elektronische Veröffentlichung unter [www.bookboon.com/de](http://www.bookboon.com/de). London: Ventus Publishing
- Moses, H.E. (1958). The Solution of Maxwell's Equations in Terms of a Spinor Notation. Part I. New York University, Institute of Mathematical Sciences, Research Report No. EM-114
- Parra Serra, J.M. (2009). Clifford Algebra and the Didactics of Mathematics. Ad. Appl. Clif. Alg. 19, 819-834
- Snygg, J. (1997). Clifford Algebra. A Computational Tool for Physicists. New York: Oxford University Press
- Sobczyk, G. (1993). David Hestens: The Early Years. Foundations of Physics, 23(10), 1291-1293.
- Vold, T. (1993). An Introduction to Geometric Calculus and its Application to Electrodynamics. American Journal of Physics, 61(6), 505-513.

Joachim Bartsch  
 Friedrich-Heinz Effertz  
 Christian Lukner

RWTH Aachen  
 Universität zu Köln  
 BMU Berlin/Bonn

## **Endlagerung radioaktiver Abfälle – wie geht es weiter?**

### **Einleitung**

Nach dem Scheitern von Gorleben beginnt die Suche nach einem Endlager für den hochradioaktiven deutschen Atommüll von vorn – und betrifft unsere und die Zukunft von weiteren 33.000 Generationen.

Über 35 Jahre dauerte der Streit um den niedersächsischen Standort und kostete rund 1.6 Milliarden Euro. Wo soll der ganze Atommüll aber jetzt hin? Bund und Länder haben sich im April d. J. darauf verständigt, einen neuen Standort für das Endlager zu suchen. Das Wie und Wo wurde in einem neuen Gesetz geregelt, welches seit dem 27. Juli 2013 in Kraft ist /1/. Schülerinnen und Schüler wollen wissen, wie es mit diesem bisher weltweit ungelösten Problem weitergeht und was Deutschland dazu beitragen kann. Um diese Frage beantworten zu können, muss man sich zunächst mit einigen Grundlagen befassen.

### **Der nukleare Brennstoff-Kreislauf**

Zur Beurteilung der Kernenergie ist nicht nur der Reaktor, sondern der gesamte Brennstoff-Kreislauf von Bedeutung /2/. Unter dem Brennstoff-Kreislauf versteht man den Reaktorbetrieb mit den zugehörigen Versorgungs- und Entsorgungseinrichtungen. Zu den Stationen des Brennstoff-Kreislaufs gehören:

- die Gewinnung und Reinigung des Natururans aus den in der Natur vorhandenen Lagerstätten,
- der Anreicherung des im Natururan nur zu ca. 0,7 % vorhandenen Uranisotops U-235 auf 3-4 % je nach Anforderung und Reaktorkonzept,
- der Herstellung des Brennstoffes und der Brennelemente für einen Einsatz im Kernkraftwerk,
- des Kernkraftwerkbetriebs,
- den Transport- und Lagervorgängen ausgedienter Brennelemente (z. B. Zwischenlagerung)
- der Wiederaufarbeitung und Refabrikation neuer Brennelemente, d. h. Rezyklierung des zurückgewonnenen spaltbaren Materials,
- der Behandlung, Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle.

Bei der Entsorgung sind im Prinzip zwei Wege möglich:

- mit Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente
- ohne Wiederaufarbeitung (sogenannte direkte Endlagerung).

Seit dem 1. Juli 2005 ist die Wiederaufarbeitung in Deutschland gesetzlich verboten, sodass die abgebrannten Brennelemente nach einer gewissen Zeit direkt in das Endlager verbracht werden müssen.

### **Geologische Situation**

In Deutschland werden seit Jahren geologische Formationen untersucht, die für die Endlagersuche in Frage kommen könnten. Nach diesen „Voruntersuchungen“ gehören kristalline Wirtsgesteine (etwa Granit) dazu ebenso wie Tongebiete. Was die Region betrifft, sind vor allem kristalline Gesteinsformationen, wie in Sachsen und Ostbayern, zu erwähnen. Die ziemlich weit verbreiteten Tongesteinsformationen konzentrieren sich auf ausgewiesene Teilbereiche von Baden-Württemberg, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und eingeschränkt auf Brandenburg und Nordrhein-

Westfalen. In einem „ergebnisoffenen Suchprozess“, nach dem Prinzip der sog. „weißen Karte“, wird die Prüfung auf alle Regionen ausgedehnt, um auch von vornherein ungeeignete Gebiete ausschließen zu können. Fünf Formationen werden von den Geologen für eine obertägige Erkundung ausgewählt, zwei Standorte werden dann genauer untertägig erkundet. Klar ist aber auch: die geologischen Arbeiten werden sich über viele Jahre hinziehen, wenn nicht gar Jahrzehnte, bis der neue Endlagerstandort gefunden sein wird.

#### **Kernelemente des neuen Gesetzes**

Ziel, Transparentes Auswahlverfahren-Bürgerbeteiligung:

Die Suche nach einer Lösung für die drängende Endlagerung hochradioaktiver (sog. wärmeentwickelnder) Abfälle soll – analog zum Atomausstieg - im nationalen Konsens zwischen Bund und Ländern, Staat und Gesellschaft und Bürgerinnen und Bürgern erfolgen. Ziel ist es, in einem wissenschaftsbasierten und transparenten Verfahren für die im Inland verursachten hochradioaktiven Abfälle den Standort für eine Anlage zur Endlagerung in Deutschland zu finden, der die bestmögliche Sicherheit für einen Zeitraum von einer Million Jahren gewährleistet (siehe § 1). Das Verfahren soll bis zum Jahr 2031 abgeschlossen sein.

#### *Einrichtung einer Kommission*

Um dem hohen Anspruch eines fairen Verfahrens gerecht zu werden, sollen grundlegende methodische Fragen im Zusammenhang mit dem eigentlichen Standortauswahlverfahren von einer Bund-Länder-Kommission vorbereitet werden („Kommission Lagerung hochradioaktiver Abfallstoffe“).

Die Einrichtung der Kommission bildet sozusagen den ersten wichtigen Schritt auf dem „langen Weg“, den „bestmöglichen“ Endlagerstandort zu finden. Die Kommission ist pluralistisch zusammengesetzt und repräsentiert die verschiedenen Akteure und Gruppen der Zivilgesellschaft. Sie besteht aus sechs Abgeordneten des Deutschen Bundestages, sechs Vertretern von Landesregierungen, zwölf Vertretern aus der Wissenschaft und je zwei Vertretern aus den Bereichen der Umweltverbände, der Religionsgemeinschaften, der Wirtschaft und der Gewerkschaften; insgesamt also 33 Mitgliedern, die einvernehmlich von Bundestag und Bundesrat gewählt werden. Die Arbeit der Kommission ist auf 2 Jahre begrenzt, höchstens jedoch 2 ½ Jahre (falls erforderlich).

Am Ende hat die Kommission einen Bericht vorzulegen, in dem sie die für das Auswahlverfahren relevanten Grundsatzfragen für die Entsorgung radioaktiver Abfälle untersucht und bewertet sowie Vorschläge für bestimmte Entscheidungsgrundlagen und eine entsprechende Handlungsempfehlung für Bundestag und Bundesrat erarbeitet.

#### **Fazit/Ausblick**

Das neue Gesetz markiert einen Neuanfang bei der Endlagersuche. Wir brauchen über die gesetzlichen Regelungen hinaus ein ganzheitliches Konzept, in dem alle Schritte der Entsorgungskette berücksichtigt werden. Dazu gehören u. a. moderne Technologien wie die Umwandlung in nicht-strahlende Stoffe, auch wenn die internationalen Forschungen auf diesem Gebiet noch im Gange sind (Transmutationsforschung). Am Ende muss ein konkreter Endlagerstandort auf deutschem Territorium stehen, der von allen Beteiligten akzeptiert werden kann – wo auch immer! Bildung und Ausbildung sind entscheidende Faktoren zur Herstellung von Akzeptanz – gerade bei einem Projekt von nationalem Interesse. Es gilt, geeignete Konzepte für den Bildungssektor zu entwickeln (z. B. für die Lehrerbildung).

Schließlich müssen auch ökonomische Aspekte berücksichtigt werden, denn die Endlagersuche wird den Steuerzahler größenordnungsmäßig mehr als 2 Milliarden Euro kosten (hinzu kämen noch Kosten für den evtl. Umbau von Zwischenlagern an den Kraftwerkstandorten, der auf ca. 500 Millionen Euro beziffert wird).

**Literatur**

- /1/ Entwurf eines Gesetzes zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und zur Änderung anderer Gesetze (Standortauswahlgesetz-StandAG); BT-Drs. 17/13471 v. 14.5.2013, Berlin.
- /2/ Forum des Bundesumweltministeriums zum Standortauswahlgesetz v. 31.5.-2.6.13, Berlin (Video/Livestream [www.bmu.de](http://www.bmu.de))

## **Learning by drawing** **Durch eigene Zeichnungen das Verständnis chemischer Konzepte fördern**

Internationale Studien weisen bei Lernenden Unsicherheiten in der Darstellung chemischer Sachverhalte auf der symbolischen Ebene nach (z. B. Molekülgeometrie oder Atomgrößenverhältnisse) und deuten diese als Fehlkonzepte. In dem hier vorgestellten Beitrag wird aufgezeigt, dass dieser Schluss nicht ohne Weiteres zulässig ist, sondern auch die Instruktionsqualität eine Rolle spielt. Aus der fachlichen Perspektive mit Mängeln behaftete Zeichnungen lassen sich z.B. durch Hinweise auf die Beachtung der Molekülgeometrie vermeiden. Diese Erkenntnis schränkt auf der einen Seite die Diagnosekraft von Schülerzeichnungen ein, eröffnet auf der anderen Seite jedoch Potenziale für kollaborative Lernsettings, die in dem Projekt *learning by drawing* umgesetzt werden.

### **Zeichnungen im Lernprozess**

Lernen in den Naturwissenschaften bedeutet auch das Verstehen und Kommunizieren komplexer Sachverhalte. Zur Veranschaulichung werden oft Repräsentationen verschiedener Art eingesetzt oder entwickelt. In dem Science-Artikel *Drawing to Learn in Science* plädieren Ainsworth, Prain und Tytler (2011) dafür, Schüler stärker der Herausforderung auszusetzen, im naturwissenschaftlichen Unterricht Zeichnungen anzufertigen. Sie nennen dabei fünf Gründe für eine explizite Berücksichtigung von Schülerzeichnungen im naturwissenschaftlichen Unterricht: Drawing to enhance engagement, drawing to learn to represent in science, drawing to reason in science, drawing as a learning strategy, drawing to communicate. Als Drawings bzw. Zeichnungen wird hier all das aufgefasst, was im Lernkontext von freier Hand erstellt wird. Es sind Zeichnungen die z. B. illustrierenden (einen Text begleitenden) Charakter besitzen, Gesagtes unterstützen, Inhalte zusammenfassen oder Ausschnitte mentaler Modelle repräsentieren. In jedem Falle sind sie als individuelle Artefakte einzuschätzen, insofern, als dass zu einem anderen Zeitpunkt derselbe Schüler nicht exakt dieselbe Zeichnung anfertigen wird. Dieser Standpunkt ist wichtig für den Umgang mit den Zeichnungen aus der wissenschaftlichen Perspektive. Ainsworth et al. (2011) fokussieren auf eine Unterstützung des Lernprozesses. Andere Studien nehmen eine Diagnoseperspektive ein und suchen einen Zugang zu mentalen Modellen (z.B. Adbo & Taber, 2009; Kern, Wood, Roehrig, & Nyachwaya 2010) oder zur konzeptuellen Entwicklung (z.B. Bradley, Brand, Gerrans, & Harris, 1998). Der nächste Abschnitt widmet sich der zweiten Perspektive.

### **Einfluss von Instruktionen auf Schülerzeichnungen**

Die Arbeitsgruppe um Kern und Nyachwaya (Kern et al., 2010; Nyachwaya, Mohamed, Roehrig, Wood, Kern & Schneider, 2011) untersuchte Studierende zu Beginn des Chemiestudiums bezüglich ihrer zeichnerischen Umsetzung von Reaktionsgleichungen. Sie fanden dabei heraus, dass es z. B. 99% der Studierenden gelingt, die vorgegebene Reaktionsgleichung zur Verbrennung von Methan mit Sauerstoff bezüglich der stöchiometrischen Koeffizienten auszugleichen. Den weiteren Auftrag, sich vorzustellen, die Atome und Moleküle sehen zu können und diese Gleichung in Form einer Zeichnung darzustellen (unter der Beachtung der korrekten Anzahl der Atome und Moleküle), konnten aber nur 30% korrekt umsetzen. Bei komplexeren Vorgängen (Reaktion von Silbernitrat und Calciumchlorid in wässriger Lösung oder von Chlorwasserstofflösung mit Calciumcarbonat) waren lediglich 1% bzw. 5% der Zeichnungen korrekt, obwohl wieder 99% die richtigen stöchiometrischen Koeffizienten angeben konnten. Fehler fanden Nyachwaya et al. z. B. in

der Interpretation der Symbolsprache (63%), in der Darstellung des Atomgrößenverhältnisses (21%) oder auch in der Molekülgeometrie (40%). Sie deuten dies als mögliche Fehlkonzepte, die durch das genutzte Diagnosetool aufgedeckt werden konnten. Allerdings ist es fraglich, ob die Studierenden wirklich über die beiden zuletzt genannten Defizite verfügen. Eine korrekte Größendarstellung könnte eventuell gar nicht im Fokus der Studierenden gelegen haben. Hätten die Studierenden dies berücksichtigt, wenn die Aufgabenstellung das gefordert hätte? Im Rahmen einer Masterarbeit (Geers, 2012) wurde diese Studie in drei Variationen mit 54 Schülerinnen und Schülern der zehnten Klassenstufe erneut durchgeführt; hier mit dem expliziten Zusatz A die Molekülgeometrie bzw. B die Atomgröße zu beachten. Eine Vergleichsgruppe C erhielt dieselben Instruktionen wie in der Ausgangsstudie. Tatsächlich ergab sich nun ein neues Bild. Die Schülerinnen und Schüler der Gruppe A verwendeten häufiger eine korrekte Molekülgeometrie und die der Gruppe B die korrekte Atomgröße (Tab. 1). Der Unterschied in der Molekülgeometrie ist zwischen den Gruppen nicht sehr groß. Dies liegt daran, dass überwiegend die Lewis-Schreibweise genutzt wurde, in der die Molekülgeometrie inhärent ist. In der Studie von Nyachwaya hatten die Studierenden offensichtlich nicht über diese Schreibweise verfügt. Wie Abb. 1 zeigt, wurden Schülerinnen und Schüler der Gruppe B, die zunächst die Lewis-Schreibweise gewählt haben, gezwungen, auf eine andere Darstellungsart zu wechseln, wollten sie die Instruktion berücksichtigen. Diese Ergebnisse geben einen Hinweis darauf, dass Schülerzeichnungen in ihrem Ergebnis eng an die Instruktionsqualität gekoppelt sind. Damit sind die Zeichnungen als Diagnosewerkzeug zumindest mit Vorsicht zu behandeln. Ainsworth (2006) weist auch auf die hohen kognitiven Anforderungen beim Lernen mit externalen Repräsentationen hin. Letztendlich müssen Schülerinnen und Schüler verstehen lernen, was eine angemessene Zeichnung für den zugrunde liegenden Sachverhalt ist.

Tab. 1: Korrekte Darstellungen der Teilkonzepte Molekülgeometrie und Atomgröße

	Aufgabentyp A Molekülgeometrie	Aufgabentyp B Atomgröße	Aufgabentyp C keine weiteren Instruktionen	Gesamt
Molekülgeometrie korrekt dargestellt (%)	79	65	61	67
Atomgröße korrekt dargestellt (%)	16	47	17	26

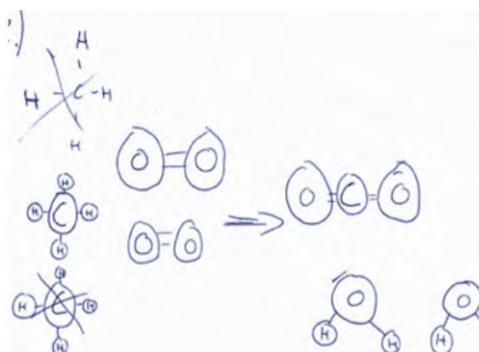


Abb. 1: Schülerzeichnung aus der Gruppe B – die Instruktion, die Atomgröße zu beachten, erfordert eine alternative Darstellung zur Lewis-Formel

### **Learning by drawing: Schülerzeichnungen im Peer-Interaction Setting**

Das Projekt *learning by drawing* macht sich die Tatsache zunutze, dass Schülerzeichnungen einen individuellen Charakter haben und auch, dass sie eng an das konzeptuelle Verständnis der Autoren gekoppelt sind. Hier wird untersucht, inwiefern das Anfertigen und Kommunizieren von Zeichnungen zu chemischen Konzepten das Konzeptverständnis fördert. Es wird dabei das Peer-Interaction Setting genutzt, in dem Lernende eine Aufgabe zunächst allein bearbeiten und danach in einer Gruppe (bisher in einer Dyade) die Ergebnisse der Aufgaben vergleichen, mit dem Ziel, sich begründet auf ein Ergebnis zu einigen. Das Ergebnis muss dabei keinem der Ergebnisse aus der Einzelarbeit entsprechen. In den Aufgaben werden die Schülerinnen und Schüler explizit aufgefordert, Zeichnungen anzufertigen. In einer ersten Pilotierung (Adorf, 2013) wurden Aufgaben zum Vergleich salzartiger und molekular aufgebauter Stoffe bearbeitet. Erste Ergebnisse zeigen Unterschiede in den Diskussions- und Einigungsprozessen auf, je nachdem, ob es Übereinstimmungen, geringe Abweichungen oder große Abweichungen in den Ergebnissen gibt. Im ersten Fall treten die Schülerinnen oder Schüler in keinen Diskurs, fordern gegenseitig nicht einmal eine Begründung für die Richtigkeit der Ergebnisse ein. Im Fall geringer Abweichungen wird erfreulich vertieft auf einer fachlichen Ebene diskutiert, bis beide Parteien das gemeinsame Ergebnis tragen. Im dritten Fall wird überwiegend mit unsachlichen Argumenten eine Einigung erzielt (z.B. „So, was hast du da (??)  $\text{CaO}_3$ . Ich hab  $\text{AlN}$ . Keine Ahnung.  $\text{CaO}_3$  klingt logischer. Das könnt sogar sein. Calciumoxid. Doch Calciumoxid gibt's.“). Diese bisher explorativ erzielten Ergebnisse geben einen ersten Einblick in das Potenzial der eingesetzten Zeichenaufgaben. In weiteren Untersuchungen sollen die Einflussgrößen auf die Lernprozesse identifiziert werden, um Hinweise sowohl für eine optimale Gruppenzusammensetzung als auch Aufgabenstellung zu erhalten.

### **Fazit**

Das Anfertigen von Schülerzeichnungen zu chemischen Konzepten birgt ein Lernpotenzial gerade im Peer-Interaction Setting. Insbesondere bei ähnlichen Lösungen der Einzelarbeitsphase werden öfter Entscheidungen auf konzeptueller Ebene getroffen. In der Verwendung chemischer Symbole offenbaren sich oft Schwächen über das Wissen adäquater Darstellungsformen. Letztere lassen sich allerdings durch gezielte Instruktionen aktivieren. Im Rahmen des Projektes *learning by drawing* werden Lernaufgaben entwickelt und eingesetzt, um Einflussfaktoren auf das Lernen mit Zeichnungen zu identifizieren. Ein Ziel ist die Entwicklung von kollaborativen Lernaufgaben zur Förderung des Verständnisses chemischer Konzepte.

### **Literatur**

- Adbo, K., & Taber, K. S. (2009). Learners' Mental Models of the Particle Nature of Matter: A study of 16-year-old Swedish science students. *IJSE*, 31(6), 757-786.
- Adorf, M. (2013). Entwicklung und Erprobung einer kollaborativen Lernaufgabe zur Förderung des Verständnisses eines chemischen Sachverhalts, unveröffentlichte Masterarbeit, Hannover.
- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to Learn in Science. *Science*, 333, 1096-1097.
- Bradley, J. D., Brand, M., Gerrans, G. C., & Harris, E. (1998). Stages of development in student's concepts about macroscopic properties and microscopic structure of matter: an analysis of data from five South African secondary schools. *S.Afr.J.Chem*, 51(2), 85-91.
- Geers, M. (2012). Einfluss von Instruktionen auf die Qualität der zeichnerischen Darstellung chemischer Reaktionen auf der Modellebene. unveröffentlichte Masterarbeit, Hannover.
- Kern, A. L., Wood, N. B., Roehrig, G. H., & Nyachwaya, J. (2010). A qualitative report of the ways high school chemistry students attempt to represent a chemical reaction at the atomic/molecular level. *CERP*, 11, 165-172.
- Nyachwaya, J. M., Mohamed, A.-R., Roehrig, G. H., Wood, N. B., Kern, A. L., & Schneider, J. L. (2011). The development of an open-ended drawing tool: an alternative diagnostic tool for assessing students' understanding of the particulate nature of matter. *CERP*, 12(2), 121-132.

Gabriela Jonas-Ahrend<sup>1</sup>  
 Hagit Rafaeli-Mishkin<sup>2</sup>  
 Niva Wengrowicz<sup>2</sup>  
 Yehudit Judy Dori<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Dortmund  
<sup>2</sup>Technion – Israel Institute of Technology  
<sup>3</sup>MIT, Cambridge, MA, USA

## **Visualisierungen in Schülerprojekten – eine bi-nationale Studie**

### **Einleitung**

Im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe I wird dem selbständigen Arbeiten der Schüler und Schülerinnen eine große Bedeutung zugeschrieben. Dabei finden nicht nur schülerorientierte Unterrichtsmethoden Anwendung, sondern auch die Durchführung von Schülerprojekten spielt eine Rolle. Inhaltlich gilt es, neben der Erfüllung der Lehrplananforderungen auch die Alltagswelt der Schülerinnen und Schüler zu berücksichtigen: ihre Lebenswelt, ihre Fragen, ihr Staunen und ihre Interessen. Während die Lehrplananforderungen über viele Jahre konstant sind, ändert sich die Alltagswelt der Schülerinnen und Schüler stetig und muss von Lehrkräften immer wieder neu erfasst werden. Natürlich bleiben auch einige Interessengebiete nahezu unverändert, z. B. an Technik oder Medizin, aber parallel zur aktuell politischen Entwicklung und zum gesellschaftlichen Wandel kommen neue Interessengebiete hinzu. Vor wenigen Jahren war, vor allem geprägt durch eine Vielzahl von TV-Sendungen, Kriminalistik und Forensik ein sehr aktuelles Thema. Heute sind Themen „in“, die sich mit erneuerbaren Energien, mit Nachhaltigkeit, gesunder Ernährung etc. befassen. Diese Themen ausführlich in den „normalen“ lehrplanorientierten Unterricht einzugliedern und somit zeitnah an die Schülerinteressen anzuknüpfen stellt sowohl in organisatorischer als auch in zeitlicher Sicht eine Herausforderung für die Lehrkräfte dar. An dieser Stelle setzt das innovative Projekt „Science Fair mit E-Mentoren“ an, das seit 4 Jahren in Deutschland implementiert wird.

### **Projektbeschreibung „Science Fair mit E-Mentoren“**

Dieses reale Schulprojekt basiert auf der Idee der „NESA<sup>1</sup> virtual science fair“ und stammt aus den USA und Israel (Jonas-Ahrend, 2013). Schülerinnen und Schüler der 8. Klassen bearbeiten in Teams (2 oder 3 Schüler und Schülerinnen) über einen Zeitraum von ca. 8 Wochen ihre eigene, selbst gewählte naturwissenschaftliche Fragestellung. Betreut und unterstützt werden sie dabei von E-Mentoren, die i. d. R. Lehramtsstudierende naturwissenschaftlicher Fächer sind (Jonas-Ahrend, 2011). Die Kommunikation zwischen E-Mentoren und Schülerteams erfolgt ausschließlich über die Arbeitsplattform *moodle*<sup>TM</sup>. Jedes Schülerteam bekommt einen E-Mentor zugeteilt, der sich auf das Team und das Thema einlässt, Hilfestellungen gibt und motiviert. Dadurch werden die Lehrkräfte entlastet. Die Schülerteams bearbeiten selbständig, meistens zu Hause, ihr Projekt und stellen es zum Ende im Rahmen der „Science Fair“ ihren Mitschülern, Lehrern, Eltern und anderen Gästen vor. Dazu fertigen sie ein Poster und an einigen Schulen einen Lab-Report an. Das Projekt „Science Fair mit E-Mentoren“ unterscheidet sich von „Jugend forscht“ dadurch, dass ALLE Schülerinnen und Schüler der 8. Klasse daran verpflichtend teilnehmen. So werden auch die Schülerinnen und Schüler an naturwissenschaftliches Arbeiten herangeführt, die es nicht auf freiwilliger Basis tun würden oder die von sich selbst glauben, dass „ihnen das nicht liegt“. Die Erfahrungen mit dem Projekt zeigen, dass bei vielen -vor allem oftmals Mädchen- das Interesse an Naturwissenschaften dadurch überhaupt erst geweckt wird. Nach der festen Implementierung an derzeit 6 Schulen in NRW und Bayern (jährlich kommen neue Schulen

<sup>1</sup> NESA – Near East South Asia ([www.nesacenter.org](http://www.nesacenter.org))

hinzu) erfolgt die forschungsbasierte Betrachtung des Verlaufs und der Ergebnisse dieses realen Schülerprojektes. Alle Schülerteams fertigen über ihr Projekt einen Lab-Report von mindestens zwei Seiten an. In diesem Lab-Report müssen sie mindestens eine Visualisierung darstellen. Diese von den Schülern völlig frei gewählten Visualisierungen und die Einbettung in den Text des Lab-Reports sind der Untersuchungsgegenstand dieser Studie.

### Visualisierungen

Ziel der Studie ist die Entwicklung und Validierung eines Bewertungsinstrumentes für die Science Fair Projekte basierend auf den visuellen Erklärungen und Repräsentationen (Visualisierungen). Es wurden dafür die Visualisierungen aus 9 Lab-Reports der Schülerinnen und Schüler des Werner-Heisenberg-Gymnasiums Leverkusen analysiert. Insgesamt wurden 27 Visualisierungen aus einer *descriptive-interpretive perspective* untersucht, in Anlehnung an Vorstudien (Saar, 2007) und *The cognitive theory of multimedia learning* (Mayer, 2002), *visible thinking* (Jacobson, 2004; Dori & Sasson, 2008).

Die von Saar (2007) entwickelten Kriterien zur Bewertung von Visualisierungen sind: *presence of a picture or graphic, relevance to the subject, number of items and number of chemistry understanding level*. Aus diesen Kriterien wurde eine Matrix (*rubric*) als Bewertungsinstrument erstellt (Tab. 1).

Tab. 1: Visualization item assessment - rubric

Visualization type	Item title	Relevance to the main text	Contribution to the main text	Extent of coverage	Appearance	Science understanding levels	Societal added value
	no title (0)						
table	no clarity, no precision (0)	not relevant (0)	no contribution (0)	limited (1)	slightly attractive (1)	macro (1)	no added value (0)
graph	precision but no clarity (1)	slightly relevant (1)	minor contribution (1)	moderate (2)	moderately attractive (2)	micro (1)	added value (1)
picture	clarity but no precision (1)	highly relevant (2)	significant contribution (2)	full (3)	highly attractive (3)	Symbol (1)	
schema	clear & precise (2)					process (2)	
flow chart						2 levels (2)	
drawing						3 or 4 levels (3)	
other							

Die Art der Visualisierung wurde unterteilt nach: Tabelle, Diagramm, Bild/Foto, Schema, Fließdiagramm, Zeichnung, andere. Diese Variablen sind Klassifizierungen und es gibt keine Abstufungen. Bei den Kategorien: Titel, Textbezug, Textergänzung, Inhalt, Darstellung, Verständnis, sozialer Wert hingegen gibt es graduelle Abstufungen von 0 (niedriger Level) bis 3. Mit diesem Bewertungsinstrument werden die Visualisierungen von Naturwissenschaftlern unabhängig bewertet. Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass sich 5 der 7 Kategorien als klare Auswertungsmerkmale beweisen, die Kategorien „Darstellung“ und „sozialer Wert“ hingegen sind nicht klar genug. Sie werden deshalb zunächst von der Matrix genommen.

### Diskussion und Ergebnisse

Es ist ein neues Bewertungsinstrument für Visualisierungen in Lab-Reports von Schülerprojekten entwickelt und in Anfängen validiert worden. Es wurden darin Kategorien und graduelle Abstufungen erstellt. Die zukünftigen Arbeiten befassen sich mit der Validierung des Bewertungsinstrumentes, untersuchen den Zusammenhang zwischen Text und Visualisierung und redefinieren die beiden Kategorien, die sich zum jetzigen Zeitpunkt als nicht verwertbar erweisen. Die Ergebnisse tragen dazu bei, naturwissenschaftliche Schülerprojekte unter Berücksichtigung der visuellen Elemente zu bewerten: nicht nur im

Rahmen naturwissenschaftsdidaktischer Forschung, sondern insbesondere auch zum Gebrauch für Lehrkräfte.

#### **Literatur**

- Dori, Y.J., & Sasson, I. (2008). Chemical understanding and graphing skills in an honors case-based computerized chemistry laboratory environment: the value of bi-directional visual und textual representations. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 219-250.
- Dori, Y.J., & Belcher, J.W. (2005). Learning electromagnetism with visualizations and active learning. In: J. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education*, 187-216.
- Jacobson, M.J. (2004). Cognitive visualizations and the design of learning technologies. *International Journal of Learning Technology*, 1, 40-62.
- Jonas-Ahrend, G. (2011). E-Mentoren bei der Virtual Science Fair – eine innovative Facette in der Lehrerbildung. *Journal Hochschuldidaktik*, 22(1), 13-15.
- Jonas-Ahrend, G. (2013). The project “virtual science fair” for promoting inquiry learning. In: *Initiatives in Mathematics and Science Education with Global Implication*, (in press).
- Mayer, R. E. (2002). Cognitive theory and the design of multimedia instruction: An example of the two way street between cognition and instruction. In D. F. Halpern & M. D. Hakel (Eds.), *Applying the science of learning to university teaching and beyond* (pp. 55–72). San Francisco: Jossey-Bass.
- Saar, L. (2007). Reading, understanding and analyzing adapted scientific articles: Integrating metacognitive skills and chemistry understanding level (un published doctoral dissertation in Hebrew). Technion – Israel Institute of Technology, Haifa, Israel.

## **Experimentieren mit älteren Generationen – Chemiedidaktische Aspekte bei der Heranführung von Senioren an chemische Inhalte**

### **Sachstandsanalyse**

Das vom Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft (BMBF) ausgelobte Wissenschaftsjahr läuft 2013 unter dem Titel „Die Demografische Chance“. Dies zeigt die Relevanz des Themas, denn durch den demographischen Wandel ist es wichtiger denn je, dass alle Menschen am gesellschaftlichen Leben partizipieren. Eine Grundlage hierfür ist die Bildung, die durch den Begriff des lebenslangen Lernens zunehmend an Bedeutung gewinnt. Bekannt ist zudem das Phänomen, dass „Chemie“ nicht nur zu den unbeliebtesten Schulfächern gehört (vgl. die Metastudie von MERZYN), sondern auch unter den Älteren in der Bevölkerung über kein hohes Ansehen verfügt. Dies wird auch durch diffuse Ängste vor Umweltverschmutzung und Chemieunfällen verstärkt.

Ein speziell für Ältere konzipiertes Experimentierprojekt soll diese anregen, über chemische Phänomene zu diskutieren und sie unterstützen, sich in einer Welt der Informationsflut zu orientieren, indem z. B. Risiken erkannt und bewertet werden. Die Didaktik der Chemie als Vermittlungswissenschaft hat als Aufgabe die Vermittlung von Chemieinhalten an eine breite Öffentlichkeit. Warum sollte dann nicht auch das Erkunden von chemischen Phänomenen für die ältere Generation im Mittelpunkt einer Untersuchung stehen, obgleich dieser Aspekt bislang noch nie thematisiert wurde?

### **Lebenslanges Lernen – Lernen im Alter**

Der Umgang mit älteren Lernenden birgt besondere Herausforderungen:

Das Lernen ist für Ältere nicht zukunftsgerichtet; die Freude am Tun im Hier und Jetzt steht im Vordergrund. Im Alter wird gelernt, um Orientierung in einer sich immer schneller wandelnden Welt zu finden (Veelken, Gregarek & Vries, 2005). Wichtig für die Lernenden ist, dass sie eine *Sinnhaftigkeit* im Lernprozess erkennen (Kocka & Staudinger, 2009). Dies bedingt non-formale Lernsettings, also organisiertes freiwilliges Lernen.

Während Kinder oft über intuitives Wissen verfügen, jedoch im Deuten von Experimenten Novizen sind, verfügen Ältere über ein umfangreiches Erfahrungswissen. Der Geragoge Veelken sieht als Voraussetzung im Lernen mit Älteren das dialogische Prinzip und das wechselseitige Lernen (Veelken, 2003, S. 71), d. h. ein Lernen zwischen den Lernenden und Lehrenden. Dies ist unter dem Aspekt wichtig, dass die Lernenden in der Regel in Ihrer Lebenszeit dem Lehrenden voraus sind.

Die intendierte Wirkung dieser explorativen Praxisstudie auf Grundlage der qualitativen Sozialforschung beinhaltet die Förderung naturwissenschaftlicher Bildung über das Erleben und Begreifen chemischer Phänomene und damit einhergehend eine Zunahme der Akzeptanz der Chemie. Es wird die Hypothese aufgestellt, dass durch das Experimentieren die senso-motorischen Kompetenzen geschult und unterstützt werden. Weitergehend wird untersucht, ob durch die Intervention die Kommunikation anregt wird. Eine erhöhte Aufmerksamkeit für naturwissenschaftliche Phänomene sowie das Überdenken bestimmter Positionen soll angeregt werden.

### **Kriterien für die Auswahl geeigneter Experimente**

Die für diese Experimentierreihe entwickelten Versuche sollten sicher und einfach durchzuführen sein, mit reproduzierbaren Ergebnissen. Alle Untersuchungen haben einen bedeutsamen Alltagsbezug, sind mit sinnlicher Erfahrung verknüpft und in der Regel mit preiswerten Supermarktprodukten durchführbar. Die Deutungen der Experimente sind

didaktisch so reduziert, dass sie ohne die abstrakte Formelsprache auskommen, jedoch sinnvoll nachvollziehbar sind.

#### *Durchführung*

Geplant wurden zunächst vier 90minütige Treffen, die nach Absprache der Teilnehmenden in einem wöchentlichen bzw. 14-tägigen Turnus stattfinden können. Je nach Wunsch kann die Experimentierreihe noch um bis zu vier weitere Treffen verlängert werden. Die Teilnehmer sollen zudem animiert werden, eigene Themen und Fragestellungen einzubringen, die in der Gruppe experimentell bearbeitet werden können.

Besonders wichtig für das Gelingen und um eventuell vorhandene Vorbehalte aufzulösen, ist ein aktivierender Einstieg. Dies wird durch die Eröffnung der Veranstaltung mit jeweils einer Wissensbegierde weckenden Frage erwirkt, wie z.B.: Wonach riecht es hier? Warum sagen die Norddeutschen Rotkohl und die Bayern Blaukraut? Können Metalle brennen? Was sind Gase und wozu sind diese nütze?

Seit Mitte 2011 wurde dieses Experimentierprojekt mit 9 Gruppen, d. h. mit insgesamt über 100 TN durchgeführt.

#### **Ergebnisse**

Durch die qualitativen Inhaltsanalyse der Interviews, die jeweils nach der Experimentierreihe durchgeführt wurden, konnten die Teilnehmenden anhand ihrer Lerngewohnheiten kategorisiert werden: Knapp 2/3 der Teilnehmenden sind formale Settings gewohnt und wünschen sich eine strukturierte Umgebung. Durch einen wiederholten geregelten Ablauf sowie Arbeitsblätter mit den jeweiligen Arbeitsaufträgen und Platz für Notizen wurde dem Wunsch nach Struktur Rechnung getragen. Diese Teilnehmer/innen waren vorerst zurückhaltend im Formulieren eigener Fragen.

Jeder zehnte Teilnehmende ist es gewohnt, aktiv und selbsttätig zu lernen. Diese Personen führen ein reges, sozial stark eingebundenes Leben und sind in den Diskussionen auch oft Wortführer.

Die dritte Gruppe bilden zu ca. ¼ Ältere, die aktives Lernen nicht gewohnt sind und große Vorbehalte gegenüber „Lernumgebungen“ jeglicher Art haben, wobei der Anteil an Hochaltrigen überwiegt. Hier galt es, einerseits genaue Anleitungen sowie behutsame Unterstützung bei der Deutung zu geben und gleichzeitig den Teilnehmenden genügend Freiraum zu lassen, sodass sie sich nicht wie in der Schule fühlten.

Insgesamt kann gezeigt werden, dass die Ressourcen Älterer durch Verknüpfen von Erfahrungswissen mit neuen Inhalten durch diese Interventionsstudie aktiviert wurden. Zudem entwickelten die Teilnehmenden eine positive affirmative Resonanz gegenüber Naturwissenschaften, insbesondere der Chemie.

Es stellte sich auch heraus, dass die Kommunikation untereinander und nach außen, d. h. mit Verwandten und/oder Freunden, über Zeit und Inhalt dieser Experimentierreihe hinaus angeregt wurde.

#### **Ausblick**

Wünschenswert wäre ein institutionelles Festigen von Chemie-Lernformaten speziell für Ältere, sodass mehr Ältere von diesem Angebot angesprochen werden und sie dies auch in Anspruch nehmen können.

Zudem werden weitere Angebotsformen entwickelt, in denen z. B. das intergenerationelle Arbeiten im Vordergrund stehen wird.

Die Zielgruppe wird erweitert, indem auch Menschen im Alter 50+ angesprochen werden. Hierzu werden zusätzlich neue Experimente entwickelt, die aktuelle Themen mit in das Blickfeld nehmen.

Entgegen der Erwartungen zeigte sich auch hier die Tendenz, dass überwiegend Frauen an

Weiterbildungen für Ältere teilnehmen. Der Genderaspekt soll bezüglich des Experimentierangebots noch genauer untersucht werden.

Denkbar wäre auch ein Einbinden dieses Lernsettings in die Ausbildung von Altenpfleger/innen und Sozialarbeiter/innen, damit auch älteren Menschen in Altenheimen und Seniorenwohngemeinschaften, die nicht mehr so mobil sind, ein breitgefächertes Lernangebot zur Verfügung steht.

Im Zuge der Studie werden Medien untersucht, ob und wie naturwissenschaftliche Themen speziell für ein älteres Publikum aufbereitet werden.

Im nächsten Durchgang wird die Untersuchungsmethodik erweitert. So sollen neben der teilnehmenden Beobachtung auch Videoaufzeichnungen einzelner Treffen durchgeführt werden, um die eher subjektiven Eindrücke der teilnehmenden Beobachtung durch wiederholte Betrachtungen der Videoaufnahmen zu ergänzen.

Abschließend möchte ich zwei Zitate aus den Interviews wiedergeben:

Frau K. (66) antwortete auf die Frage, wie ihr das Projekt gefallen hat:

*„Man hat ja irgendwie ein AHA-Syndrom bei den Sachen, die wir gemacht haben, da war ja auch viel Alltägliches hier drin, dass das Gelernte gut umzusetzen war.“*

Frau Z. (81) antwortete: *„Das hat mich hier neugierig gemacht. Ich fand erstaunlich, was man so alles lernen konnte. Also, dass ich noch mal so viel lerne in meinem Leben.“*

#### **Literatur**

BMBF Wissenschaftsjahr – [www.demografische-chance.de/](http://www.demografische-chance.de/) (zuletzt abgerufen am 1. 10. 2013)

Kocka, J. & Staudinger, U. M. (Hrsg.) (2009). Gewonnene Jahre. Empfehlungen der Akademiengruppe Altern in Deutschland, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, Bd.9, Halle.

Merzyn, G. (2008). Naturwissenschaften, Mathematik, Technik - immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.

Veelken, L. (2003). Reifen und Altern – Geragogik kann man lernen, Athena Verlag, Oberhausen

Veelken, L., Gregarek, S. & Vries, B. (2005). Altern, Alter, Leben lernen. Geragogik kann man lehren. Athena (13), Oberhausen.

## Praxiseinsatz von Visualisierungen in Chemievorlesungen

In Zusammenarbeit mit der Faculty of Agriculture und der Faculty of Education der Shizuoka University (Japan) wurden interaktive 2D-Animationen chemischer Grundkonzepte und 3D-Molekülmodelle als begleitende Visualisierungen für eine Grundlagenvorlesung der Chemie erstellt. Durch den gezielten Einsatz von Visualisierungen sollen die Studierenden in ihrem Lernprozess gezielter unterstützt werden. In einer Kontrollgruppenstudie, welche im Pre-Post-Design erfolgte, wurden die bisherige und die mediengestützte Form der Vorlesung mit einer Fragebogenstudie zur Dokumentation von Veränderungen begleitet.

Der verwendete Fragebogen ist angelehnt an die „Cognitive theory“ von Bandura (1986). Für die Konstruktion des Fragebogens wurden der „Chemistry attitudes and experiences questionnaire“ (Dalgety et al., 2003), die „Chemistry self-efficacy scale“ (Uzuntiryaki & Çapa Aydın, 2009), der Fragebogen zu „Computer skills and Learning“ (Forman & Pomerantz, 2006) sowie die „Computer user self-efficacy scale“ (Yavuz, 2005) verwendet. Hierbei wird davon ausgegangen, dass Lernerfahrungen sowohl die „Attitude towards chemistry“ als auch die „Chemistry self-efficacy“, die Selbstwirksamkeitserwartung, der Studierenden beeinflusst, sich in weitere Chemiekurse einzuschreiben. Die ermittelte Selbstwirksamkeit wird bei der vorliegenden Studie als Indikator der akademischen Leistung genutzt. Der Fragebogen umfasst Items zur Wahrnehmung der Chemie und verwandten Themen, der Selbsteinschätzung der Fähigkeiten in Bezug auf Chemie, dem Vertrauen in das Erledigen unterschiedlicher „chemietypischer“ Aufgaben und der Nutzung und Einstellung der Studierenden gegenüber der Integration von computergestützter Lehre. Die Items wurden durch eine Faktoranalyse den Hauptskalen „Attitude towards Chemistry“, „Self-efficacy for cognitive skills“, „Self-efficacy for everyday applications“, „Computer usage and individual learning“ und „Computer usage in Higher Education“ zugeordnet.

### Studienverlauf der Teilstudie 1: Chemistry lecture 1

In dieser ersten Teilstudie wurde der erste Teil einer zweisemestrigen Grundlagenvorlesung Chemie (Chemistry lecture 1) untersucht, die im ersten Studiensemester besucht wird. An der ersten Teilstudie nahmen die Studierenden der Studiengänge Forestry Science, Applied Bioscience und Bioscience teil. Die Vorlesung wurde parallel als Basic-Kurs mit einem geringeren Anforderungsniveau bzw. Advanced-Kurs mit einem höheren Anforderungsniveau (z. B. Berücksichtigung der mathematischen Modelle des Orbitalmodells) von zwei Dozenten durchgeführt. Die Verteilung der Studierenden in die Kurse basiert auf der Leistung im Eingangstest für die Universität. Die Vorlesung umfasste für beide Kurse Themen der allgemeinen Chemie (Atomaufbau, anorganische Verbindungen, Reaktivitäten von Reinstoffen) und Begriffe (Molarität, Konzentration, etc.) der Chemie. Die Visualisierungen wurden während der Vorlesungen verwendet und standen zusätzlich auf einer eLearning-Plattform für die individuelle Lernphase zur Verfügung.

### Auswertung der Fragebogenstudie

Die Fragebögen wurden mittels SPSS 20 erfasst und ausgewertet. Zuerst wurden die einzelnen Skalen der vier Teilgruppen (CB: Kontrollgruppe Basic; CA: Kontrollgruppe Advanced; TB: Experimentalgruppe Basic; TA: Experimentalgruppe Advanced) berechnet. Um die Veränderungen durch die Lehrform zwischen den Kontroll- und

Experimentalgruppen verglichen zu können, wurde im Anschluss eine neue Vergleichsvariable aus der Differenz der Post- und Pre-Ergebnisse berechnet und diese anschließend mittels H-Test verglichen.

Insgesamt nahmen an dieser Untersuchung 176 (Kontrollgruppe) bzw. 163 Studierende (Experimentalgruppe) teil. Die Studierenden verteilten sich dabei zu etwa gleichen Teilen auf den Basic- (CB: n = 87; CA: n = 89) bzw. Advanced-Kurs (TB: n = 83; TA: n = 80). Der Hauptteil der Studierenden befand sich zu diesem Zeitpunkt im Alter von 18/19 Jahren (CB: 88,6 %; CA: 96,5 %; TB: 88,8 %; TA: 96,4 %). Unterschiede zeigten sich in der Geschlechtsverteilung zwischen den verschiedenen Kursen. In den Advanced-Kursen lag der Anteil der männlichen Teilnehmer mit ca. 64 % leicht höher als in den Basic-Kursen mit ca. 60 %. Bei der Betrachtung der Verteilung nach Studienrichtung ist ebenfalls ein Unterschied zwischen den Kursarten zu erkennen. Die Studierenden der Forestry science und Bioscience besuchen eher die Basic-Kurse, während die Studierenden der Applied Bioscience eher die Advanced-Kurse besuchen.

Unabhängig von der Zuordnung zu den Untersuchungsgruppen schätzen die Studierenden der Kurse CB, CA und TA ihre Computerkenntnisse als grundlegend ein (ca. 64 %). Auffällig ist der um ca. 10 % höhere Anteil der Studierenden der Gruppe TB, der angibt grundlegende Computerkenntnisse zu besitzen und der große Anteil der Studierenden der Gruppe TA, welche angeben, gar keine Computerkenntnisse zu besitzen (25,6 %). Der Anteil dieser Nutzergruppe liegt im Vergleich der Gruppen bei 2 bis ca. 10 %.

*Tab. 1: Ergebnisse des H-Tests der vier Teilgruppen CB, CA, TB und TA.*

Scale	Group	N	Medium ranking	$\chi^2$	df	asymptotic significance
Attitude towards chemistry	CB	79	160,25	5,853	3	<b>0,119</b>
	CA	79	133,42			
	TB	75	164,95			
	TA	73	156,16			
Chemistry self-efficacy	CB	79	193,58	34,377	3	<b>0,000</b>
	CA	79	124,75			
	TB	75	169,11			
	TA	73	125,20			
Self-efficacy for cognitive skills	CB	79	179,59	16,546	3	<b>0,001</b>
	CA	79	127,66			
	TB	75	165,59			
	TA	73	140,80			
Self-efficacy for everyday applications	CB	79	198,66	35,826	3	<b>0,000</b>
	CA	79	118,64			
	TB	75	158,64			
	TA	73	137,08			
Computer usage and individual learning	CB	78	157,29	10,514	3	<b>0,015</b>
	CA	79	175,35			
	TB	74	143,29			
	TA	73	131,98			
Computer usage in Higher Education	CB	77	141,79	1,882	3	<b>0,597</b>
	CA	79	158,69			
	TB	74	157,64			
	TA	73	149,81			

Bei der Auswertung des H-Tests fallen im Vergleich zwischen den vier Teilgruppen der Studie signifikante Veränderungen bei den Hauptskalen „Chemistry self-efficacy“, „Self-efficacy for cognitive skills“, „Self-efficacy for everyday applications“ und „Computer usage and individual learning“ auf (s. Tab. 1). Zur Unterscheidung homogener Subgruppen wurden für diese Skalen U-Tests zwischen den einzelnen Gruppen durchgeführt (s. Tab. 2). Insgesamt zeigt sich dabei ein eher uneinheitliches Bild: Während die Bewertung der „Chemistry self-efficacy“ für CB und TB höher ist, liegt die Bewertung der Skalen für die Gruppen CA und TA niedriger. Bei der Skala „Self-efficacy for cognitive skills“ kann eine Trennung zwischen den Basic- und Advancedgruppen gemacht werden. Die beiden Experimentalgruppen liegen in der Selbsteinschätzung nahe beieinander, sodass hier eine weitere Gruppe gebildet wird.

Tab. 2: Ergebnisse der U-Tests der vier Teilgruppen CB, CA, TB und TA. Die Pfeile geben die Tendenzen der Selbsteinschätzung anhand der berechneten mittleren Ränge an.

	1	2	3
Attitude towards chemistry	Keine signifikanten Unterschiede		
Chemistry self-efficacy ↑	CB, TB ↓	CA, TA	
Self-efficacy for cognitive skills ↑	CB, TB	TA, TB ↓	CA, TA
Self-efficacy for everyday applications ↑	CB	TA, TB ↓	CA, TA
Computer usage and individual learning ↑	CA, CB ↓	CB, TB, TA	
Computer usage in Higher Education	Keine signifikanten Unterschiede		

Bei „Self-efficacy for everyday applications“ hingegen bewertet allein CB die Skala höher, während CA und TA eine geringere Einschätzung treffen. TB bildet die mittlere dritte Gruppe, welcher auch TA zugeordnet werden kann. Anscheinend wurde der Umfang der Themen aufgrund der Einführung der Visualisierung reduziert, welches die Studierenden unsicherer macht. Werden die Visualisierungen in der Vorlesung verwendet, so werden die Möglichkeiten in der Skala „Computer usage and individual learning“ von den Studierenden schlechter bewertet als in der bisherigen Form der Vorlesung. Dies wurde in der Beobachtung der Vorlesung widerspiegelt, bei der das Interesse der Studierenden an den Visualisierungen innerhalb der Vorlesung hoch war, die Nutzung der eLearning-Plattform jedoch nur gering ausfiel. Insgesamt ist festzuhalten, dass die Studierenden eine Tendenz zur geringen Einschätzung der eigenen Fähigkeiten aufweisen. Dieses wird sowohl in den Ergebnissen des Fragebogens als auch in der Vorlesungsbeobachtung selbst aus. So wurden direkte Fragen der Dozenten nur durch die stärkeren Studierenden beantwortet.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die Basicgruppen weisen bei der Analyse der Ergebnisse der Teilstudie 1 eine höhere Bewertung der eigenen Fähigkeiten auf als die Advancedgruppen. Dies gilt jedoch nicht uneingeschränkt, da bei der Analyse der homogenen Subgruppen Überschneidungsgruppen gebildet werden konnten, die zwischen den beiden Extremen stehen. Das Bild ist hier uneinheitlich und sollte durch die weitergehende Analyse der Ergebnisse auch im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Teilstudie 2 vertieft werden. Die gruppenabhängige Bewertung der Selbsteinschätzung scheint im Anforderungsniveau und ggf. auch in der Person des Lehrenden zu liegen.

### Literatur

- Bandura, A. (1986). The Explanatory and Predictive Scope of Self-Efficacy Theory. *Journal of Social and Clinical Psychology*, 4(3), 359-373.
- Dalgaty, J., Coll, Richard K., & Jones, A. (2003). Development of Chemistry Attitudes and Experiences Questionnaire (CAEQ). *Journal of Research in Teaching Science*, 40(7), 649-668.
- Forman, L. J., & Pomerantz, S. C. (2006). Computer-Assisted Instruction.: A Survey on the Attitudes of Osteopathic Medical Students. *The Journal of the American Osteopathic Association*, 106(9), 571-578.
- Gallagher, D. (2007). Learning styles, self-efficacy, and satisfaction with online learning: Is online learning for everyone? Dissertation. Graduate College of Bowling Green.
- Uzuntiryaki, E., & Çapa Aydın, Y. (2009). Development and Validation of Chemistry Self-Efficacy Scale for College Students. *Research in Science Education*, 39(4), 539-551.
- Yavuz, S. (2005). Developing A Technology Attitude Scale For Pre-Service Chemistry Teachers. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 4(1), 17-25.

## **Aufgaben mit Sofort-Feedback: Stärken einer Online-Lernumgebung**

### **Zusammenfassung**

Feedback ist für Lernende wichtig, damit sie ihren Lernfortschritt und Lernerfolg beurteilen können und eine Orientierung für das weitere Lernen erhalten. Im Rahmen des Unterrichts ist es dem Lehrer jedoch in der Regel nicht möglich, allen Schülerinnen und Schülern ein individuelles Feedback direkt im Lernprozess zu geben. Hier bietet eine [Online-Lernumgebung](#) zum Thema „Ablenkung von Elektronen im elektrischen Feld“ Unterstützung an. Beim Bearbeiten verschiedener Aufgaben erhalten die Nutzer auf unterschiedliche Arten ein prozessbegleitendes Feedback durch die Lernumgebung. Erste Untersuchungen zeigten, dass Zuordnungsaufgaben mit anforderbarem Feedback besonders attraktiv für Nutzer zu sein scheinen. Ein Feedback, bei dem zwei Funktionsgraphen miteinander verglichen werden müssen, konnte hingegen nicht immer effektiv genutzt werden.

### **Theoretischer Hintergrund**

Das Thema Feedback hat eine lange, gut dokumentierte Forschungshistorie. Standen dabei zunächst eher psychologische Aspekte im Vordergrund (etwa Thorndike, 1913), so fanden spätestens seit Skinner (1968) auch Fragen nach dem Einfluss von externem Feedback, d. h. von Rückmeldungen anderer Personen, auf Lehren und Lernen Beachtung. Basierend auf den sich weiterentwickelnden Theorien zur Informationsverarbeitung, wurde auch die Rolle des Feedbacks immer wieder neu in Augenschein genommen und ihre Wichtigkeit mit Aussagen wie „this component is one of the more instructionally powerful“ (Cohen, 1985, S. 33) betont. Die Nutzung von Computern als Lernmedium und die damit verbundene Vielzahl neuer Feedbackmöglichkeiten hat das Forschungsfeld nochmals erweitert.

Eine für die Lehr-Lernforschung geeignete Definition von externem Feedback bietet Shute (2008). Sie bezeichnet Feedback als „information communicated to the learner that is intended to modify his or her thinking or behavior for the purpose of improving learning“ (Shute, 2008, S. 154). Feedback kann bezüglich verschiedener Kriterien unterschieden werden. Von besonderer Bedeutung sind in der vorgestellten Online-Lernumgebung speziell Differenzierungen bezüglich des Zeitpunktes und des Inhaltes. Rückmeldungen können direkt im Lernprozess gegeben werden. Sie können aber auch, wie bei der Benotung von Klassenarbeiten, zeitlich verzögert erfolgen oder nur auf gesonderte Anforderung hin stattfinden. Hinsichtlich des Inhaltes werden in der Literatur u. a. folgende Formen genannt:

- Knowledge of Performance (KP): Die Lernenden bekommen ein summatives Feedback, beispielsweise, wie viele Teile einer Aufgabe korrekt gelöst wurden.
- Knowledge of Result (KR): Die Rückmeldung sagt, ob die Antwort richtig oder falsch ist.
- Knowledge of the Correct Result (KCR): Die korrekte Antwort wird präsentiert.
- Answer until Correct (AUC): Nach dem KR-Feedback muss die Aufgabe erneut bearbeitet werden, bis die richtige Lösung gefunden wurde.
- Elaborated Feedback (EF): Zusätzlich zu richtig oder falsch werden Informationen zum Fehler oder zur Fehlerkorrektur geliefert.

Feedback soll zunächst Diskrepanzen zwischen erbrachter und angestrebter Leistung aufzeigen. Dies ist direkt im Lernprozess besonders hilfreich, da so inhaltliche Fehler vermieden werden. Weiter regen direkte Rückmeldungen regulative Prozesse wie bspw. die Fehlersuche an und können so auch zu einem tieferen Verständnis führen.

### Die Online-Lernumgebung

Die Bewegung von Elektronen im elektrischen und magnetischen Feld ist sowohl im Gymnasium als auch in den Fach- und Berufsoberschulen Bestandteil des Physiklehrplanes einiger Bundesländer. In den Abitur- bzw. entsprechenden Abschlussprüfungen kommen ebenfalls immer wieder Aufgaben aus diesem Themenkreis vor, da hierbei, neben Fragen zum experimentellen Vorgehen, Aufgaben mit eher theoretisch-mathematischem Schwerpunkt gestellt werden können. Der Zusammenhang zwischen Experiment und mathematischer Beschreibung verdient aber auch im Lernprozess besondere Beachtung.

*Verknüpfung von Theorie und Experiment:* In der Regel können Versuche mit der Elektronenstrahlröhre im Unterricht nur als Demonstrationsexperiment durchgeführt werden. Dabei sind die Schülerinnen und Schüler weitgehend in einer passiven Rezipientenrolle und werden erst wieder zu Handelnden, wenn die Formel für die Bahn der Elektronen hergeleitet ist und mit ihrer Hilfe Werte berechnet werden sollen. Die Lernumgebung ermöglicht Experimente am Computer, wobei mithilfe von Schieberegler die Versuchsparameter eingestellt werden können (vgl. Abb. 1). Auch den Prozess der Mathematisierung können die Schülerinnen und Schüler selbstständig handelnd durchlaufen. Dazu verfügt die Lernumgebung über eine Eingabezeile für Funktionsgleichungen. In diese können beliebige Funktionsgleichungen eingegeben werden. Der Computer plottet diese dann direkt über das Bild des Experimentes (vgl. Abb. 2). Alternativ sind Formelbausteine einblendbar, die bei der Ermittlung der gesuchten Funktionsgleichung helfen.

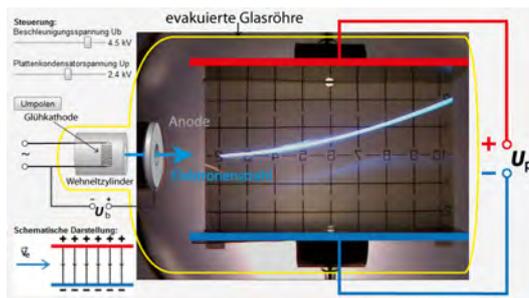


Abb. 1: Skizze des Versuchsaufbaus über dem Bild des Experimentes und Regler zur Steuerung

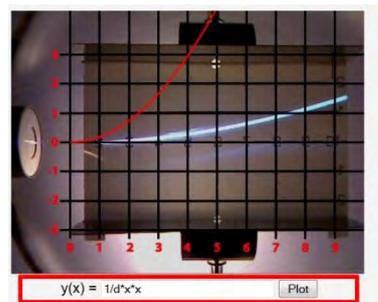


Abb. 2: Eingabezeile und Plot der Funktionsgleichung

*Multiple Repräsentationen:* Zusätzlich nutzt die Lernumgebung Multiple Repräsentationen, um Theorie und Experiment besser zu verzahnen. So erfolgt der Übergang von der Skizze des Versuchsaufbaus zum Bild des Experimentes mittels animierter und ineinander integrierter Darstellung (vgl. Abb. 1). Weiter ist die durch den Nutzer per Schieberegler eingestellte, aktuelle Konfiguration des Experimentes in einer schematischen Darstellung visualisiert. Dem Nutzer werden hier auf visuellem Weg die Auswirkungen seiner Tätigkeit vorgeführt. Gleiches gilt für den Plot des Funktionsgraphen. Dieser passt sich den Eingaben des Nutzers an, verändert sich bei Regelung der Spannungen und ist damit eine Visualisierung der symbolischen Funktionsgleichung.

*Aufgaben in der Lernumgebung:* Dem Nutzer werden in der Lernumgebung verschiedene Aufgaben gestellt, die auf unterschiedliche Arten bearbeitet werden müssen und ein entsprechendes Feedback liefern. So sollen zunächst Hypothesen aufgestellt und anschließend experimentell überprüft werden, bevor der Nutzer auf Anforderung Feedback in Form von *Knowledge of Result* erhält. Während der Bestimmung der Funktionsgleichung für die Elektronenflugbahn wird durch den Plot ein graphisches Sofort-Feedback gegeben. Dieses kann als elaboriertes Feedback klassifiziert werden, da es nicht nur richtig oder falsch visualisiert, sondern weitere Informationen über den Fehler bereitstellt. Zur Sicherung der Erkenntnisse

folgt eine Reihe von Fragen, deren Feedback vom Typ *Answer until Correct* ist (vgl. Abb. 3). Weiter müssen physikalische Fachbegriffe dem Versuchsaufbau zugeordnet (vgl. Abb. 4) und passende Netzgeräte für das Experiment ausgewählt werden. Bei beiden Aufgaben kann durch den Nutzer *Knowledge of Result*-Feedback angefordert werden. Die abschließende Aufgabe fordert das Errechnen der Ablenkspannung bei vorgegebener Beschleunigungsspannung und bietet sofortiges, elaboriertes Feedback durch einen Plot.

Die Elektronen werden beim Flug durch ein senkrecht zur Flugbahn stehendes E-Feld eines Plattenkondensators

nicht abgelenkt  abgelenkt

Die Flugbahn der Elektronen im dazu senkrecht stehenden E-Feld eines Plattenkondensators ist

kreisförmig  parabolförmig  geradlinig

Je größer die Beschleunigungsspannung  $U_b$ , ...

desto größer die Ablenkung in y-Richtung  desto kleiner die Ablenkung in y-Richtung

Je größer die Ablenkspannung  $U_a$ , ...

desto größer die Ablenkung in y-Richtung  desto kleiner die Ablenkung in y-Richtung

Die Funktionsgleichung, die die Flugbahn beschreibt, lautet:

$y(x) = \frac{U_a}{4U_b} \cdot x^2$    $y(x) = \frac{U_a}{24U_b} \cdot x^2$    $y(x) = \frac{U_a}{24U_b} \cdot x$

Abb. 3: Fragen mit AUC-Feedback

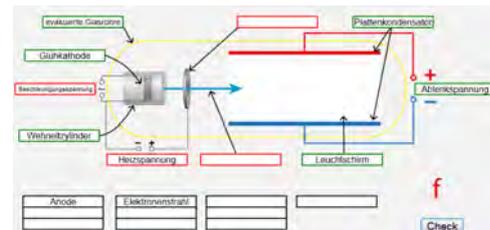


Abb. 4: Aufgabe zur Zuordnung von Fachbegriffen mit KR-Feedback auf Anforderung

### Erste Ergebnisse

Zur Identifikation möglicher Verständnis- und Bedienungsschwierigkeiten der Lernumgebung wurde eine Voruntersuchung mit Studierenden des Lehramtes Physik zwischen dem 3. und 7. Semester durchgeführt. Die Auswertung erfolgte über eine Analyse der Logfiles. Diese zeigte bei den 16 Probanden, die zur korrekten Formel gelangten, im Durchschnitt 29 experimentelle Aktivitäten und 13 Formeleingaben. Die Interaktionsmöglichkeiten mit der Lernumgebung wurden also genutzt. Allerdings ist die Zahl der benötigten Formeleingaben bis zur korrekten Lösung sehr hoch. Dies deutet darauf hin, dass das graphische Feedback durch den Plot nur unzureichend als elaboriertes Feedback genutzt werden kann. Hier sind weitere Maßnahmen, bspw. zusätzliches textuelles Feedback oder Anreize zur intensiveren Fehleranalyse, nötig.

Bei der Aufgabe zur Zuordnung von Fachbegriffen zeigte sich eine sehr niedrige Abbruchquote. So lösten sechs Probanden die Aufgabe noch korrekt, obwohl sie mehr als dreimal ein Feedback erhielten, das auf Fehler hinwies (vgl. Abb. 5). Noch deutlicher wurde dies bei der Aufgabe zur Auswahl passender Netzgeräte. Hier benötigten neun Probanden mehr als sechs Versuche auf dem Weg zur korrekten Lösung. Selbst angefordertes Feedback des Typs *Knowledge of Result* führt also in der Regel nicht zu einem Abbruch der Aufgabenbearbeitung und erscheint daher für physikalische Auswahl- und Zuordnungsaufgaben gut geeignet.

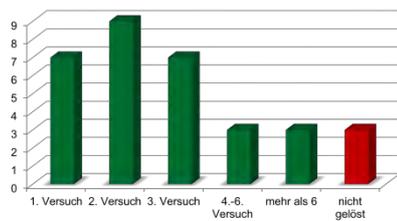


Abb. 5: Benötigte Lösungsversuche beim Zuordnen von Fachtermini

### Literatur

- Cohen, V. B. (1985). A reexamination of feedback in computer-based instruction: Implications for instructional design. *Educational Technology*, 25(1), 33-37.
- Mason, B., Bruning, R. (2001). Providing Feedback in Computer-based Instruction: What the research tells us. Retrieved 2013 from <http://dwb.unl.edu/Edit/MB/MasonBruning.html>
- Shute, V. J. (2008). Focus on Feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153-189.
- Skinner, B. F. (1968). *The Technology of Teaching*. New York: Meredith Corporation.
- Thorndike, E. L. (1913). *The Original Nature of Man*. *Educational Psychology*. Volume 1: New York: Columbia University, Teachers College.

## **(Mini)Phänomena Dimensionen der Arbeit mit interaktiven Exponaten**

Seit 2003 besteht das Kooperationsprojekt „Miniphänomena“ in Zusammenarbeit der Universität Flensburg unter Federführung von Prof. Dr. Lutz Fiesser und der Stiftung Nordmetall sowie weiterer Metallverbände im gesamten Bundesgebiet. Das 10-jährige Jubiläum soll für einen summativen fachdidaktischen Blick von gestern nach morgen der Anlass sein, denn das Lernen an Experimentierstationen oder Exponaten, das zuweilen vorwiegend in Science Centern zu finden ist, hat eine deutlich längere Tradition. Darüber hinaus entwickelt sich das Projekt aktuell über Bundesgrenzen und Projektgrenzen hinweg.

### **Vom Phänomen zur Phänomena und Miniphänomena**

Im Projekt Miniphänomena entstehen frei zugängliche Experimentierstationen in den Fluren der Primar- und Sekundarstufe. Durch geeignete Fortbildung der Lehrkräfte, ein Erfahrungsfeld mit 52 Phänomenen aus Naturwissenschaft und Technik und fachliche Hilfestellungen werden Eltern in die Lage versetzt, interaktive Exponate selbst zu bauen und so einen entscheidenden Beitrag für die Entwicklung selbstgesteuerten, offenen, forschenden Lernens in der Grundschule zu leisten. Die entwickelten Exponate stehen der Schule, in Folge für den Unterricht aber vor allem neben dem Unterricht, im Schulflur zur Verfügung. In mehreren Arbeiten wurde nachgewiesen, dass Grundschüler erheblich von diesen Erfahrungsmöglichkeiten profitieren (Holst, 2005; Sauer, 2005) und Interessen, Fähigkeiten und Einstellungen sich bis zur Klasse 4 signifikant ändern (Asmussen, 2007) und dass diese positiven Einflüsse bis weit in die Sekundarstufe 1 hinein tragen (Sommer, 2010, 2012): Miniphänomena hat sich als Instrument gezeigt, mit dem Jugendliche sich selbst als fähig und interessiert an Naturwissenschaft und Technik erleben können. Die Arbeit mit interaktiven Experimentierstationen, die seit den 80er Jahren in Flensburg betrieben wird, führte zunächst zur Entwicklung und Fortentwicklung von Science Centern, wie der Phänomena, ein Haus in dem Akkomodationsprozesse, wie sie Jean Piaget beschreibt oder genetisches Lernen, wie es Martin Wagenschein (2008) nennt, gefördert werden (Fiesser, 2005). Der Schritt von der Phänomena zur Miniphänomena, um das Jahr 2003 herum, ist unter anderem dadurch entstanden, dass ein Defizit der Science Center gerade für Grundschüler zu offensichtlich wurde: es fehlt in diesem Lernort in den meisten Fällen an der Zeit, sich intensiv und wiederholt auf ein fragwürdiges Phänomen einzulassen. Da die intensive Auseinandersetzung mit einer Experimentierstation, bei der aus dem Staunen durch das eigene Handeln und ohne die externe Vorgabe von Lösungshinweisen oder Antworten, Verständnis erwächst, wenigstens eine halbe Stunde dauert (Fiesser, 2005), darf es nicht verwundern, dass ein Science Center Besuch in der Regel mit viel Bewegung, Lärm und offensichtlichem Spaß verbunden ist, dass aber das individuelle Forschen und das von einem Phänomen „gefangen sein“, genauer tiefergehende Lernstufen wie sie Vermunt und Barriault beschreiben, nur bedingt und von vor allem sozialen Faktoren wie Gruppengröße, Gruppenzugehörigkeit, Gruppenzusammensetzung und Alter begrenzt beobachtet werden können (Schließmann, 2005, S. 85). Aus eigenen Untersuchungen und aus dem Feld der Lernlabore übertragbar, zeigt sich darüber hinaus das Problem der Ausprägungsrelativierung von Interessen und Einstellungen (Bolte, 2007; Pawek, 2009). So entstand der Gedanke, in Grundschulen, altersgerechte Experimentierstationen zu etablieren und gleichsam jeder Grundschule ein eigenes Erfahrungsfeld zu liefern. Heute ist das Projekt Miniphänomena in fast allen Bundesländern, an über 1300 Grundschulen, vertreten, über 600.000 Schülerinnen und Schüler erhielten Zugang zu den interaktiven Exponaten. In über 1000 Schulen bauten die Eltern Exponate nach. Neben dem

Projektansatz für die Primarstufe laufen ähnliche Ansätze im Elementarbereich (Versuch macht klug) und in der Sekundarstufe (Miniphänomente PLUS).

### **Fachdidaktische Zuordnung des Projektes**

Die fachdidaktische Zuordnung des Projektes in ein Forschungsfeld gelingt nur bedingt, zunächst weil es sich bei dem Projekt nicht um einen schulischen und ebenso wenig außerschulischen Lernort handelt, Ziele ähnlich, aber Ansätze zuweilen deutlich verschieden sind (Sommer, 2010, S. 47f.). Der Begriff des interaktiven Lernens, wie hier schon angewandt, wird überwiegend im multimedialen Bereich oder in der Wechselwirkung von Personen angewandt (Abels, 2004, S. 201ff.). Eine Übertragung auf die Experimente oder Exponate in Science Centern geben Fiesser und Kiupel (1999, S. 148) oder Schenzer (2006, S. 37). Forschendes Lernen, wie es Kircher, Girdwiz und Häußler (2009, S. 174f.) beschreiben, ist ein Teil des Projektes, damit aber nur unscharf beschrieben. Eine genauere Einordnung lässt sich mit Hilfe des Begriffes des offenen Experimentierens finden. Priemer (2011) unterscheidet sechs Dimensionen einer Experimentieraufgabe. Der Bereich Fachinhalt ist am Exponat durch das Phänomen vorgegeben, Strategie und Methode zuweilen durch die Konstruktion vorskizziert, Lösungswege, Lösungen und Phasen dagegen intrapersonell und interpersonell individuell. Allgemein zeigt sich das Projekt sehr offen in seiner Dimensionierung, was auch zu individuell stark unterschiedlichen Ausprägungen an den teilnehmenden Schulen führt. Allgemein lässt sich eine starke Abhängigkeit der Effekte von der zeitlichen Einwirkdauer finden. „Eine lange Verweildauer [...] führt zu höheren Ausprägungen [...].“ (Sommer, 2010, S. 297). Vor diesem Hintergrund zeigen die Forschungen der vergangenen Dekade verschiedene Auswirkungen, vor allem im Bereich der motivationalen Persönlichkeitsmerkmale.

### **Zentrale Forschungsergebnisse zum Projekt Miniphänomente**

Sauer (2005) findet an Hand von Interviews, Beobachtungen und Fragebögen, dass Kinder in allen Altersgruppen der Grundschule in der Lage sind, sich Experimentierstationen intensiv, sinnlich und spielerisch zu erschließen. Überwiegend experimentieren sie in Gruppen, sie suchen dabei klassenstufenunabhängig und situationsübergreifend das Gespräch mit ihren Mitschülern und entwickeln dabei eine eigene Sprache zu den dargebrachten Phänomenen. Holst (2005) war in der Lage mit Hilfe von Concept Maps und „Lautem Denken“ die Verhaltensweisen an den Experimentierstationen zu beobachten und zu protokollieren. Zunächst fiel auf, wie begeistert die Schülerinnen und Schüler auf die Stationen zugehen. Sie versuchten in möglichst kurzer Zeit alles zu erleben. In den ersten Tagen war die Verweildauer an einer einzelnen Experimentierstation relativ kurz, fast immer weniger als 2 Minuten. Vom 3. Tag an änderte sich das Verhalten. Die Schüler kamen gezielt in kleinen Gruppen auf eine Station zu, setzten sie in Betrieb und diskutierten über das Phänomen und seine Zusammenhänge. Es zeigte sich, dass etwa 80 % der Schüler 80 % der Stationen am Ende von 2 Wochen Experimentierzeit in eigenen Worten erklären konnten. Dabei kam es zu Beginn der 2. Woche zu maximalen Verweildauern, die auch über 3 Minuten hinausgingen. Asmussen (2007) findet in seiner quasiexperimentellen Längsschnittuntersuchung am Ende der Primarstufe, dass Miniphänomente das allgemeine Experimentierverhalten von Grundschulern fördert und diese im Vergleich zu Schülergruppen, die Miniphänomente nicht erleben konnten, deutlich stärker fähig, konzentriert und produktiv in Gruppen an den Experimentierstationen arbeiteten. „Besonders wirksam war die Miniphänomente auf die Variablen „allgemeines Experimentierverhalten“, „Einstellung Naturwissenschaft und Technik gegenüber“, „formale Kompetenzen“ und „Wissen“. Sommer (2010) findet in einem 2 Gruppen pre/post Test Plan mit follow up und baseline sowie einem 4 Gruppen multitreat single post Test Plan mit baseline in der Klassenstufe 5 und 6 nach einer Treatmentdauer 3 bzw. 4 Jahren einfache und mittlere Effekte (Cohen's d) bei themenbezogenen Interessen, Tätigkeitsin-

teressen und Freizeitinteressen sowie eine hohe Effektstärke beim fächerspezifischen Selbstkonzept bei den Experimentalgruppen. Diese Veränderungen zeigen sich im Bereich des Interesses auch nach einer Treatmentdauer von 2 Wochen, gleichen sich in follow up Tests aber der Kontrollgruppe an. Möglicherweise entwickeln sich aktuelle situationale Interessen im Laufe des Projekts durch die Wiederholung im Sinne einer „hold“ Komponente, wie Mitchell sie beschreibt, in individuelle dispositionale Interessen (Sommer, 2010, S. 93).

### **Ausblick Miniphänomenta PLUS**

Die positiven Erfahrungen und Ergebnisse in Elementar- und Primarstufe legen nahe, auch in der Sekundarstufe ein Angebot anzubieten. Die Struktur der Sekundarstufe und veränderte Arbeits- und Sozialisationsformen im Verlauf der Altersentwicklung der Schülerinnen und Schüler benötigen eine andere Form der Herangehensweise. In Pilotprojekten zeigte sich beispielsweise an einzelnen Schulen eine deutlich höhere Destruktionsrate gegenüber den Exponaten. Eine videographische Studie zur Betrachtung altersspezifischer Unterschiede in Primar- und Sekundarstufe wird derzeit von Sturm geführt. Ein erster Versuch das Projekt in das Curriculum des Faches „Naturwissenschaften“ im Land Schleswig-Holstein im Themenfeld „Wasser“ einzubinden zeigt sich in der Evaluation, bei einer geringen Übertragbarkeit (N=23), dennoch als Ausblick: das fächerspezifische Selbstkonzept zeigt sich auch hier signifikant verschieden vom pre Test und bleibt auch während des Projekts auf höheren Werten, als eingangs (Sommer, 2012). Im Laufe der nächsten Jahre wird das Projekt als Miniphänomenta PLUS weiter in der Sekundarstufe fortgeführt. Fachdidaktisch zeigt sich das Feld offen für weitere Forschung; insbesondere die Analyse einzelner Determinanten steht noch aus. Fruchtbar können die Ergebnisse zum Forschungsfeld des offenen Experimentierens oder dem Feld der Schülerlabore untermalen, wie offene Unterrichtssituationen zur Förderung von motivationalen Komponenten beitragen.

### **Literatur**

- Asmussen, S. (2007). Interaktives Lernen an Stationen im Primarbereich - eine zweistufige quasiexperimentelle Evaluationsstudie der Langzeitwirksamkeit eines naturwissenschaftlichen Bildungsprojektes, Flensburg.
- Bolte, C. (2007). Natur-Wissen schaffen (auch) außerhalb von Schule und Unterricht. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich/GDCP Jahrestagung*, 221-223.
- Fiesser, L., & Kiupel, M. (1999). Interaktive Exponate – mehr als eine Attraktion für Kids. *Museum aktuell*, 148-185.
- Fiesser, L. (2005). *Miniphänomenta. 52 spannende Experimente für den Schulflur und das Klassenzimmer*, Hamburg.
- Holst, S. (2005). *Entwicklung und Evaluation interaktiver Experimentierstationen - eine Studie zur Überprüfung der Bildungswirksamkeit erfahrungsfördernder Experimentierstationen in der Primär- und Orientierungsstufe*, Flensburg
- Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (2009). (Hrsg.). *Physikdidaktik/Theorie und Praxis*, Heidelberg u.a..
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessenfördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe*, Kiel Diss.
- Priemer, B. (2011). Was ist das Offene beim offenen Experimentieren? *ZfDN*, 17, Kiel.
- Sauer, F. (2005). *Der Einfluss offener Experimentierstationen auf das naturwissenschaftlich-technische Lernen im Primarbereich*, Dissertation, Flensburg.
- Schenzer, M. (2006). PhänoLab – Das Chemielabor für Kinder. In P. Nentwig & S. Schanze (Hrsg.), *Es ist nie zu früh! Naturwissenschaftliche Bildung in jungen Jahren*, Münster, 37-42.
- Schließmann, F. (2007). *Lernvorgänge bei Vorschulkindern/ Interessengeleitetes Lernen an interaktiven Experimentierstationen*. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich/GDCP Jahrestagung*.
- Sommer, S. (2010). *Interessengenese durch Interaktion – Das Interventionsprojekt Miniphänomenta in quasiexperimenteller Langzeitevaluation*, Flensburg Diss.
- Sommer, S. (2012). *Naturwissenschaftliche Evidenzen im unterrichtlichen Forschungsprozess – Projektansatz zur Förderung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsstrukturen in der Orientierungsstufe*, Kiel Staatsexamensarbeit.
- Wagenschein, M. (2008). *Verstehen lehren*, 4. Aufl., Weinheim.

## Der elektrische Salon in der Phänomenta Flensburg

### Einleitung

Wissenschaftsgeschichte ist in den vergangenen Jahrzehnten eine zunehmende Rolle in der naturwissenschaftlichen Bildung zugekommen, auch wenn diese nicht zentral für entsprechende Bildungsprozesse anzusehen ist. Dennoch gibt es sowohl in der schulischen naturwissenschaftlichen wie auch in der universitären Bildung mittlerweile etablierte Ansätze, wie die Geschichte der Naturwissenschaften, die für entsprechende Bildungsprozesse nutzbar gemacht werden können. In den nicht-formalen Bildungsprozessen sind es bisher im Wesentlichen Museen, in denen (fast schon naturgemäß) die Geschichte für entsprechende Bildungsprozesse eingesetzt wird (hier wäre punktuell eher die Vorstellung von Bildungsprozessen zu hinterfragen, allerdings haben sich gerade in den letzten 20 Jahren Museen in dieser Hinsicht deutlich weiterentwickelt). Bislang wenig bis gar keine Berücksichtigung haben entsprechende Ansätze bisher in Science Centern gefunden, hier sind es in der Regel kontextfreie Exponate, die die Besucherinnen und Besucher zu einer Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen motivieren sollen. Vor diesem Hintergrund wurde 2012 eine neue Ausstellung in Zusammenarbeit der Abteilung für Physik und ihre Didaktik und Geschichte an der Universität Flensburg und der Phänomenta Flensburg entwickelt, die unter dem Titel „Der elektrische Salon“ realisiert wurde und hier zusammen mit ersten Erfahrungen vorgestellt werden soll.

### Rahmenbedingungen

Die von Prof. Fiesser gegründete Phänomenta entstand aus zunächst universitär verorteten Lernstationen, die gerade ein selbstgesteuertes, phänomenorientiertes Lernen von Kindern ermöglichen sollten (vgl. Fiesser, 1994). 1995 wurde die Phänomenta eine eigene Institution, deren Räumlichkeiten am Rande der Flensburger Nordstadt verortet sind. Mittlerweile hat die Phänomenta nach mehreren Ausbaustufen etwa 3500 m<sup>2</sup> Ausstellungsfläche und jährlich etwa 70.000 Besucherinnen und Besucher. Diesen stehen eine Auswahl von etwa 150 Stationen zur Verfügung, daneben gibt es weitere Sonderaktionen wie etwa „lichtloses Tasten“ (bei dem ein lichtloser Tunnel mit anderen Sinnen als dem Sehsinn untersucht wird, während er mehrfach durchgegangen wird) oder Wasserspiele im Sommer. In diesem Rahmen sollte sich auch die geplante historische Sonderaktion einbinden. Als Örtlichkeit stand hierfür im zweiten Stock des Nordertores, das zugleich Flensburger Stadtwahrzeichen ist, eine Fläche von etwa 150 m<sup>2</sup> zur Verfügung.

### Die Konzeption

Thematisch sollte sich die Sonderausstellung mit der Elektrizitätslehre des 18. Jahrhunderts (die im Wesentlichen aus heutiger Sicht als Elektrostatik zu bezeichnen ist) beschäftigen. Dies erschien zum einen aus inhaltlichen Gründen sinnvoll – dieses Themengebiet ist in der Phänomenta wie in den meisten anderen Science Centern auch eher unterrepräsentiert. Zum anderen ist das 18. Jahrhundert geprägt durch die Aufklärung, Wissenschaft fand daher zu einem nicht unerheblichen Teil in einem öffentlichen Raum statt und bildete einen Teil der Salonkultur. Diese thematische Festlegung ermöglicht es, für die Ausstellung entsprechende Experimente zu rekonstruieren und damit die Besucherinnen und Besucher an dieser Praxis teilhaben zu lassen. Ein entsprechender Ansatz wurde vor 15 Jahren bereits in einer Zusammenarbeit mit dem Museum Mensch und Natur in Oldenburg erprobt, hier war der

Ansatz des elektrischen Salons Teil einer größeren Ausstellung (Heering & Müller, 2002; Heering 1998).

Konzeptionell sollte die Ausstellung sowohl das eigenständige Experimentieren der Besucherinnen und Besucher ermöglichen, also sich eng an den Ideen der Phänomenta orientieren. Andererseits sollen die Experimente aber auch historisch kontextualisiert sein, um naturwissenschaftliche Praxis als kulturelle Aktivität erfahrbar zu machen. Daher war es wichtig, dass auch entsprechende Informationen zugänglich gemacht werden – hierfür wurden zwei Wege gewählt: Zum einen gab es Tafeln, auf denen sich ausschließlich historische Hintergrundinformationen befanden. Zum anderen gab es keinen freien Zugang zu dem Elektrischen Salon. Vielmehr konnten Gruppen mit einer studentischen Hilfskraft (die zuvor entsprechend geschult worden war) den Salon besuchen und erhielten dann eine etwa 40 Minuten dauernde Vorstellung des Salons. Eingebunden in diese Vorstellung waren auch die Experimente, die aber (mit einer Ausnahme) nicht demonstriert wurden, sondern für die die Besucherinnen und Besucher Anleitungen erhielten, sodass sie diese dann selbst durchführen konnten. Zentrale Instrumente waren dabei die klassischen Geräte des 18. Jahrhunderts, also eine Reibungselektroskopmaschine, ein Elektrophor, Leidener Flaschen und verschiedene „elektrische Spielzeuge“, aber auch ein Donnerhaus (das vorgeführt wurde) und eine Tassenkrone. Die Ausstellung soll jeweils zeitlich auf etwa sechs bis acht Wochen befristet realisiert werden.

### **Erste Erfahrungen**

Nach einer Pilotphase im Mai 2012, in der mit ausgewählten Gruppen erprobt wurde, öffnete der elektrische Salon erstmals im Herbst 2012. Begleitend zu der Ausstellung wurde die Resonanz der Besucherinnen und Besucher evaluiert, hierbei lag der Schwerpunkt auf Schulklassen, die eine zentrale Zielgruppe für die Ausstellung bilden. Es wurde ein Fragebogen für Schülerinnen und Schüler entwickelt, in dem unter anderem ihre Meinung und Wertschätzung zum Salon mit Schulnoten abgefragt wurden. Diese Bewertungsskala wurde bewusst ausgewählt, weil sie ihnen bekannt ist und somit nicht weiter erklärt werden muss. Nach Abschluss der Öffnungsperiode wurden außerdem Leitfadenerinterviews mit den studentischen Hilfskräften durchgeführt, die den Elektrischen Salon betreut hatten. Die Untersuchung sollte anfangs nur als Besucherbefragung zur Qualitätssicherung in der Phänomenta dienen, darüber hinaus sollten ihre Ergebnisse als Pilotstudie zur Hypothesenbildung für eine tiefer gehende Forschungsfrage verstanden werden. Anhand der Ergebnisse sollten konkrete Entwicklungsoptionen oder allgemeinere Hinweise für die nächste Eröffnung des Salons abgeleitet werden. Die zentrale Frage für die Bewertung der Zufriedenheit lautete: „Welche Note würdest du der Ausstellung geben?“ Die Bewertung der Befragten (N=106) fällt positiv aus, mehr als zwei Drittel vergeben die Note 2,0 oder besser. Uns interessierte bei einer differenzierteren Betrachtung als erstes, ob Gender-Unterschiede in den Beurteilungen der Besucher festzustellen sind: An unserer Befragung nahmen 63 Jungen und 43 Mädchen teil und ihre Antworten zeigten ähnliche Verteilungen. Eine Analyse der Verteilungen mit dem Wilcoxon-Rangsummentest zeigt deutlich, dass die These der Identität nicht zurückgewiesen werden kann ( $p=48,6\%$ ).

Anschließend wurden die Unterschiede im Antwortverhalten der unterschiedlichen Klassenstufen untersucht. Die Befragten kamen aus der fünften, sechsten, achten oder neunten Klasse und schon die Boxplots zeigen deutliche Unterschiede. Eine Analyse der Teilgruppen untereinander zeigt, dass direkte Nachbarn mit dem Wilcoxon Rangsummentest klar unterscheidbar sind. Allerdings sind die sechste und die neunte Klasse nicht unterscheidbar. Die genauere Untersuchung der Teilgruppen zu ihren Komplementen zeigt, dass die fünfte Klasse und die achte Klasse ein deutlich verschiedenes Antwortverhalten als der jeweilige Rest aufweisen. Ergänzend zu der Analyse zogen wir die Interviews mit den studentischen Hilfskräften heran.

Auf dem Fragebogen gab es hierzu kein Item, die Schülerinnen und Schüler waren nicht aufgefordert, die jeweilige Person zu beurteilen. Aber in den Interviews äußerten die Studierenden, dass sie aus ihrer Eigenwahrnehmung im Laufe des Salons immer sicherer und besser wurden:

*„Die Mitarbeiter wurden immer sicherer und sicherer...Ich weiß dass Sie sich am Anfang damit schwer getan haben, und es zum Ende immer einfacher ging...Wenn sich der Präsentator unsicher fühlt, dann wird das Ergebnis darunter leiden.“ 11*

Diesem Hinweis folgend haben wir die Stichprobe in eine frühe Hälfte und eine späte Hälfte geteilt und diese mit unseren Analysemethoden verglichen: Mit dem Wilcoxon Rangsummentest kann ein signifikanter Unterschied berechnet werden und damit die These der Identität als nicht haltbar identifiziert werden.

Die restlichen Items des Fragebogens erkundigten sich nach dem Meinungsbild über Tafeln, Objekte und Vortrag und Form der Präsentation. Einerseits zeigte sich hier die überaus hohe Zufriedenheit, was im Sinne einer Besucherbefragung positiv bewertet werden muss. Andererseits sind die Ergebnisse so kontrastarm und die Stichprobenmengen derart klein, dass es verfrüht

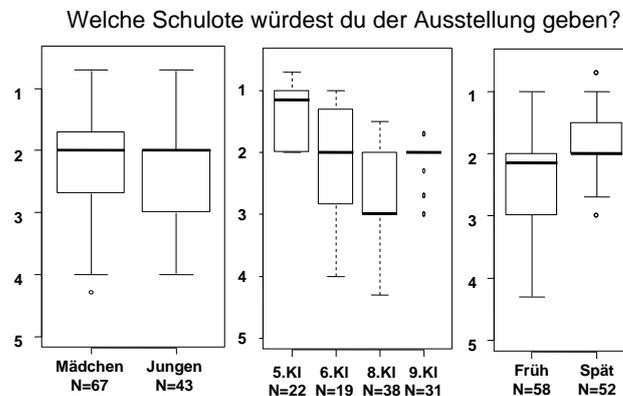


Abb. 1: Boxplots dreier Schnitte durch die Testgruppe

## Resultat

Unser Ergebnis lautet, dass der Salon bei den befragten Jungen und Mädchen gleich gut ankommt. Zur Qualitätssicherung muss die Schulung der studentischen Hilfskräfte als zentrale Maßnahme unterstrichen werden. Für zukünftige Befragungen muss das Item-Design verbessert werden um Ceiling Effekte zu vermeiden. Offen bleibt zudem die Frage, warum eine große Zahl der Besucherinnen und Besucher der Phänomenta nicht in die Sonderausstellung gehen (ein Effekt, der sich auch bei anderen Angeboten bereits gezeigt hat). Hierauf werden zukünftige Untersuchungen fokussieren, um die Wirkung und Wahrnehmung von außerschulischen Lernangeboten zu erforschen.

## Literatur

Fiesser, L. (1994). Phänomenta – durch Physik Denken lernen? *Physikalische Blätter*, 50, 678-680.

Heering, P., Ed. (1998). *Welt erforschen - Welten konstruieren: Physikalische Experimentierkultur vom 16. bis zum 19. Jahrhundert*. Oldenburg, Isensee.

Heering, P., & Müller F. (2002). Cultures of experimental practice: an approach in a museum. *Science & Education*, 11, 203-214.

### **Interessenentwicklung Jugendlicher durch Teilchenphysik-Masterclasses**

Die Förderung des Interesses Jugendlicher an physikalischen Themen ist ein wichtiges Ziel des Physikunterrichts (vgl. Berger 2011, S. 99), trägt es doch zur Schaffung einer Grundlage bei, dass sich junge Menschen über die schulische Ausbildung hinaus mit naturwissenschaftlichen Themen und ihren gesellschaftlichen Zusammenhängen auseinandersetzen, welches einen wesentlichen Beitrag des Physikunterrichts zur Allgemeinbildung darstellt (vgl. KMK, 2004, S. 6). Neben der Aufgabe, physikalische Inhalte zu vermitteln, sollte physikalische Erziehung auch Einblicke in den Forschungsprozess und in aktuelle Themen der Forschung geben, um Jugendlichen ein adäquates Bild der fundamentalen Natur der Physik und dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn zu ermöglichen. Diese Ansätze greifen die „Teilchenphysik-Masterclasses“ auf. Die deutschlandweit meist direkt an Schulen stattfindenden Veranstaltungen werden in einer Evaluationsstudie vor allem im Hinblick auf deren interessenfördernde Wirkung an Physik auf Jugendliche untersucht. Ausgewählte Ergebnisse dieser Studie werden nachfolgend dargestellt.

#### **Die Teilchenphysik-Masterclasses**

Hervorgegangen sind die Veranstaltungen aus den „International Hands On Particle Physics Masterclasses“, die jährlich weltweit stattfinden und nachweislich von den Teilnehmern sehr wertgeschätzt werden und das Potential aufweisen, Interesse an Physik zu fördern (vgl. Johansson et al., 2007, S. 640ff). Die 4-6 stündigen Teilchenphysik-Masterclasses weisen große Parallelen zu Schülerlaboren und anderen außerschulischen Lerngelegenheiten vor allem im Hinblick auf Zielsetzungen und Rahmenbedingungen auf. So werden die Masterclasses, im Gegensatz zum Physikunterricht, von jungen Wissenschaftlern durchgeführt. Sie geben in den Veranstaltungen einen Einblick in die aktuelle Grundlagenforschung der Teilchenphysik, in die Kommunikationsweise innerhalb der Wissenschaftsgemeinschaft und auch in gegenwärtige Fragen der Teilchenphysikforschung und neuste Erkenntnisse. Dazu gehört unter anderem auch die Entdeckung des Higgsbosons, für dessen Postulierung dies-jährig der Nobelpreis für Physik nach dessen Nachweis vergeben wurde. Die jugendlichen Teilnehmer der Veranstaltungen haben die Möglichkeit selbst Messungen mit originalen Daten der Forschungseinrichtung CERN durchzuführen und somit den Erkenntnisprozess der Wissenschaft aktiv und authentisch nachzuvollziehen. In einer gemeinsamen Ergebnisdiskussion mit den Forschern kommen die Jugendlichen zu fundamentalen Erkenntnissen innerhalb des Standardmodells der Teilchenphysik. Angeboten werden diese Veranstaltungen von dem Projekt „Netzwerk Teilchenwelt“. Diese bilden dabei das Basisprogramm des Projektes. Über die Teilnahme an diesen Veranstaltungen hinaus haben interessierte Jugendliche in höheren Programmstufen die Möglichkeit, selbst in dem Netzwerk aktiv zu sein, bis hin zur Teilnahme an Workshops am CERN oder eigene Forschungsarbeiten im Bereich der Teilchenphysik.

#### **Die Evaluationsstudie**

In einer Evaluationsstudie werden die Teilchenphysik-Masterclasses vor allem im Hinblick auf ihre interessenfördernde Wirkung untersucht. Theoretische Grundlage dieser ist das Interessenkonstrukt nach Krapp, wonach Interesse eine bedeutungsmäßig herausgehobene Relation zwischen einer Person und einem (Lern-)Gegenstand bezeichnet (vgl. Krapp, 1992, S. 307). Folgende Forschungsfragen werden im Zuge dieser Evaluationsstudie bearbeitet:

- Werden physikbezogene Interessen Jugendlicher durch die Teilnahme an einer Teilchenphysik-Masterclasses (nachhaltig) gefördert?
- Welche Unterschiede in der Interessenentwicklung zeigen sich zwischen verschiedenen Gruppen (Geschlecht, Vorwissensstand im Bereich der Teilchenphysik, ...)?
- Wie werden verschiedene Veranstaltungseigenschaften von den Teilnehmern wahrgenommen und welche beeinflussen die Interessenentwicklung maßgeblich?
- Wie groß ist der fachliche Erkenntnisgewinn der Teilnehmer im Bereich der Teilchenphysik?

Auf Grundlage jüngerer Forschungsarbeiten (z. B. Pawek, 2009) zur interessenfördernden Wirkung von Schülerlaboren wurden Interesseefragebögen auf die Teilchenphysik-Masterclasses angepasst. Es wurden dabei Items mit 5-stufiger Likert-Skala verwendet. Außerdem wurde ein Multiple-Choice-Test zur Ermittlung des fachlichen Erkenntnisgewinns im Bereich der Teilchenphysik entworfen. Nach einer Pilotierungsphase, auf deren Grundlage die Erhebungsinstrumente weiterentwickelt wurden (vgl. Gedigk et al., 2012), erfolgte die Haupterhebung in 25 Masterclasses (N≈500) in einem pre-/post-/follow-up Design, d. h. die Jugendlichen wurden zu Beginn, am Ende und 6-8 Wochen nach der Masterclass befragt. Zusätzlich zu dieser „Experimentalgruppe“ wurde eine Kontrollgruppenerhebung in bisher 13 Klassen bzw. Kursen (N≈260) durchgeführt mit Jugendlichen, die nicht an einer Masterclass teilgenommen haben.

Für die Experimentalgruppe wurden vier große Teilnehmergruppen identifiziert: 32% sind Schüler des Physikleistungskurses, 14% Schüler des Physikgrundkurses, 28% Gymnasiasten der 10. Klassenstufe, 17% Fachoberschüler. Etwa 20% der Masterclass-Teilnehmer sind weiblich.

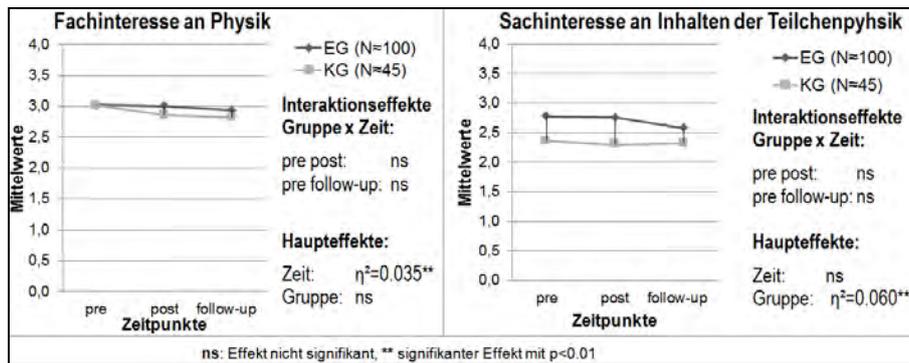


Abb. 1: Vergleich: Experimental- (EG) mit Kontrollgruppe (KG) für den Physikleistungskurs

Abbildung 1 zeigt den Vergleich zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe für die Jugendlichen des Physikleistungskurses. Dazu wurde das Verfahren der Varianzanalyse mit Messwiederholung gewählt und nur die Jugendlichen der Experimentalgruppe berücksichtigt, die mit ihrem gesamten Kurs an einer Masterclass teilnahmen. Es zeigen sich keine signifikanten Interaktionseffekte zwischen Gruppe und Zeit, d. h. es kann nicht nachgewiesen werden, dass die Masterclass-Teilnahme generell eine interessenfördernde Wirkung auf das Fachinteresse an Physik und das Sachinteresse an Inhalten der Teilchenphysik auf Schüler des Physikleistungskurses hat. Ebenfalls keine signifikanten Interaktionseffekte zeigen sich für diese Jugendlichen für das Berufsinteresse an Physik, das Fähigkeitsselbstkonzept für Physik und die anderen Dimensionen des Sachinteresses an Teilchenphysik. Auffällig ist jedoch, dass sich schon im pre-Test ein signifikanter Unterschied in den Dimensionen des Sachinteresses zwischen den Gruppen, zugunsten der Masterclass-Teilnehmer, zeigt. Es

scheint also, dass die Teilnahme an einer Masterclass ein höheres Sachinteresse an Teilchenphysik bewirkt.

Tab. 1: *Eigenschaften der Masterclasses, wie sie von der Experimentalgruppe (N≈400) wahrgenommen werden (0: stimmt gar nicht, ..., 4: stimmt völlig)*

Veranstaltungseigenschaft	Mittelwert	Standardabweichung
Authentizität	2,83	0,665
Verständlichkeit und Anforderung	2,52	0,852
Umfang und Organisation	2,49	0,922
Betreuung und Atmosphäre	3,36	0,618
Passung zwischen den veranstaltungsteilen	2,65	0,771

Die Eigenschaften der Veranstaltungen werden von den Teilnehmern sehr positiv wahrgenommen, wie Tabelle 1 zeigt. Am besten bewertet wird „Betreuung und Atmosphäre“ gefolgt von „Authentizität“. Dies zeigt, dass in den Veranstaltungen eine angenehme Lernatmosphäre herrscht, die von den Teilnehmern auch als authentisch im Hinblick auf den Kontakt mit den Wissenschaftlern und mit der Forschung erlebt wird. Analysen mittels multipler Regression zeigen, dass sich die wahrgenommene „Authentizität“ und „Verständlichkeit und Anforderung“ positiv auf die Interessenentwicklung der Jugendlichen auswirkt. Betrachtet man organisatorische Rahmenbedingungen, beispielsweise die Dauer der Messung inklusive der Ergebnisdiskussion während der Masterclass, die zwischen 35 und 120 Minuten variiert, und wie diese mit der wahrgenommenen „Authentizität“ und „Verständlichkeit und Anforderung“ zusammenhängen zeigt sich, dass diese Veranstaltungseigenschaften von den Teilnehmern signifikant besser bewertet werden, wenn die Dauer der Messung während der Masterclass 50-80 Minuten in Anspruch nimmt.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die Bewertung der Masterclasses von den Jugendlichen anhand der wahrgenommenen Veranstaltungseigenschaften zeigt, dass diese von den Teilnehmern sehr wertgeschätzt werden. Im Sachinteresse an Teilchenphysik zeigt sich schon im pre-Test ein signifikant höheres Interesse der Masterclass-Teilnehmer. Welche Ursachen dies hat, soll noch näher untersucht werden. Auch sollen weitere organisatorische Rahmenbedingungen untersucht werden, hinsichtlich der Wirkung auf die wahrgenommenen Eigenschaften und so folglich auf die Interessenentwicklung der Jugendlichen, um so Hinweise zu erhalten, wie die Wirkung der Masterclasses verbessert werden kann.

### Literatur

- Berger, R. (2011). Interessen im Physikunterricht. In H. Wiesner, H. Schecker & M. Hopf (Hrsg.), *Physikdidaktik kompakt* (S. 99-105). Aulis Verlag.
- Gedigk, K., Pospiech, G., & Kobel, M. (2012). Jugendliche erleben aktuellen Teilchenphysikforschung-Untersuchung zur Wirkung auf physikbezogene Interessen. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht* (S. 631-633). Münster: LIT.
- Johansson, K. E., Kobel, M., Hillebrandt, D., Engeln, K., & Euler, M. (2007). European particle physics masterclasses make students into scientists for a day. *Physics Education*, 42(6), 636-644.
- KMK (2004) Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.11.2004. [http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf) (Stand: 09.10.2013).
- Krapp, A. (1992). Das Interessenkonstrukt. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung: neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung* (S. 297-329). Münster: Aschendorff.
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebung für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

### **Be.inVorM – Studie über den Effekt eines schülerlaborbegleitenden Online-Portals**

Im Zentrum des vorgestellten Forschungsprojekts steht die Frage, inwiefern ein durch Schülerinnen und Schüler genutztes Online-Portal zur Vor- und Nachbereitung von Schülerlaborbesuchen deren Effektivität insbesondere bezogen auf die Interessenentwicklung steigern kann. Hierzu wurde zunächst ein Online-Portal konzipiert und umgesetzt. Die anschließende empirische Studie untersucht, wie der Effekt des Schülerlaborbesuchs durch eine Einbettung in das Online-Portal beeinflusst wird. Im Folgenden werden u. a. vorläufige Ergebnisse zum jetzigen, noch nicht abgeschlossenen, Stand vorgestellt.

#### **Theoretischer Hintergrund**

##### *Interessen-Theorie*

Der anhand der Studie untersuchten Interessenentwicklung liegt die Person-Gegenstands-Theorie des Interesses zugrunde (Krapp, Hidi, Renninger, 1992; Krapp, 1992). Interesse wird darin als eine besondere Beziehung zwischen einer Person und einem Objekt angesehen, welche über einen bestimmten Zeitraum andauern kann. Man kann dem Interesse drei sogenannte Merkmalskomponenten zuordnen (Krapp & Ryan, 2002): eine emotionale, eine wertebezogene und eine epistemische Komponente. Nach Krapp wird Interesse dabei in zwei Formen unterschieden. Das dispositionale Interesse ist ein zeitlich relativ stabiler Zustand, welcher mit der persönlichen, habituellen Struktur einer Person verknüpft ist. Demgegenüber steht das auf eine konkrete Situation bezogene aktuelle Interesse. Das wiederholte Erzeugen von Situationen aktuellen Interesses kann zu einer anhaltenden Veränderung der persönlichen Disposition führen und damit das gewünschte dispositionale Interesse auf- bzw. ausbauen (Hidi, Renninger & Krapp, 2004).

##### *Interessenforschung an Schülerlaboren*

Folgt man bereits durchgeführten Studien über Schülerlabore, so zeigt sich, dass es den Laboren gelingt, aktuelles Interesse an Naturwissenschaften zu wecken und zu stärken (Engeln, 2004; Guderian, 2007; Glowinski, 2007). Selbst Wochen nach dem Besuch im Schülerlabor konnte noch ein aktuelles Interesse nachgewiesen werden (Engeln, 2004; Guderian, 2007; Scharfenberg, 2005). Nach Pawek (2009) sinkt allerdings das aktuelle Interesse nach einer Zeit von 6 bis 8 Wochen. Bezogen auf die emotionale und epistemische Komponente ist sogar ein signifikantes Absinken feststellbar. Engeln, Guderian und Scharfenberg lassen auf Basis ihrer Untersuchungen die Vermutung zu, dass die curriculare Einbindung der Besuchstage die gewünschten Effekte bezogen auf die Interessenentwicklung verstetigen bzw. ausbauen können. Obwohl der schulischen Einbettung scheinbar eine sehr wichtige Rolle für die Wirksamkeit außerschulischer Lernorte, wie Schülerlabore zukommt, finden Vor- und Nachbereitungen im Schulalltag häufig nicht statt. 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.

#### **Methode**

##### *Online-Portal*

Um der Frage nachzugehen, ob anhand einer Vor- und Nachbereitung des Schülerlaborbesuchstags eine Steigerung der Interessenentwicklung bewirkt werden kann, wurde im Rahmen des Forschungsprojekts ein Online-Portal erstellt. Es richtet sich an Schülerinnen

und Schüler ab der 10. Klasse, welche das Schülerlabor am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf für den Experimentiertag Magnetismus besuchen. Das Portal wurde auf Basis inhaltlicher und organisatorischer Anforderung seitens der Schulen und des Schülerlabors konzipiert. Das Online-Portal ist in OPAL, die E-Learning-Plattform der sächsischen Hochschulen, eingebunden. Bestehend aus zwei Komponenten gibt das Online-Portal den an der Studie beteiligten Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit, ihren Tag im Schülerlabor effektiv vor- und nachzubereiten (vgl. Abb. 1). Mit dem Vorbereitungsteil werden die auf die Anforderungen im Schülerlabor angepassten Inhalte und Konzepte geübt. Er gliedert sich dabei in einen Grundlagenteil V\_Basis und einen Kurs Fortgeschrittene V\_Plus. Die Nachbereitung soll die im Schülerlabor durchgeführten Experimente in Bezug zur aktuellen Forschung setzen und so die Relevanz der Themen verdeutlichen. Für Besuchsklassen, welche am Forschungsprojekt teilnehmen, ist dabei der Basis-Kurs der Vorbereitung obligatorisch. Die beiden weiteren Kurse sind freiwillig absolvierbar. Die beteiligten Lehrerinnen und Lehrer sind dabei aufgefordert, die Teilnahme möglichst aller Schülerinnen und Schüler abzusichern und können selbst darüber entscheiden, ob sie das Online-Portal in ihren Unterricht integrieren oder als Heimarbeit aufgeben wollen.

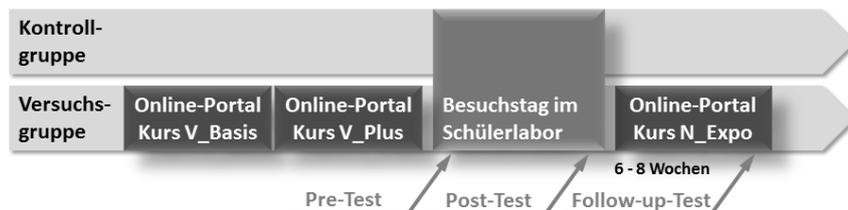


Abb. 1: Design der Studie

### Studie

Für die empirische Untersuchung der Interessenentwicklung wird ein Teilgruppenvergleich zwischen Teilnehmerinnen und Teilnehmern ohne und mit Nutzung des Online-Portals durchgeführt. Dazu werden seit dem Schuljahr 2012/2013 alle Schulklassen, welche das Schülerlabor des Helmholtz-Zentrums zum Thema Magnetismus besuchen, gebeten, am Forschungsprojekt teilzunehmen. Die Studie orientiert sich dabei an bereits in den Jahren 2004 und 2009 durchgeführten Arbeiten zur Untersuchung der Interessenentwicklung durch Schülerlaborbesuche von Engeln und Pawek. Die von Pawek bereits verwendeten Interessensfragebögen wurden innerhalb des Projekts nochmals überarbeitet und weiterentwickelt. In einer anschließenden Pilotphase zur Überprüfung der neu konzipierten Fragebögen zeigten sich Verbesserungen bezogen auf Validität und Reliabilität. Die Datenerhebung erfolgte im Pre-Post-Follow-up-Design zu Beginn und am Ende des Schülerlabortages sowie 6 bis 8 Wochen danach.

### Vorläufige Ergebnisse

#### Teilnahme

Das Online-Portal wurde zum aktuellen Zeitpunkt bereits mehr als 200 Schülerinnen und Schülern im Rahmen ihres Besuchs im Schülerlabor zur Verfügung gestellt. Es zeigte sich, dass 41,9% von ihnen den Kurs V\_Basis absolvieren und so den Mindestanforderungen gerecht werden. Dem gegenüber stehen 46,2%, welche sich über das erforderliche Maß hinaus mit beiden Kursen beschäftigen. Die restlichen knappen 12 % haben das Online-Portal nicht genutzt. Für die Nutzung nach dem Besuchstag im Schülerlabor wurde deutlich, dass etwa 4 von 10 Schülerinnen und Schüler (40,4%) freiwillig den Nachbereitungskurs aufgesucht haben.

*Verständlichkeit*

Zu Beginn des Besuchstages stimmen 34% der Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Aussage zu, dass sie sich anhand des Online-Portals gut auf das Schülerlabor vorbereitet fühlen. 55% von ihnen bewerten die Aussage neutral. Am Ende ihres Tages im Schülerlabor können 55% der Schülerinnen und Schüler der Aussage zustimmen, dass sie durch das Portal die Experimente gut verstehen und durchführen konnten (36% neutral). Vergleicht man die Mittelwerte der gemessenen Verständlichkeit zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe im Post-Test, so unterscheiden sie sich mit einer mittleren Effektstärke von  $d=0,37$ .

Tab. 1: Komponenten des aktuellen Interesses im Post-Test bezogen auf Kontrollgruppe (KG) und Versuchsgruppe (VG)

Aktuelles Interesse	Teilgruppe	Mittelwert	Standardabweichung	Effektstärke
Emotionale Komponente	KG	0,69	0,22	0,29
	VG	0,75	0,18	
Wertebezogene Komponente	KG	0,66	0,19	0,22
	VG	0,70	0,17	
Epistemische Komponente	KG	0,46	0,24	0,20
	VG	0,50	0,22	

*Aktuelles Interesse*

Bezogen auf das erzeugte aktuelle Interesse zeigte sich im Post-Test, dass die Mittelwerte für alle drei Komponenten in der Versuchsgruppe über denen der Kontrollgruppe liegen (vgl. Tab. 1). Ähnlich zu den Untersuchungen Paweks (2009) konnte 6 bis 8 Wochen später im Follow-up-Test für die Versuchsgruppe ein Absinken der Werte des aktuellen Interesses festgestellt werden, für die emotionale Komponente mit einer mittleren Effektstärke und sonst kleinen Effektstärken (emotionale Komponente:  $d=-0,32$  [Pawek:  $d=-0,19$ ]; wertbezogene Komponente:  $d=-0,04$  [Pawek:  $d=-0,05$ ]; epistemische Komponente:  $d=-0,07$  [Pawek:  $d=-0,16$ ]). Genauere Daten und zugehörige Analysen werden auch diesbezüglich nach Abschluss der Studie noch folgen.

**Literatur**

- Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken.
- Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen.
- Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte: Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik.
- Hidi, S., Renninger, K. A., & Krapp, A. (2004). Interest, a Motivational Variable That Combines Affective and Cognitive Functioning. In D. Y. Dai & R. J. Sternberg (Ed.), *Motivation, Emotion, and Cognition: Integrative Perspectives on Intellectual Functioning and Development*. 89-115.
- Krapp, A. (1992). Das Interessenkonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Personen-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung* (S. 297-329).
- Krapp, A., Hidi, S., & Renninger, K. A. (1992). Interest, learning and development. In K. A. Renninger, S. Hidi & A. Krapp (Hg.), *The role of interest in learning and development* (S. 3-25). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Krapp, A., & Ryan, R. M. (2002). Selbstwirksamkeit und Lernmotivation. In M. Jerusalem & D. Hopf (Hrsg.), *Zeitschrift für Pädagogik. Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen*. 44. Beiheft. S. 54-82.
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe.
- Scharfenberg, F. J. (2005). Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse.

Moritz Krause<sup>1</sup>  
 Dörte Ostersehl<sup>1</sup>  
 Torsten Mehrwald<sup>2</sup>  
 Hans-Jürgen Runden<sup>2</sup>  
 Steffi Mroske<sup>2</sup>  
 Ingo Eilks<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Bremen  
<sup>2</sup>Lise-Meitner-Schule Stuhr-Moordeich

## „Natur inspiriert – Bionik“: Ein Beispiel aus dem Projekt PROFILES-Bremen

### Ausgangspunkt

In den 1990er Jahren entstand mit dem Start des Internets und dem World Wide Web eine neue und zunächst noch von wenigen genutzte Informations- und Kommunikationsquelle für die Wissenschaft. Bis heute aber hat sich das Internet weltweit verbreitet und hat einen festen Platz in unserer Gesellschaft und dem Leben der Schülerinnen und Schüler gefunden. Damit ist es auch zu einem wichtigen Informationsmedium für den naturwissenschaftlichen Unterricht geworden (Frailich, Kesner & Hofstein, 2009).

Es gibt unterschiedlichste Wege, das Internet auf Computern, Tablets oder Whiteboards in den Unterricht zu integrieren. Eine Vielzahl von Lehrkräften nutzt heute bereits das Internet und angebundene Technologien wie Lernprogramme, Animationen oder Simulationen, um das Lehren und Lernen zu verbessern (Dori, Rodrigues & Schanze, 2013), wobei der Einsatz durch immer leistungsfähigere und mobilere Endgeräte einfacher und flexibler wird.

Bereits früh haben empirische Studien belegt, dass eine Nutzung der digitalen Medien, etwa in Visualisierungen und Animationen, Vorteile für das Lernen haben kann (Williamson & Abraham, 1995; Falvo, 2008).

Durch neue Softwareentwicklungen, wie dem Präsentationstool PREZI, verbunden mit der Möglichkeit entsprechende Präsentationen über Computer, Laptops oder Tablets direkt im Unterrichtsraum zu nutzen, bieten sich für einen Einsatz der digitalen Medien immer wieder neue Möglichkeiten. Mit PREZI etwa können Lerninhalte in bislang kaum verfügbarer Form miteinander kombiniert und vernetzt werden. Dabei können die Verbindungen zwischen den Inhalten auf attraktive Weise dargestellt werden und didaktisch sinnvoll aufgearbeitete Lerninhalte auf dem Computer präsentiert, bearbeitet und geübt werden. Die Darbietung der Inhalte empfiehlt dabei einen Lernweg, der verschiedene Wegpunkte vorschlägt, ohne diese aber notwendig auch in der empfohlenen Reihenfolge ansteuern zu müssen.

### PREZI- ein Präsentationsprogramm

Das Konzept von PREZI basiert auf einer großen Arbeitsfläche, auf der einzelne Folien mit Inhalten erstellt werden. Diese können frei auf der Arbeitsfläche angeordnet werden. Dabei werden sie verschiedenen Ebenen zugewiesen, sodass man die Folien nicht nur nacheinander anordnen kann; man kann quasi überall auf der Oberfläche in die verschiedenen Ebenen hinein zoomen und auf diese Weise unterschiedliche Inhalte sichtbar machen.

Zwar können die erstellten Folien einer Reihenfolge zugeordnet werden, die im Präsentationsmodus nach und nach aufgerufen werden. Jedoch ist es nicht zwingend erforderlich, alle Folien in dieser Reihenfolge zu durchlaufen. Im Präsentationsmodus kann der Nutzer sich frei auf der Arbeitsfläche bewegen und die verschiedenen Inhalte ansteuern und durch Zoomen sichtbar machen. Daraus resultiert die Möglichkeit, sowohl einen vorgeschlagenen Weg zu gehen, aber auch bei Bedarf diesen individuell zu verlassen und ggf. auf ihn zurückzukehren. Zusätzlich können auf jeder Folie Texte, Links, Bilder, Videos oder Zusatzmaterialien eingebettet und direkt aus diesen Folien heraus aufgerufen werden.

### Beispiel Modul: „Natur inspiriert – Bionik“

Das Unterrichtsmodul „Natur inspiriert - Bionik“ ist für den Wahlpflichtbereich Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I konzipiert. Das Modul gliedert sich in drei Teilmodule: 1. Der Lotus-Effekt, 2. Dem Gecko auf der Spur und 3. Vom Vogel zum Flugzeug. Eine Gliederung des ersten Teilmoduls zeigt Abb. 1.



Abb. 1: Ablauf des Teilmoduls zum Lotuseffekt

In den Teilmodulen werden die Lernenden mit kurzen, lebensnahen und spannenden Geschichten an naturwissenschaftliche Problemstellungen herangeführt. Daran anknüpfend, erhalten sie Gelegenheit zum aktiven, problemlösenden Lernen im Sinne des forschenden Lernens (Inquiry-based learning). Dabei wird versucht, eine Balance zwischen gelenktem Problemlösen (guided inquiry), bei dem Methoden zum (Nach-)Erforschen vorgegeben werden, und offeneren Formen des Problemlösens (open inquiry) zu finden, in denen Ideen und Vorwissen der Lernenden selbst zum Weg der Problemlösung führen.

Der Einstieg in das Thema „Der Lotus-Effekt“ erfolgt problemorientiert. Vorgestellt wird eine Kurzgeschichte über einen Jungen namens Max, der sich darüber wundert, dass sich Pflanzen in seinem Garten im Verschmutzungsgrad unterscheiden. Die kurze Geschichte regt zum Lösen einer Problemstellung an. In der gesamten Lerneinheit wird diese Geschichte kontinuierlich fortgesetzt. Max stellt immer wieder neue Fragen zum Thema „Selbstreinigung“.

Die erste Problemfrage lautet, warum bei bestimmten Pflanzen im Garten weniger Verschmutzungen zu beobachten sind als bei anderen. Im Sinne des forschenden Lernens werden die Schülerinnen und Schüler aufgefordert, zu verschiedenen Fragestellungen eigene

## Selbstreinigung von Blättern

Max hat in seinem Korb verschiedene Pflanzenblätter und Materialien gesammelt. Er möchte herausfinden, wie Blätter unterschiedlich mit Schmutz umgehen. Deine Aufgabe ist es, Max bei seinem Versuch zu unterstützen.

Plane zu den folgenden Fragestellungen einen Versuch:

Wie verhalten sich die Wassertropfen auf den Blättern?	Welche Form nimmt ein Wassertropfen auf den Blättern ein?
Wie gut oder schlecht lässt sich der Schmutz entfernen?	Gibt es Unterschiede beim Reinigen zwischen den Schmutzsorten?

Max hat in seinem Korb folgende Materialien:

Efeublätter	Asche	Petrischale
Pipette	Wasser	Frische Kohlrabiblätter

Hilfe zum Versuchsprotokoll

Handelt es sich um ein Versuchsprotokoll?  
Welche Angaben sind erforderlich?  
Wofür wird das Protokoll verwendet?  
Wofür wird das Protokoll verwendet?  
Wofür wird das Protokoll verwendet?  
Wofür wird das Protokoll verwendet?

Hinweis zum Begleitmaterial

Zusatzinformationen

Abb. 2: Beispiel einer PREZI-Folie

Hypothesen aufzustellen und selbst Versuchsaufbauten zu überlegen, z. B. können sie die verschiedenen Blätter mit Wasser beträufeln und das Abperlen als auch die Form der Wassertropfen beobachten. Sie können aber auch testen, ob Unterschiede in der Selbstreinigungsfähigkeit der verschiedenen Pflanzenblätter existieren, indem sie unterschiedliche Schmutzpartikel auf die Blätter streuen. Ihre Beobachtungen halten sie in einem Versuchsprotokoll fest. Abbildung 2 zeigt einen Screenshot aus der dazugehörigen PREZI-Lernumgebung. Sie beinhaltet die Arbeitsanweisungen, Fragestellungen und die Materialien, die zur Verfügung stehen. Zusätzlich sieht man unten rechts eine weitere Folie, in die nach Bedarf hinein gezoomt werden kann. Diese Folie dient als gestufte Lernhilfe bei der Erstellung eines Versuchsprotokolls. Außerdem erhalten die Schülerinnen und Schüler Online-Begleitmaterial, in dem Aufgaben, Beobachtungen, Ergebnisse und Notizen festgehalten werden können. Immer wenn ein Notizbuch-Icon, wie in Abb. 2 rechts, zu sehen ist, sollen die Lernenden das Begleitmaterial benutzen.

Nachdem die Schüler den letzten Lernabschnitt abgeschlossen haben, können sie in einem Abschlusstest ihr erworbenes Wissen über diesen Teil der Unterrichtseinheit überprüfen. Dazu stehen 13 Fragen bereit, die aus einem Mix von Single-, Multiple-Choice und Zuordnungsaufgaben bestehen.

### **Erfahrungen und Ausblick**

Die Unterrichtseinheit wurde bislang in zwei Halbklassen mit jeweils 12 Schülerinnen bzw. Schülern aus dem Jahrgang 8 durchgeführt. Am Ende wurde eine Rückmeldung über einen Fragebogen erhoben. Die Ergebnisse zeigen eine positive Wahrnehmung der Unterrichtseinheit. Es zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schülern insbesondere die Arbeit am Computer in Verbindung mit Experimenten anspricht und diese Kombination zu Lernerfolgen geführt hat. Auch die Nutzung von PREZI als Übermittler von Lerninhalten in Form von Texten, Bildern und Videos ist von den Schülerinnen und Schülern sehr positiv bewertet worden. Insgesamt scheint es aber primär das durch den Computer angeleitete selbstständige und individualisierte Arbeiten zu sein, das zur positiven Wahrnehmung des Unterrichts beigetragen hat (vgl. auch Krause, Kienast, Witteck und Eilks, 2012). Dabei schätzen die Schülerinnen und Schüler besonders die Möglichkeiten, in ihrem eigenen Lerntempo zu arbeiten und sich mit den Lerninhalten individuell zu beschäftigen.

Die hier vorgestellte Lernumgebung findet sich unter: [www.idn.uni-bremen.de/chemiedidaktik/multimedia/index.html](http://www.idn.uni-bremen.de/chemiedidaktik/multimedia/index.html).

Wir danken der Europäischen Union für die Förderung des Projekts PROFILES unter der Fördernummer FP7-266589.

### **Literatur**

- Dori, Y., Rodrigues, S., & Schanze, S. (2013). How to promote Chemistry learning through the use of ICT. In I. Eilks, & A. Hofstein (eds.), *Teaching chemistry - A studybook* (pp. 213-240). Rotterdam: Sense.
- Falvo, D. (2008). Animations and simulations for teaching and learning molecular chemistry. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 4, 68-77.
- Frailich, M., Kesner, M., & Hofstein, A. (2009). Enhancing students' understanding of the concept of chemical bonding by using activities provided on an interactive website. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 289-310.
- Krause, M., Kienast, S., Witteck, T., & Eilks, I. (2013). Tour de Chemie – Self-directed cooperative learning supported by computer assessment and feedback. *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 354-353.
- Williamson, V. M., & Abraham, M. R. (1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 521-534.

## Evaluation einer Unterrichtseinheit zur Induktion in der Sekundarstufe II

### Merkmale der Unterrichtseinheit

Mit der Unterrichtseinheit und dem ihr zugrunde liegenden Konzept möchten wir eine Möglichkeit bereitstellen, die elektromagnetische Induktion zu erklären. Zu diesem Zweck weist unser Unterrichtsvorschlag zwei zentrale Merkmale auf. Zum einen wird für alle Erscheinungen und Versuche eine einheitliche Erklärung, die auf dem magnetischen Fluss beruht, herangezogen. Zum anderen definieren wir den magnetischen Fluss auf elementare Weise über die Anzahl der Feldlinien, die eine Leiterfläche durchstoßen.

Die einheitliche Erklärung lautet: „Es wird ein *magnetischer Fluss* durch eine vom Leiter aufgespannte Fläche betrachtet. Während der *Änderung* des magnetischen Flusses durch diese Fläche entsteht in dem Leiter ein elektrisches Feld. Das *elektrische Feld* treibt die Elektronen im Leiter an. Im Leiter kommt es daher zu einer *Ladungsverschiebung*.“<sup>1</sup> Anhand dieser Erklärung wird ein weiteres wichtiges Merkmal der Unterrichtseinheit deutlich. Es wird zunächst ein überwiegend qualitativer Zugang gewählt, um ein Verständnis für die Vorgänge der Induktion aufzubauen. Die Schülerinnen und Schüler üben im Laufe der achtstündigen Unterrichtseinheit den Umgang mit dem magnetischen Fluss und der Erklärung ein, indem sie diese auf neue Versuche übertragen.

Die Lernziele dieser Einheit lauten:

- (1) Anwenden der getroffenen Vereinbarungen zu den Eigenschaften (Betrag und Richtung) des magnetischen Flusses.
- (2) Erklären der Entstehung eines elektrischen Feldes bzw. Stromes nur, wenn sich der magnetische Fluss ändert über
  - (a) Annähern und Entfernen von Magnet und Leiterschleife
  - (b) Magnetfeldstärkeänderung und
  - (c) Flächenänderung.
- (3) Erläutern des Einflusses des Tempos der Änderung des magnetischen Flusses auf den induzierten Strom.

Die Entwicklung der Unterrichtseinheit erfolgte in mehreren Schritten und orientierte sich dabei an dem Prinzip der didaktischen Rekonstruktion (vgl. Kattmann et. al., 1997).

### Das Testinstrument

Die Aufgaben, mit denen das fachliche Wissen der Schülerinnen und Schüler überprüft wird, sind von uns in einem mehrstufigen Prozess entwickelt worden.

Die erste Version des Tests diente dazu, sich einen allgemeinen Überblick über den Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler, die an einem Unterricht zur Induktion teilgenommen hatten, zu verschaffen. Hierzu wurden überwiegend Aufgaben im offenen Antwortformat gewählt. Des Weiteren wurden Multiple-Choice-Aufgaben eingesetzt. Bei diesen Aufgaben wurde neben der Antwort auf die Frage, die im Multiple-Choice-Format gegeben wurde, auch eine Begründung, die die Schülerinnen und Schüler selbst formulieren sollten, gefordert. Hierbei zeigte sich, dass die Schülerinnen und Schüler zwar häufig die richtige Antwort geben, aber nur in den seltensten Fällen akzeptable Begründungen äußern. Es wurde darüber hinaus deutlich, dass in den offen formulierten Begründungen der Schülerantworten, Antworten gegeben wurden, die auf das Vorhandensein möglicher

<sup>1</sup> Die in der Erklärung kursiv gedruckten Begriffe sollen von den Schülerinnen und Schülern in weiteren Erklärungen immer wieder aufgegriffen und adäquat verwendet werden.

Schülervorstellungen hinweisen. Dies war der Anlass dafür, für die Multiple-Choice-Aufgaben ein neues Format zu wählen. Orientiert haben wir uns dabei an dem von Treagust (1988) vorgeschlagenem Vorgehen zur Erstellung von Multiple-Choice-Aufgaben, die Schülervorstellungen berücksichtigen. Das Ziel war es somit zweistufige Multiple-Choice-Aufgaben zu formulieren. Auf der ersten Stufe wählen die Lernenden die richtige Antwort auf die Frage aus und auf der zweiten Stufe die Begründung, die ihrer Meinung nach am besten zur gegebenen Antwort passt.

Im zweiten Entwicklungsschritt wurden dann möglichst plausible Begründungen für die zweite Stufe dieses Aufgabenformats entworfen. Hierfür wurden Interviews durchgeführt und Schülergespräche, die während des Lösens der Testaufgaben aufgenommen wurden, ausgewertet. Das Ergebnis dieser Entwicklungsphasen sind sechs Multiple-Choice-Aufgaben zum magnetischen Fluss und zur elektromagnetischen Induktion.

Der derzeit aktuelle Test lässt sich in zwei Teile gliedern. Der eine Teil besteht aus den sechs Multiple-Choice-Aufgaben. Aufgaben dieses Formates werden auch in anderen Tests (vgl. Urban-Woldron & Hopf, 2012) eingesetzt. Der andere Teil beinhaltet lernzielorientierte Aufgaben zu Aspekten der elektromagnetischen Induktion und zum magnetischen Fluss. Diese fünf Aufgaben sind teilweise aus der Unterrichtseinheit bekannt oder sehr stark an den Unterrichtsinhalten orientiert. Die zuvor genannten Lernziele werden vollständig in den Aufgaben abgedeckt. Auch die Anforderungsbereiche der einheitlichen Prüfungsanforderungen sind gleichmäßig über die Aufgaben verteilt.

### Ausgewählte Ergebnisse des Fachwissenstests

Der erste Teil des Fachwissenstests beinhaltet unterrichtsnahe Aufgaben. Mit diesen Aufgaben kann somit überprüft werden, inwieweit das von uns entwickelte Konzept von den Schülerinnen und Schülern angenommen und angewendet wird. In Abbildung 1 ist eine Aufgabe dieses ersten Testteils zu sehen.

In den unterrichtsnahen Aufgaben zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler kaum Schwierigkeiten haben den magnetischen Fluss zu bestimmen. Nahezu 100% der Lernenden ordnen in der nebenstehenden Aufgabe dem magnetischen Fluss in den im Filmstreifen dargestellten Situationen den richtigen Betrag zu. Über 60 % geben außerdem das richtige Vorzeichen an. Anhand der Auswertung der

**Aufgabe 2**

Eine Leiterschleife befindet sich in einem homogenen Magnetfeld. Die Fläche, die von der Leiterschleife eingeschlossen wird, wird verkleinert und anschließend vergrößert.

a) Tragen Sie die Werte für den magnetischen Fluss durch die Fläche gemäß der im Unterricht getroffenen Vereinbarungen ein.  
b) Tragen Sie in die gestrichelten Kästchen die Änderung des magnetischen Flusses  $\Delta\Phi$  ein.

$t_1 = 0,0s$	$t_2 = 0,1s$	$t_3 = 0,2s$	$t_4 = 0,3s$	$t_5 = 0,4s$
$\Phi_1:$	$\Phi_2:$	$\Phi_3:$	$\Phi_4:$	$\Phi_5:$
$\Delta\Phi:$				
↳	↑	↳	↑	↳

c) Erklären Sie, weshalb es in der Leiterschleife zu einer Verschiebung der Elektronen kommt.

Abb. 1: Beispiel für eine unterrichtsnahe Aufgabe

Testaufgaben zeigt sich, dass das Feldlinienkonzept von den Schülerinnen und Schülern gut angenommen und angewendet wird. Neben dem Bestimmen des magnetischen Flusses ist auch das Formulieren einer Erklärung über das Zustandekommen des induzierten Stromes in dem beschriebenen Versuch gefordert. Hierfür sollen die Schülerinnen und Schüler auf die eingeübte Erklärungssequenz zurückgreifen und die vier Begriffe *magnetischer Fluss*, *Änderung*, *elektrisches Feld* und *Ladungsverschiebung* in ihre Erklärung einfließen lassen.

Die Lernenden werden in den Testaufgaben allerdings nicht mehr explizit dazu aufgefordert, diese Begriffe zu verwenden. Vielmehr soll mit den Aufgaben überprüft werden, inwieweit sie diese Begriffe von sich aus in der Erklärung verwenden. Über die Hälfte der Schülerinnen und Schüler verwendet in der Erklärung in Teil c) der Aufgabe 2 die Begriffe *magnetischer Fluss* und *Änderung* richtig. Nur etwa ein Drittel erwähnt in der Erklärung die Begriffe *elektrisches Feld* und *Ladungsverschiebung*. Es zeigt sich, dass vor allem der Umgang mit dem magnetischen Fluss und das Hinzuziehen der Argumentation über die Änderung des magnetischen Flusses für die Erklärung häufig aufgegriffen werden. Es werden jedoch nur von etwa einem Zehntel der Schülerinnen und Schüler vollständig richtige Erklärungen gegeben. Die unterrichtsnahen Aufgaben wurden von den Schülerinnen und Schülern zu zwei verschiedenen Zeitpunkten bearbeitet. Einmal nach<sup>2</sup> dem sechsständigen Unterricht und einmal mit einem Abstand von drei Monaten.

Die Vergabe der Noten richtet sich nach den Maßstäben, die im Abitur zugrunde gelegt werden. Des Weiteren ist der Graphik zu entnehmen, dass das Leistungsvermögen der Lernenden relativ stabil bleibt.

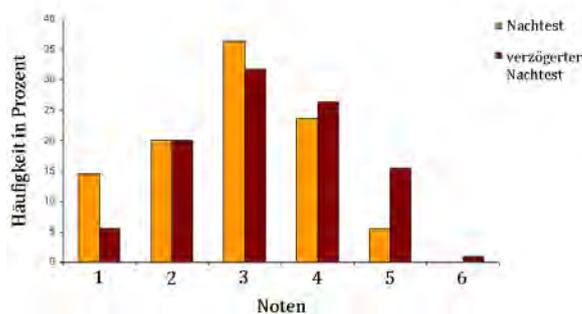


Abb. 2: Notenverteilung des ersten Testteils

Die zweistufigen Multiple-Choice-Fragen aus dem zweiten

Testteil ermöglichen eine weitere Differenzierung zwischen den erreichten Leistungsniveaus der Lernenden. Die zweite Stufe der Aufgaben wird einheitlich seltener richtig beantwortet als die erste Stufe. Bei richtiger Beantwortung der ersten Stufe fällt die Beantwortung der zweiten Stufe je nach Aufgabe um 5% bis 40% geringer aus. Die Auswertung der zweiten Stufe kann Hinweise auf mögliche Schülervorstellungen liefern.

### Fazit

Anhand der Unterrichtseindrücke und der Ergebnisse des Fachwissenstests zeigt sich, dass das Konzept von den Schülerinnen und Schülern gut angenommen und in verschiedenen Situationen angewendet werden kann. Des Weiteren zeigen die Ergebnisse des verzögerten Nachttests, dass ein stabiler Lernerfolg vorliegt. Wir vermuten, dass dies an dem elementaren Zugang zum Thema liegt.

Die Erweiterung der Multiple-Choice-Aufgaben um die zweite Stufe ist sinnvoll und lässt Rückschlüsse auf vorhandene Schülervorstellungen zu.

### Literatur

- Kattmann, U., et. al. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3ff.
- Treagust, D. F. (1988). The development and use of diagnostic instruments to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10, 159-169.
- Urban-Woldron, H., & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 201ff.

<sup>2</sup> Nach dem Test findet noch eine zweistündige Anwendung der erlernten Inhalte im Gruppenpuzzle statt.

### Von Wagenschein zu kognitiv aktivierendem Chemie-Unterricht

Hans-Dieter Barke stellt bereits auf der ersten Seite seiner Chemiedidaktik fest: „Bei Unterrichtsplanungen ging man noch vor einigen Jahrzehnten davon aus, dass die jungen Schüler und Schülerinnen kaum eigene Vorstellungen oder Kenntnisse in den naturwissenschaftlichen Unterricht mitbringen und deshalb eine gute Unterrichtsvorbereitung lediglich entscheiden müsse, in welcher Reihenfolge welche neuen Begriffe und Inhalte mit welchen Methoden, Medien und didaktischen Hilfsmitteln einzuführen seien.“ (Barke, 2006) Die jungen Schülerinnen und Schüler sind jedoch aktive Wesen, welche sich durch eine Auseinandersetzung mit der Welt entwickeln. Im Rahmen dieses Entwicklungsprozesses erschaffen sie ein individuelles, konstruiertes und strukturiertes Abbild ihrer Umwelt (Arnold, 2012). Jean Piaget hat diese Tatsache schon vor langer Zeit durch seine Assimilations- und Akkomodations-Mechanismen beschrieben (Piaget, 1970). Somit ist es nicht verwunderlich, was fachdidaktische Untersuchungen darlegen: Jugendliche kommen mit teilweise sehr differenzierten Vorstellungen über naturwissenschaftliche Phänomene in den Unterricht. Diese sogenannten alternativen Vorstellungen weichen mitunter jedoch beträchtlich von den allgemein akzeptierten naturwissenschaftlichen Konzepten ab (Nieswand, 2001; Barke, 2006).

Um dennoch einen erfolgreichen Chemie-Unterricht sicherstellen zu können, wird von verschiedenen Autoren vorgeschlagen, diese alternativen Vorstellungen zu diagnostizieren (Barke, 2006; Treagust, 1988). Eine andere Möglichkeit die Erfahrungen der Lernenden in den Unterricht mit einzubeziehen stellt der genetische naturwissenschaftliche Unterricht dar, so wie er von Martin Wagenschein beschrieben und praktiziert worden ist (Wagenschein, 1999). Die zentralen Elemente seiner Didaktik sind das genetische Verfahren, exemplarische Themen und das sokratische Gespräch nach Leonard Nelson (Nelson, 1975). Am Beispiel einer etwa 20-stündigen Unterrichts-Sequenz<sup>1</sup> (Titel: Was ist Feuer?) soll aufgezeigt werden, wie diese Prinzipien Wagenscheins zu einem kognitiv aktivierenden und konstruktivistisch ausgerichteten Chemie-Unterricht beitragen können. Das Feuer Thema wurde bereits von Wagenschein selbst (Faradays Kerze) und verschiedenen anderen Lehrpersonen aufgegriffen (Theophel, 1995; Aeschlimann, 1999; Wildhirt, 2008). Wagenscheins Originalversion sowie die späteren Bearbeitungen des Themas sind entweder physikalisch oder biologisch ausgerichtet. Hier geht es um eine Variante, welche die chemischen Aspekte konsequent bearbeitet. Im Rahmen des Unterrichts-Projekts werden 4 Fragen zur Kerzenflamme gestellt. Die Antworten zu den ersten drei Fragen stellen eine Vorbereitung für die chemische Auseinandersetzung mit der 4. Frage dar.

#### Frage 1: Wie sieht eine Kerzenflamme aus?

Mit Hilfe einer brennenden Kerze halten die Lernenden ihre Beobachtungen schriftlich fest. Anschließend werden in einem Gruppengespräch die wichtigsten Merkmale herausgearbeitet (Flammenform, 3 Flammenzonen inkl. Farbe und Durchsichtigkeit, gerader und gekrümmter Docht, Wachssee und Wachswall an der Spitze der Kerze).

Bereits die Auseinandersetzung mit Frage 1 zeigt wesentliche Elemente exemplarischer Themen auf. Als Einstieg dient ein nicht zu einfaches und nicht zu kompliziertes Phänomen, idealerweise ein Naturphänomen. Die Auseinandersetzung mit dem Thema (Frage 2-4)

<sup>1</sup> Falls man nicht alle Experimente durchführt und die Auseinandersetzung strafft, kann die Sequenz auf ca. 12 Stunden reduziert werden.

ermöglicht es, fundamentale Erfahrungen (hier: aus vorhandenen Stoffen können neue Stoffe entstehen) mit philosophischer Dimension zu machen und elementare Inhalte (hier: nur gasförmige Stoffe können mit Sauerstoff verbrennen, bei Verbrennungen finden häufig Stoffspaltungen und Stoffvereinigungen statt, etc.) zu entdecken.

### **Frage 2: Was brennt in der Kerzenflamme? (9 Experimente)**

Diese Frage wird im Idealfall nicht von der Lehrperson gestellt, das erste Experiment, der Flammensprung, stellt sie. Mit weiteren vier Experimenten die im Verlauf von sokratischen Gesprächen, von der Lehrperson oder den Lernenden vorgeschlagen werden, findet man heraus: In der Kerzenflamme brennt gasförmiges Wachs. Außerdem brennt der gekrümmte Docht ganz langsam von der Spitze nach unten ab – der gerade Docht brennt nicht.

Mit der Bearbeitung von Frage 2 kommt das genetische Verfahren zum Zuge. Mit der Exposition eines Phänomens (hier: Flammensprung) wird Beunruhigung durch Ungewohntes ausgelöst, es entsteht der Wunsch es einzuordnen. Die Lehrperson verlässt sich darauf, dass die Betrachtung des erstaunlichen Vorgangs zum Denken auffordert. Es entsteht von der Sache ausgehend ein Sog, der Teile des Lehrstoffs ansaugt und entdecken lässt. Es entwickelt sich eine Kette von Einfällen, Nachprüfungen, Fragen und so fort.

Mit dem genetischen Verfahren untrennbar verbunden ist das sokratische Gespräch, das einen Unterricht im Selbstdenken darstellt. Durch den Austausch von Gedanken in der Gruppe findet eine Kontrolle statt, die der Selbstverblendung entgegenwirkt. Die Intervention der Lehrperson beschränkt sich im günstigsten Fall auf Fragen der Art: Wer hat verstanden, was gerade gesagt wurde? – Über welche Frage sprechen wir? – Was haben wir erreicht? Mit dem sokratischen Gespräch ist eine Schwierigkeit verbunden, an die man sich als Lehrperson erst gewöhnen muss, die man aber bald schätzen lernen wird. Wann man was sagen wird, kann man nicht vorher wissen, denn Kinder denken überraschend. Es ist sinnvoll mehrere Wege vorzubereiten, um je nach Situation auf den einen oder anderen wechseln zu können. Es kommt immer wieder vor, dass man durch die Aussagen der Jugendlichen auf neue Wege aufmerksam wird.

Mit weiteren Experimenten (Wachswolke, die sich von selbst entzündet, Wasser im Papiertopf erhitzen, Holzgas verbrennen) kann man die Erkenntnisse sichern und erweitern (Holz und Papier brennen nicht!).

### **Frage 3: Woraus bestehen die Flammenzonen? (11 Experimente)**

Das Vorgehen ist hier wie bei Frage 2 genetisch, sokratisch und von zahlreichen Experimenten geprägt. Nur für den farblosen, durchsichtigen Flammen-Kern und den gelben, undurchsichtigen Flammen-Mantel lässt sich diese Frage stufengerecht beantworten. Der Flammen-Kern besteht aus Wachsgas, der Flammen-Mantel ist im Wesentlichen glühender Ruß-Rauch. Woraus der blaue Flammen-Saum besteht lässt sich mit den Mitteln der Schulchemie im Anfänger-Unterricht nicht klären. Man kann jedoch festhalten, dass nur im Flammen-Saum, wo Luft in die Kerze einströmt, sofort eine vollständige Verbrennung abläuft, die zur Bildung von blau leuchtenden Zwischenprodukten führt.

Durch die Auseinandersetzung mit Frage 3 tritt eine wahrlich beunruhigende Erkenntnis zutage: Aus weißem Wachs kommt schwarzer Kohlenstoff (Ruß) heraus – in weißem Wachs ist jedoch kein schwarzer Kohlenstoff enthalten, ansonsten wäre das Wachs zumindest leicht gräulich. Diese beunruhigende Erfahrung bringt Frage 4 hervor.

### **Frage 4: Was passiert bei der Verbrennung von Wachsgas? (18 Experimente)**

Im Rahmen dieser Frage wird auf die Bedeutung der Luft, die Bildung von Kohlenstoff aus Wachs und die Bildung von Kohlenstoffdioxid und Wasser in der Flamme eingegangen. Es werden die entscheidenden chemischen Zusammenhänge wiederum auf genetisch, sokratische Weise mit vielen Experimenten entdeckt. Die folgenden chemischen Wortgleichungen

fassen die fundamentale Erkenntnis (Bildung neuer Stoffe) sowie einige elementare Erkenntnisse (Stoffvereinigungen mit Sauerstoff, Stoffspaltungen, chemische Teilreaktionen) des Projekts zusammen.

Vollständige Verbrennung: Teilprozesse:

Wachs  $\rightarrow$  Kohlenstoff + Wasserstoff  
 Kohlenstoff + Sauerstoff  $\rightarrow$  Kohlendioxid  
 Wasserstoff + Sauerstoff  $\rightarrow$  Wasser

Vollständige Verbrennung: Gesamtprozess:

Wachs + Sauerstoff (viel)  $\rightarrow$  Kohlendioxid + Wasser

### Chemische Basiskonzepte und Schlussfolgerung

Der genetisch, naturwissenschaftliche Unterricht mit der Kerzenflamme knüpft nicht nur an den Vorstellungen der Lernenden an, er bringt auch die für die Chemie fundamentale Frage hervor: Wie können neue Stoffe mit neuen Eigenschaften entstehen? Anhand zahlreicher rätselhafter Vorgänge drängt sie sich auf. Zum Beispiel wird aus weißem, festem Wachs schwarzer, fester Kohlenstoff und farbloser, gasförmiger Wasserstoff. Außerdem wird deutlich: Mit Experimenten alleine wird man dieses Rätsel nicht lösen, man muss sich etwas ausdenken. Auf diese Weise werden Jugendliche für die Konfrontation mit chemischer Theorie vorbereitet. Sie können erkennen, dass Phänomene Fragen stellen, die von Ideen der Menschen (also chemischen Theorien) beantwortet werden. Sie lernen dabei gleichzeitig, im Sinne der Nature of Science-Philosophie, was Naturwissenschaften sind und es wird vermieden, dass Antworten gelernt werden, zu denen man die Fragen nicht kennt. Mit einem Chemie-Curriculum, das sich derart entfaltet, kommt man auf nachvollziehbare und verständliche Weise zum wichtigsten aller chemischen Basis-Konzepte (Bünder, Demuth & Parchmann, 2003): Dem Konzept der kleinsten Teilchen und zur Atom-Theorie. Die anderen Basis-Konzepte (Donor Akzeptor, Energie Entropie, Struktur Eigenschaften, Reaktionsgeschwindigkeit, chemisches Gleichgewicht) können auf ähnlichen Wegen erschlossen und zugänglich gemacht werden.

### Literatur

- Aeschlimann, U. (1999). Dissertation: Mit Wagenschein zur Lehrkunst. Philipps-Universität Marburg/Lahn.  
 Arnold, R. (2012). Ich lerne also bin ich. Carl-Auer-Systeme-Verlag, S. 61.  
 Barke, H.-D. (2006). Chemiedidaktik, Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. Springer, S. 1.  
 Bünder, W., Demuth, R., & Parchmann, I. (2003). Basiskonzepte – Welche chemischen Konzepte sollen Schüler kennen und nutzen? PdN-CHiS, 1/52.  
 Nelson, L. (1975). Die sokratische Methode. Hrsg. von Henry-Hermann, G., Felix Meiner Verlag.  
 Nieswandt, M. (2001). Von Alltagsvorstellungen zu wissenschaftlichen Konzepten: Lernwege von Schülerinnen und Schülern im einführenden Chemieunterricht. ZfDN, 7, 33.  
 Piaget, J. (1970). Meine Theorie der geistigen Entwicklung. Hrsg. von Fatke, R., Suhrkamp.  
 Theophel, E. (1995). Kerze, nach Farady. Hrsg. von Berg, H.C. & Schulze, T., Luchterhand.  
 Treagust, D.F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. Int.J.ScienceEduc. 10, 159.  
 Wagenschein, M. (1999). Verstehen lehren, Genetisch, Sokratisch, Exemplarisch. Beltz Verlag.  
 Wildhirt, S. (2008). Lehrstückunterricht gestalten. Lehrkundsdidaktik 2. h.e.p.-Verlag.

### **Schulbücher als Lernmaterialien für Schüler und Lehrer – Exemplarische Untersuchungen am Thema ‚Bewegungsbeschreibung‘**

Auch wenn Oelkers und Reusser bereits vor einiger Zeit auf die besondere Rolle des Schulbuchs für die Implementation von Bildungsstandards hingewiesen haben (Oelkers & Reusser, 2008, 408ff) und hierüber hinaus u. a. Oelkers (2010) die grundsätzliche Bedeutung des Schulbuchs für die Qualität von Unterricht herausgestellt hat, spielt die systematische Auseinandersetzung mit Schulbüchern in den Fachdidaktiken der naturwissenschaftlichen Fächer immer noch eine untergeordnete Rolle (vgl. auch das Resümee von Merzyn (1994, 13ff)). An dieser Situation scheint sich aber derzeit infolge der Auseinandersetzung mit den Ergebnissen der trinationalen Video-Vergleichsstudie *Quality of Instruction in Physics* (QuIP) allmählich etwas zu ändern, weil die Vermutung im Raum steht, dass festgestellte Unterschiede auch mit einer unterschiedlichen Gestaltung der Schulbücher in den einzelnen Ländern zusammenhängen könnten (finnische Schulbücher scheinen eher ein *teaching the textbook* (nach Moser, 2008) zu erlauben als deutschsprachige; vgl. auch die Überlegungen von Wellenreuther (2009) zur *Schulbuchhypothese*). Gleichwohl ist die Auseinandersetzung mit Schulbüchern in den Fachdidaktiken der naturwissenschaftlichen Fächer derzeit noch weit von dem Ausmaß entfernt, in dem sich beispielsweise in der Vergangenheit, aber auch aktuell immer noch mit Fragen der Modellierung und Messung von Kompetenzen sowie der Aus- und Weiterbildung von Lehrern auseinandergesetzt wurde und wird. Mit Blick auf diese Situation hat es den Anschein, dass Antworten auf das Abschneiden des deutschen Bildungssystems in internationalen Vergleichsstudien aktuell eher in einem Erheben von Schülerkompetenzen (Leistungsmessung) sowie einer Verbesserung der Lehrerkompetenzen gesucht werden als im Aufbau und in der Verbesserung von *Unterstützungssystemen*, zu denen u. a. Schulbücher gehören (siehe hierzu Wellenreuther, 2011).

Die Frage, inwieweit sich aktuell zugelassene Physikschulbücher (inkl. ihrer Begleitprodukte) als *Lernmaterialien für Schüler* auf der einen Seite sowie als *Lernmaterialien für Lehrer* auf der anderen Seite eignen, wurde in der hier beschriebenen Studie analytisch untersucht. Die Ergebnisse dieser Analyse von Schulbüchern markieren dabei einerseits den *Status quo*, andererseits decken sie *Möglichkeiten zur Optimierung von Schulbüchern* auf. Zugrunde liegen der Untersuchung von Schulbüchern unter diesen beiden Perspektiven dabei Überlegungen zu Schulbüchern als Unterstützungssystem für Lehrer, was u. a. beinhaltet, dass Schulbücher Schülern eigenständiges Lernen ermöglichen sollten, aber auch umfasst, dass Lehrer mit Schulbüchern ihr professionelles Wissen erweitern und vertiefen können.

#### **Schulbücher als Lernmaterialien für Schüler**

Eine Vielzahl an Argumenten spricht dafür, Schulbücher explizit so zu gestalten, dass Schüler in der Lage sind, mit diesen eigenständig ihr Wissen und Können zu erweitern und zu vertiefen. So ermöglicht eine derartige Gestaltung von Schulbüchern beispielsweise dem Lehrer im Unterricht, Schüler eigenständig mit dem Buch arbeiten zu lassen und einzelnen Schülern bei Bedarf Unterstützung anzubieten (adaptives Unterrichten). Daneben können durch eine Gestaltung des Schulbuchs als Lernmaterial für Schüler dem Lehrer auch mögliche Vorgehensweisen im Unterricht verdeutlicht werden; zudem kann er z. B. gute Beispiele für eigene Erklärungen oder die Anlage von Übungsphasen erhalten. Aber auch für das Lernen der Schüler zu Hause – beispielsweise wenn aufgrund von Krankheit am Unterricht nicht teilgenommen werden konnte – dürfte die Gestaltung von Schulbüchern als Lernmaterialien für Schüler bedeutsam sein (vgl. hierzu auch Kiper et al., 2010). Hinweise, wie

sich Schulbücher so gestalten lassen, dass sie als Lernmaterialien für Schüler geeignet sind, ergeben sich insbesondere aus dem Diskurs über multimediale Lernumgebungen (Stichwort: *didaktisches Design*; vgl. z. B. Niegemann et al., 2008); sie werden – neben fachlichen Überlegungen – in dieser Studie für die Analyse der Schulbücher bedeutsam.

### Schulbücher als Lernmaterialien für Lehrer

Diskussionen über die explizite Ausrichtung von Schulbüchern auf das Lernen von Lehrern werden seit einiger Zeit im englischsprachigen Raum unter dem Schlagwort *educative curriculum material* geführt (u. a. Ball & Cohen, 1994; Davis & Krajcik, 2005). Dabei wird insbesondere danach gefragt, ob und wie sich Schulbücher mit Blick auf die drei Facetten *fachliches Wissen* (CK), *fachdidaktisches Wissen* (PCK) und *allgemeindidaktisches Wissen* (PK) auf die Erweiterung und Vertiefung des professionellen Wissens von Lehrern ausrichten lassen. Im Rahmen der Schulbuchanalyse wird der Frage nachgegangen, inwieweit Schulbücher für Lehrer Möglichkeiten zur Erweiterung und Vertiefung ihres professionellen Wissens hinsichtlich dieser drei Wissensfacetten enthalten.

### Untersuchungsdesign

Das Untersuchungsdesign der hier beschriebenen Studie ist in Abbildung 1 dargestellt.

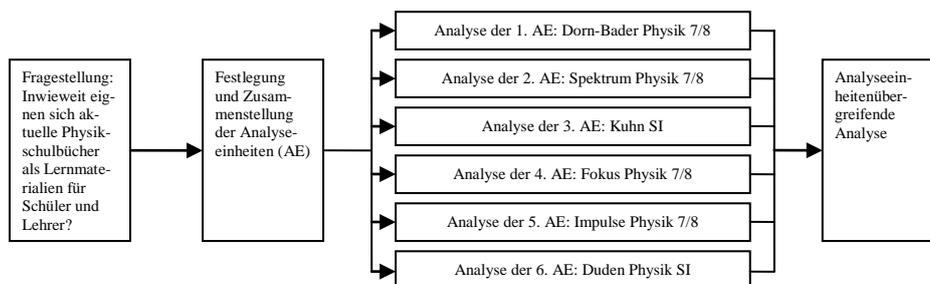


Abb. 1: Untersuchungsdesign

### Analysekorpus

Der Analysekorpus setzt sich aus Ausschnitten zum Thema ‚Bewegungsbeschreibung‘ aus sechs *aktuell in Niedersachsen zugelassenen Physikschulbüchern* für die Jahrgänge 7/8 des Gymnasiums zusammen. Zudem umfasst der Analysekorpus Ausschnitte aus den *Lehrerbegleitmaterialien* zu den Schulbüchern sowie *Ausführungen zur Konzeption* der Schulbücher. Materialien, die sich jeweils auf ein Schulbuch beziehen, bilden bei der Analyse eine Analyseeinheit (AE). Diese wurden in der Studie jeweils zunächst separat analysiert (Abb. 1).

### Zum Analyseinstrument für die Analyse der einzelnen Analyseeinheiten

Die Analyse der einzelnen Analyseeinheiten (Abb. 1) erfolgt mit einem Analyseinstrument, welches mehrere Schritte umfasst und bei welchem – ausgehend von einer Beschreibung des jeweiligen Analysematerials – eine Bewertung mit Blick auf theoretische Hintergrundüberlegungen zur Ausrichtung von Schulbüchern als Lernmaterialien für Schüler und Lehrer stattfindet (vgl. hierzu die obigen Ausführungen zu Schulbüchern als Lernmaterialien für Schüler und Lehrer). An einem knappen Beispiel, bei dem lediglich die Frage in den Blick genommen werden soll, inwieweit im Schulbuch das *Konsolidieren von Wissen* (durch Aufgaben) unterstützt wird (vgl. Wellenreuther, 2009, 28ff), sei an dieser Stelle das Vorgehen bei dieser Analyse verdeutlicht.

Das Schulbuch ‚Impulse Physik 7/8‘ (Bredthauer, Bruns, Grote & Köhncke, 2008) beinhaltet eine Seite mit der Überschrift ‚Umgang mit Daten und Diagrammen‘. Auf der Seite wird

neben dem Erstellen von  $t$ - $s$ -Diagrammen und dem Einzeichnen von Ausgleichsgeraden auch der Umgang mit Messfehlern beim wiederholten Durchführen eines Versuchs thematisch. Exemplarisch wird auf dieser Seite die Berechnung eines Mittelwertes für den Weg  $s$  auf Basis einer Messwerttabelle vorgeführt und im Anschluss daran wird der Schüler in einer Aufgabe aufgefordert, für die weiteren in der Tabelle genannten Messwerte die Mittelwerte zu berechnen, sie in ein  $t$ - $s$ -Diagramm einzutragen und die Ausgleichsgerade einzuzeichnen sowie einen Vergleich mit zwei weiteren  $t$ - $s$ -Diagrammen im Schulbuch vorzunehmen. Nimmt man nun in den Blick, dass es sich bei dieser Aufgabe um die einzige Aufgabe handelt, die auf der Seite zum Thema ‚Umgang mit Daten und Diagrammen‘ angeboten wird, dann muss – schon allein aufgrund der Quantität – konstatiert werden, dass das Konsolidieren von Wissen an dieser Stelle nicht hinreichend unterstützt wird. Und im Vergleich mit etablierten Wissensbeständen zur Wissenskonsolidierung muss auch die Qualität hinterfragt werden (Konsolidieren umfasst u. a. auch ein ‚Wachhalten der Einsicht‘, eine Variation an Beispielen, das Überlernen bestimmter Fertigkeiten). Mit Blick auf das Lehrermaterial wird daneben zudem deutlich, dass hier auch nicht ernsthaft von einem Lernmaterial für Lehrer gesprochen werden kann; schließlich wird nur die Lösung zur gerade genannten Aufgabe geliefert, aber es werden keine weitergehenden Informationen dargeboten.

#### **Ausgewählte Ergebnisse der analyseeinheitenübergreifenden Betrachtung**

Im Rahmen der analyseeinheitenübergreifenden Analyse (Abb. 1) erfolgt eine Bündelung der Ergebnisse aus den Einzelanalysen. Dabei wird deutlich, dass die untersuchten Schulbücher (inkl. ihrer Begleitprodukte) nicht auf die Erweiterung und Vertiefung des professionellen Wissens von Lehrern ausgerichtet sind. Eine systematische Gestaltung als Lernmaterialien für Lehrer lässt sich nicht erkennen. Aber auch als Lernmaterialien für Schüler dürften die Schulbücher nur bedingt geeignet sein. So macht die Analyse u. a. deutlich, dass in den Büchern keine systematische Entwicklung des Themas ‚Bewegungsbeschreibung‘ vorgenommen wird, zwischen konzeptuellen und empirischen Betrachtungen wird nicht hinreichend unterschieden, ein systematisches Konsolidieren von Wissen ist in den Büchern nicht grundgelegt, ebenso wenig sind Ansätze verteilt und massierten Übens umgesetzt.

#### **Literatur**

- Ball, D. L., & Cohen, D. K. (1996). Reform by the book: What is – or might be – the role of curriculum materials in teacher learning and instructional reform? *Educational Researcher*, 25(9), 6-8,14.
- Bredthauer, W., Bruns, K. G., Grote, M., & Köhncke, H. (2008). *Impulse Physik für die Klassen 7/8 im achtjährigen Bildungsgang der Gymnasien in Niedersachsen*. Stuttgart; Leipzig: Klett.
- Davis, E. A., & Krajcik, J. S. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. *Educational Researcher* 34(3), 3-14.
- Kiper, H., Schlump, S., Schmit, S., & Peters, S. (2010). Ermöglichen Aufgaben in Schulbüchern Lernen? – Ausgewählte Ergebnisse fachdidaktischer Analysen aus dem Projekt ‚Kompetenzerwerb durch Lernaufgaben (KLee)‘. In H. Kiper, W. Meints, S. Peters, S. Schlump & S. Schmit (Hrsg.), *Lernaufgaben und Lernmaterialien im kompetenzorientierten Unterricht*. Stuttgart: Kohlhammer, 155-166.
- Moser, U. (2008). Testinstrumente im Spannungsfeld zwischen Lehrplan und Lehrmittel. (Vortrag auf dem 3. Lehrmittelsymposium zum Thema ‚Aktuelle Entwicklungen im Bildungswesen und deren Einflüsse auf die Lehrmittelentwicklung‘ am 17./18. Januar 2008 auf dem Wolfsberg in Ermatingen). [www.ibe.uzh.ch/publikationen/vortraege/Lehmittelsymposium.pdf](http://www.ibe.uzh.ch/publikationen/vortraege/Lehmittelsymposium.pdf) (15.09.2013).
- Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M., & Zobel, A. (2008). *Kompodium multimediales Lernen*. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag.
- Oelkers, J., & Reusser, K. (2008). Qualität entwickeln, Standards sichern, mit Differenzen umgehen. (*Bildungsforschung*, Band 27). Berlin: BMBF.
- Oelkers, J. (2010). Lehrmittel: Rückgrat des Unterrichts. *Folio*, 1/2010, 18-21.
- Wellenreuther, M. (2009). *Forschungsbasierte Schulpädagogik. Anleitungen zur Nutzung empirischer Forschungen für die Schulpraxis*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Wellenreuther, M. (2012). *Bildungstheater. Mit Bildungsstandards, Schulinspektionen, Vergleichsarbeiten und zentralen Prüfungen zum Erfolg?* Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

## Die qualitative Analyse des Lehrbuchs Physik der 1. Klasse nach Kompetenzansatz

### Einführung

Die Arbeit beschäftigt sich vor allem mit der qualitativen Analyse des Schulbuchs Physik der 1. Klasse in der Mittelschule nach Kompetenzansatz. Dieser neue Ansatz wurde in das algerische Bildungssystem seit dem Schuljahr 2003/2004 angenommen. Diese Arbeit soll im ersten Teil die grundlegenden Prinzipien des Kompetenzansatzes, wie Problemsituation, Integrierter Unterricht, Selbstlernen und die Qualität des Wissens, aufzeigen. Die quantitativ-statistischen Ergebnisse werden durch eine durchgeführte Befragung für die Lehrer auf der nächsten Jahrestagung vorgelegt.

### Theoretische Grundlagen

#### *Zum Kompetenzansatz:*

Der Zielansatz konzentrierte sich auf die riesige Menge von Erkenntnissen. In diesem Ansatz werden die neuen Konzepte im Unterricht in Form von getrennten Erkenntnissen vermittelt. Aus diesem Grund glauben einige Wissenschaftler in der pädagogischen Psychologie, dass die Fragmentierung der allgemeinen Ziele in einer Reihe von Teilzielen nicht zu den gewünschten Fähigkeiten und Fertigkeiten bei den Schülern führen. Wie z. B. nach Viviane und Delandsheer (1992) die Ziele ermöglichen, nicht den Lernenden selbständig zu lernen und die gewonnenen Erkenntnisse zu verwenden, um die Probleme im Unterricht oder außerhalb des Unterrichts zu lösen. Der orientierte Unterricht, der die Lösung der Probleme im Unterricht ermöglicht und diese Probleme mit den Situationen im Alltag verbindet, entspricht nicht dem Zielansatz. Ausgehend von Mängeln des Zielansatzes kam der neue Ansatz: **Kompetenzansatz**, der den Lernprozess nicht fragmentiert. Im Kompetenzansatz sollen die theoretischen Grundlagen, Erkenntnisse, fachlich-inhaltliche und methodisch-soziale Kompetenzen vermittelt werden. Aus diesem Grund hilft der Kompetenzansatz den Lernenden, die Phänomene im und außerhalb des Unterrichts zu beschreiben und zu erklären.

#### *Zur Bedeutung der Kompetenz:*

Im Allgemeinen gibt es in der Literatur der pädagogischen Psychologie verschiedene Bedeutungen von Kompetenz. Nach Roegiers Xavier „La Compétence est la possibilité, pour l'individu, de mobiliser de manière intériorisée un ensemble intégré de ressources en vue de résoudre une situation de problèmes ou une famille de situations-problèmes“ (2000). Nach Weinert sind „**Kompetenzen** [...], die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften, damit die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll genutzt werden können.“ (2001). Im algerischen Lehrplan meint der Begriff **Kompetenz**, die verfügbaren Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten von Schülern, um bestimmte Probleme im Unterricht und außerhalb des Unterrichts zu lösen (2003/2004). Dabei werden Bauelemente von Kompetenzen, wie Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten gesehen. Im Lehrplan der Physik Algeriens, der auf dem Kompetenzbegriff basiert, finden sich Hinweise auf die fachlich-inhaltlichen und methodisch-sozialen Kompetenzen. Aus diesem Grund weist der Lehrplan darauf hin, dass der Physikunterricht mit Hilfe des Kompetenzansatzes, der eine geeigneter Unterrichtsmethode bzw. „Problemsituation“ benötigt, erfolgen muss. Diese Problemsituation besteht aus bestimmten Grundschritten, die im Lehrplan wie folgt vorgelegt sind:

1- Problemstellung, 2- Appropriation des Problems, 3- Entwicklung von Hypothesen, 4- Lösung des Problems (Bilanz, Austausch und Argumentation), 5- Erfassung und Strukturie-

rung von Erkenntnissen und 6- Evaluation (Lehrplan 2003/2004).

*Zur Bedeutung des Schulbuches:*

Als Ergebnis der neuen Richtung „Kompetenzansatz“ in der Reform und Entwicklung der Lehrpläne in Algerien sind die Schulbücher nach Kompetenzansatz geschrieben, weil sie eine Quelle der theoretischen Grundlagen und Erkenntnisse sowohl für die Schüler als auch für die Lehrer sind. Dabei sollen die Schulbücher als die primäre Quelle dienen, von denen die Lehrpläne abhängig sind. Nach Bleichroth et al. (1991) ist das Schulbuch ein „Arbeitsbuch, es stellt Probleme und Aufgaben, enthält [...] Versuchsanleitungen, Baubeschreibungen und Lesetexte. Es wird viel im Unterricht eingesetzt werden können“. Nach François, M. wird das Schulbuch als „Werkzeug absichtlich gedruckt und strukturiert, um einen pädagogischen Prozess mit dem Ziel das Lehr- und Lernprozess zu verbessern“ zu unterstützen (François & Xavier, 2003). Wie oben gezeigt, ist das Schulbuch ein unterstützendes, pädagogisches Dokument, das dem Lehrer in der Ausübung seiner Arbeit hilft und die Inhalte des Lehrplans übersetzt. Das Schulbuch sollte durch den bedeutenden pädagogischen Weg durch Genauigkeit, Objektivität und Qualität für die Lehrer und Schüler gleichermaßen charakterisiert werden. Die Bewertung bzw. –Analyse des Schulbuchs wird nach den Grundprinzipien der Kompetenzen gemacht. Deshalb ist diese Bewertung eine notwendige Aufgabe von uns. Dies ist, was wir in dieser Arbeit versuchen. Die Grundprinzipien sind: Problemsituation, Integrierte Situation, selbständiges Lernen und die Qualität des Wissens.

#### **Ziele der Arbeit**

Aus dem oben genannten sollen die folgenden Ziele erreicht werden:

1. Die Übersetzung des Schulbuches der Physik in der ersten Klasse der Mittelstufe, die Grundprinzipien des Kompetenzansatzes analysierend.
2. Ein gemeinsame Übereinstimmung auf das gleiche Niveau zwischen den Kompetenzen im Lehrplan in der ersten Klasse der Mittelstufe mit den Kompetenzen in dem Schulbuch zu diskutieren.

#### **Wissenschaftliche Fragestellungen**

Ausgehend von den Theoretischen Grundlagen und den genannten Zielen werden die folgenden wissenschaftlichen Fragestellungen formuliert:

1. Übersetzt das Schulbuch für Physik in der ersten Klasse der Mittelstufe die Grundprinzipien des Kompetenzansatzes: Problemsituation, Integrierte Situation, selbständiges Lernen und die Qualität des Wissens?
2. Gibt es insgesamt eine Übereinstimmung zwischen den Kompetenzen im Schulbuch Physik der Mittelstufe mit den Kompetenzen im Lehrplan auf dem gleichen Niveau?

#### **Die Methodologie**

Es wurde eine deskriptive Analyse, die auf der Analyse des Inhalts des Schulbuchs basiert, durchgeführt, dabei werden die Informationen und Gedanken über die Grundprinzipien des Kompetenzansatzes und die Übereinstimmung dieses Inhaltes mit den Lehrplananforderungen gesammelt bzw. zusammengenommen. Der Analyse-Prozess wurde nach den Verfahren, die vom Institut National der Pädagogische Forschung – Algier ausgewählt wurden, durchgeführt. In dieser Arbeit wird die Analyse auf die Grundprinzipien des Kompetenzansatzes: Problemsituation, Integrierte Situation, selbständiges Lernen und die Qualität des Wissens konzentriert.

#### **Zur Erfassung und Auswertung der ausgewählten Ergebnisse**

Die Ergebnisse sind nach verschiedenen Items, aus denen die oben genannten Prinzipien bestehen, und nach den aufgeworfenen wissenschaftlichen Fragen aufgezeigt. Dabei werden die wissenschaftlichen Teilfragen formuliert.

*Wissenschaftliche Teilfrage 1:* Übersetzt das Schulbuch für Physik in der ersten Klasse der Mittelstufe das Grundprinzip des Kompetenzansatzes: Problemsituation? Zur Antwort auf diese Frage werden die folgenden Items vorgeschlagen:

1. Die vorgeschlagenen Problemsituationen im Schulbuch sind klar.
2. Die Aktivitäten tragen zum Aufbau der Problemsituationen bei.
3. Das Schulbuch beinhaltet die Problemsituation zum Anfangsunterricht.
4. Die vorgeschlagenen Lernaktivitäten berücksichtigen die Umgebung der Schüler.
5. Die Aktivitäten umfassen ein pädagogisches Hindernis.
6. Die Aktivitäten sind komplex, d. h. sie erfordert die Erkenntnisse, um ein Problem zu lösen oder ein Hindernis zu überwinden.

*Zum Item 1:* Die Ergebnisse zeigten das Fehlen einer Übersetzung zu diesem Thema im Schulbuch, wo wir feststellen, dass die Problemsituation nur selten im Schulbuch gegeben wurde. Dies ist nicht im Einklang mit dem Kompetenzansatz, der ursprünglich auf der Problemsituation beruhte.

*Zum Item 2:* Wir stellen fest, dass die meisten enthaltenen Aktivitäten im Schulbuch zum Aufbau der Problemsituation vorbereitet wurden.

*Zum Item 3:* Wir finden weniger als die Hälfte der vorgeschlagenen Aktivitäten, die auf Kompetenzen basieren, unvereinbar mit den Grundprinzipien dieses Kompetenzansatzes. Das Aufbauen der Problemsituation im Beginn des Unterrichts ist eine der wichtigsten Mittel des Lernens, da es den Schülern den Erwerb von Wissen ermöglicht, um die physikalischen Phänomene zu beschreiben und zu erklären.

*Zum Item 4:* Wir stellen fest, dass diese Tätigkeiten nur selten die Umgebung der Schüler berücksichtigen und dies wird als ein Schwachpunkt in den Inhalten des Schulbuchs gesehen.

*Zum Item 5:* Die Mehrheit der Aktivitäten umfasst pädagogische Hindernisse, somit können sie von den Studierenden nicht einfach überwunden werden.

*Zum Item 6:* Dieses Item ist nur selten in der vorgeschlagenen Aktivitäten im Schulbuch zu finden. Dies ist ein negativer Punkt bezüglich des Inhalts des Schulbuches, weil es nicht einfach ist, für einen Lehrer im Unterricht eine komplexe Problemsituation aufzubauen, weil solche Situationen den Schülern helfen, die erworbenen Erkenntnisse zur Behandlung der naturwissenschaftlichen Erscheinungen anzuwenden.

### **Zusammenfassung**

Ausgehend von den Ergebnissen der Analyse stellen wir fest, dass es eine Übereinstimmung zwischen den gezielten Kompetenzen im Schulbuch Physik in der ersten Klasse der Mittelschule und den gezielten Kompetenzen im Lehrplan der gleichen Klasse gibt. Das ist ein sehr positiver Punkt für das Schulbuch. Das Schulbuch ist eine pädagogische Hilfe für den Lehrer, um seine Arbeit im Unterricht zu verrichten. Aus diesem Grund hat das Schulbuch eine erfolgreiche Bedeutung im Lehr-Lernprozess.

### **Literatur**

- Bleichroth, W., et al. (1991) Fachdidaktik Physik; Aulis-Verlag Deubner & CO KG Köln.
- François, M., Rogier, X. (2003). Des manuels scolaire pour apprendre, concevoir, évaluer, utiliser; Bruxelles.
- Ministerium für Erziehung und Bildung; (2003): Lehrbuch Physik und Technologie; 1. Schuljahr der Mittelstufe; ONPS Algier; S. 228-238.
- Ministerium für Erziehung und Bildung (2003/2004). Lehrplan der Physik und Technologie; 1. Klasse der Mittelstufe; ONPS, Algier; Algerien.
- Roegier, X. (2000). Une pédagogie d'intégration; compétence et intégration des acquis dans l'enseignement, De Boeck Université; Bruxelles.
- Viviane & Delandsheere (1992). définir les objectifs de l'éducation, Puf, pédagogie d'Aujourd'hui.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessungen in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit- In Weinert (Hrsg.), Weinheim, Beltz, 2. Auflage.

## Argumentieren im Physikunterricht – Kompetenzmodellierung und -messung

Da physikalische Erkenntnisse in der Forschungsgemeinschaft diskutiert und begründet werden, ist Argumentieren eine physiktypische Kompetenz. Entsprechend berücksichtigen die Nationalen Bildungsstandards argumentative Fähigkeiten bei der Beschreibung naturwissenschaftlicher Kompetenz (KMK, 2005). Argumentieren ist daher für naturwissenschaftlichen Unterricht bereits umfangreich und in unterschiedlichen Themen erforscht. Forschungsschwerpunkt ist neben der Kompetenzbeschreibung (Abi-El-Mona, 2011; Gromadecki, 2009; u.v.m.) und der Untersuchung von Zusammenhängen mit anderen Unterrichtsfaktoren wie z. B. dem Vorwissen (Von Aufschnaiter et al., 2007) die Förderung argumentativer Fähigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht (z.B. Osborne, Erduran & Simon, 2004; Jiménez-Aleixandre, 2008; u.v.m.). Doch ist noch nicht sicher, ob das Argumentieren überhaupt gezielt gefördert werden muss oder ob Schülerinnen und Schüler insbesondere in experimentellen Lernumgebungen, die naturwissenschaftliches Arbeiten einfordern, die Fähigkeit nicht ohne explizite Förderung entwickeln.

Um eine Antwort auf diese Frage zu finden, ist zunächst ein Messinstrument bzw. ein Test für physikbezogene argumentative Fähigkeiten notwendig. Um möglichst reale, meist verbale Argumentationssituationen, wie sie im Klassenzimmer vorkommen, analysieren zu können, wurde basierend auf einem dreidimensionalen Kompetenzmodell ein Video-Test zur Erfassung der Kompetenz entwickelt und evaluiert.

### Theoretischer Hintergrund

Das Argumentationsmodell von Toulmin (1996) hat sich in der naturwissenschaftlichen Argumentationsforschung etabliert (vgl. Osborne, Erduran & Simon, 2004; von Aufschnaiter et al., 2007; Gromadecki, 2009; Fleischhauer, 2013). Darin werden unterschiedliche *Strukturelemente* beschrieben, die die Funktion einer Aussage innerhalb eines Arguments beschreiben (*Behauptung, Datum, Schlussregel, Stützung, Ausnahmebedingung und einschränkender Operator*). Dieses Modell ist jedoch unabhängig vom Thema der Argumentation und macht keine Aussagen zur inhaltlichen Qualität einer Argumentation. Auch den interaktiven Charakter einer Argumentation erfasst das Modell nicht. Daher gibt es inzwischen einige Abwandlungen von Toulmins Argumentationsmodell, bei denen auch inhaltliche Aspekte und Aspekte der Interaktion berücksichtigt werden. Osborne, Erduran & Simon (2004) haben Toulmins Argumentationsmodell in eine fünfstufige Qualitätsskala für Argumentationen integriert. Dabei wird neben den Strukturelementen von Toulmin auch berücksichtigt, inwieweit der Argumentierende mit seinem Argumentationspartner interagiert, d. h. ob er z. B. Argumente des anderen widerlegt oder nicht. Berücksichtigt ein Argumentierender gleichermaßen auch die Argumente seines Argumentationspartners, bewertet oder widerlegt sie, ist seine Argumentation überzeugender als würde er nur seine eigene Meinung präsentieren (vgl. Nielsen, 2011; Erduran et al., 2004). Daher müssen Argumente bezüglich ihrer *Funktion* in Bezug auf den Argumentationspartner unterschieden werden: eigene Meinung *darstellen und begründen*; Argumente des Anderen *bewerten und stützen*; Argumente des Anderen gezielt aufgreifen und *widerlegen*.

Ein weiteres inhaltliches Qualitätskriterium von Argumentationen im physikalischen Kontext ist, ob ein Argument physikalisch gültig und passend ist. Kopperschmidt (2000) nennt als allgemeine Kriterien für ein Argument, dass es gültig, geeignet und relevant für die jeweilige Behauptung sein muss. Da diese drei Kriterien abhängig vom Kontext der Argumentation sind, heißt das, dass hier ein Argument folglich gültig, geeignet und relevant

im Sinne des physikalischen Kontexts sein muss. Folgendermaßen wird die konzeptuelle *Qualität* eines Arguments beschrieben:

- Ist das Argument physikalisch richtig?
- Ist das Argument geeignet und relevant, um die jeweilige (physikalische) Behauptung zu begründen?

Vereinfacht lassen sich diese Fragen klären, indem man zwischen *physikspezifischen* und eher *alltagsspezifischen* Argumenten unterscheidet. Während physikspezifische Argumente aus dem Anführen physikalischen Wissens, dem Anwenden physikalischer Regeln und Gesetze und dem Anführen von empirisch gewonnenen Daten bestehen, sind alltagsspezifische Argumente z. B. das Anführen von subjektiven Meinungen und Normen oder das Anführen von Informationen aus unsicheren Quellen. Ob das physikspezifische Argument jedoch geeignet und relevant für die jeweilige Behauptung ist, muss in jedem einzelnen Fall individuell entschieden werden. Dazu wird zwischen sachgerechten und nicht sachgerechten Argumenten unterschieden (Kulgemeyer, 2010).

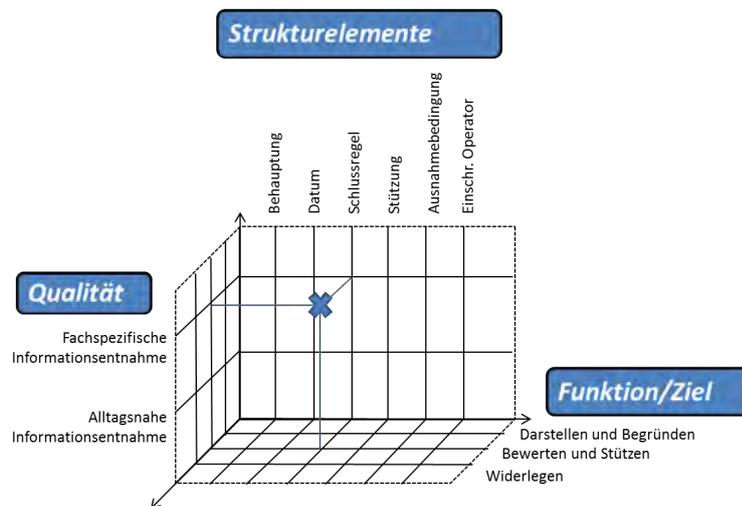


Abb. 1: Modell für physikbezogenes Argumentieren

### Forschungsdesign, Instrumente und Methoden

In einer ersten Studie wurde ein Modell für physikbezogene Argumentationsfähigkeit entwickelt. Auf Grundlage dieses Modells wurde ein videobasierter Test für physikbezogene Argumentationskompetenz entwickelt und evaluiert.

Der Videotest für physikbezogene Argumentation besteht aus einem Comic, der als Anlass für eine physikalische Diskussion dient. Zwei Schüler bekommen durch den Comic eine physikalische Problemstellung vorgegeben. Der Comic gibt außerdem bereits erste Thesen zum Problem vor. Die Schüler haben drei Minuten Zeit zum Diskutieren, während sie auf Video aufgezeichnet werden. Die Videoaufnahmen werden mit Hilfe eines Kategoriensystems kodiert, das auf dem Modell für physikbezogene Argumentation (s. Abb. 1) beruht.

In einer Feldstudie wurde der Videotest mit Schülerinnen und Schülern der 9. Jahrgangsstufe evaluiert. In  $N = 80$  Videos wurden 160 Schülerinnen und Schüler mehrerer Realschulen paarweise videografiert während sie ein physikalisches Problem aus der Wärmelehre oder der Mechanik diskutieren. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass für die drei Hauptvariablen des Kategoriensystems (Strukturelemente, Qualität und Funktion) eine zufriedenstellende Intercoder-Übereinstimmung bei  $N = 20$  Videos erreicht werden konnte.

Aufgrund der stark ungleichen Randverteilungen liegt im Einzelfall der Kappa-Wert unterhalb eines zufriedenstellenden Werts ( $.43 < \kappa < .87$ ), die prozentuale Übereinstimmung ist jedoch vergleichsweise hoch und daher zufriedenstellend (80,1 % bis 92,1%). Die Verteilungen der Kategorien deuten bereits auf wichtige Ansatzpunkte bei der Förderung physikbezogenen Argumentierens hin. Bei der Variable Strukturelemente waren fast ausschließlich Behauptungen (40,9%) und Daten (39,3%) vertreten, Ausnahmebedingungen eher selten (10,8%), Schlussregeln (1,7%), Stützungen (2,4%) und einschränkender Operator (5%) dagegen kamen sehr selten vor. Die Qualität der Argumente war eher gering, da fast ausschließlich Argumente mit alltagsnaher Informationsentnahme genannt wurden (94%) und kaum physikspezifische Argumente. Bei der Funktion der Aussagen bewegten sich die Großzahl aller Aussagen im Bereich von Darstellen und Begründen (73,6%), wenige Aussagen kamen im Bereich von Bewerten und Stützen (24%) und dagegen fast keine Widerlegen (2,4%) vor.

### Ausblick

Derzeit werden die Instruktionen für die Interventionsstudie entwickelt, die in den kommenden Monaten durchgeführt werden soll. Drei Interventionsgruppen bekommen unterschiedliche Instruktionen (1. Argumentations-Instruktion, 2. NWA-Instruktion, 3. Fachwissens-Instruktion), arbeiten jedoch alle in derselben experimentellen Lernumgebung, in der sie dazu angehalten werden, das in der Instruktion neu Gelernte anzuwenden. Die drei Gruppen werden vorher und hinterher bezüglich ihrer Fähigkeit, physikbezogen Argumentieren zu können, mit Hilfe des Video-Tests für physikbezogene Argumentationsfähigkeit miteinander verglichen.

Der Video-Test für physikbezogenes Argumentieren wird weiter entwickelt und soll in der Interventionsstudie mit Hilfe von Multiple-Choice-Items aus dem Kommunikations-Kompetenz-Test des Projekts ESNas (Evaluation der Standards in den Naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I) hinsichtlich seiner Validität näher untersucht werden.

### Literatur

- Abi-El-Mona, I., & Abd-El-Khalick, F. (2011). Perceptions of the Nature and 'Goodness' of Argument among College Students, Science Teachers, and Scientists.
- Von Aufschneider, C., Erduran, S., Osborne, J., & Simon, S. (2007). Arguing to Learn and Learning to Argue: Case Studies of How Students' Argumentation Relates to their Scientific Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101-131.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.
- Fleischhauer, J. (2013). *Wissenschaftliches Argumentieren und Entwicklung von Konzepten beim Lernen von Physik*. Berlin: Logos (Studien zum Physik- und Chemielernen, 143).
- Gromadecki, U. (2009). *Argumente in physikalischen Kontexten*. Berlin: Logos (Studien zum Physik- und Chemielernen, 91).
- Kopperschmidt, J. (2000). *Argumentationstheorie zur Einführung*. Hamburg: Junius.
- Kulgemeyer, C. (2010). *Physikalische Kommunikationskompetenz. Modellierung und Diagnostik*. Berlin: Logos (Studien zum Physik- und Chemielernen, 108).
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)* München: Luchterhand.
- Nielsen, J. A. (2011). Dialectical Features of Students' Argumentation: A Critical Review of Argumentation Studies in Science Education. *Research in Science Education*, 43(1), 371-393.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Toulmin, S. E. (1996). *Der Gebrauch von Argumenten*. (2<sup>nd</sup> ed.). Weinheim: Beltz, Athenäum.

## Zur Erfassung von Kompetenzentwicklung im Fach Chemie

### Theoretischer Hintergrund

Täglich stehen Lehrkräfte vor der Herausforderung, vorwissensbasierte Lerngelegenheiten zu schaffen, die den Aufbau neuer Wissensgefüge bei Schüler/innen unterstützen. Um Unterricht zu zentralen Konzepten im Fach Chemie passend zu den Voraussetzungen von Schüler/innen zu gestalten und zeitlich abstimmen zu können, bedarf es eines empirisch fundierten Verständnisses davon, wie sich Kompetenzerwerb während der Schulzeit vollzieht. Die empirische Klärung der Kompetenzentwicklung, bspw. im Fach Chemie, steht derzeit noch aus (Schecker & Parchmann, 2006). Wenngleich entwicklungs- und lernpsychologische Studien zu Aspekten der Konzeptentwicklung vorliegen, darf der Einfluss des domänenspezifischen Vorwissens nicht vergessen werden (Rost, 2010).

Neuere Forschungsbemühungen bestehen auf dem Gebiet sogenannter „Learning Progressions“. Das National Research Council definiert Learning Progressions als “empirically grounded and testable hypotheses about how students’ understanding and ability to use knowledge and skills in core school subjects grow and become more sophisticated over time with appropriate instruction” (Duschl et al., 2007). Learning Progressions greifen die Forderung nach einem Curriculum auf, das sowohl fachwissenschaftliche als auch entwicklungspsychologische Aspekte bei der Kompetenzentwicklung berücksichtigt. Trotz unterschiedlicher Herangehensweisen zur Entwicklung von Learning Progressions besteht Einigkeit darüber, dass diese innerhalb eines Inhaltsbereichs durch empirische Forschungen zum Lernen unterstützt werden müssen (Hmelo-Silver & Duncan, 2009).

Daher erfordert eine zutreffende Einschätzung des Leistungsstandes der Schüler/innen am Lehrplan orientierte Diagnoseinstrumente (Schrader & Helmke, 2002). Grundlage solcher Diagnoseinstrumente stellen Kompetenzmodelle dar, die helfen, abstrakt formulierte Bildungsziele in konkrete Aufgabenstellungen für Leistungstests umzusetzen.

### Instrumente

Auf Grundlage des im Projekt „ESNaS“ (Walpuski et al., 2010) implementierten Kompetenzmodells wurde für die Erstellung der hier genutzten Testaufgaben ein dreidimensionales Kompetenzmodell abgeleitet (Abb. 1). Das abgeleitete Modell umfasst mit den Dimensionen *Komplexität*, *Inhalt* und der chemiespezifischen Dimension *Repräsentationsebene* Aspekte, die für die Kompetenzentwicklung im Fach Chemie als relevant angenommen werden (Ferber, Emden & Sumfleth, 2012). Ein schwierigkeitsbestimmender Faktor bei der Bearbeitung von Testaufgaben stellt die Dimension *Komplexität* dar (Bernholt, 2010; Kauertz, 2007). Basierend auf Forschungsergebnissen von Ropohl (2010) werden die fünf Komplexitätsniveaus des ESNaS-Modells zu drei Komplexitätsstufen reduziert (Fakten, Zusammenhänge und Konzept). Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass kognitive Prozesse schwierigkeitsbestimmende Merkmale bei der Beantwortung von Testaufgaben darstellen (Kauertz, 2007). Da Ropohl (2010) zeigen konnte, dass die im ESNaS-Projekt angenommenen kognitiven Prozesse *Organisieren* und *Integrieren* statistisch nicht voneinander zu trennen sind, werden sie in dieser Studie unter dem Begriff *Anwenden* zusammengefasst und über alle Testaufgaben hinweg kontrolliert. Die Dimension *Inhalt*

greift die typischen Inhaltsbereiche *Gemische/Lösungen*, *Säuren/Basen* und *Redoxreaktionen* der Sekundarstufe I im Fach Chemie auf.

Die Dimension *Repräsentationsebene* stellt eine chemiespezifische Achse des Kompetenzmodells dar. Mithilfe dieser Dimension soll beschrieben werden, wie sich die Fähigkeit mit steigender Kompetenz verändert, chemische Sachverhalte zunehmend auf dem Teilchenniveau zu beschreiben.

Auf der Grundlage des Kompetenzmodells wurden Aufgaben im Multiple-Choice Single Select-Design entwickelt und im Schuljahr 2011/2012 in einem Quasilängsschnitt mit drei Messzeitpunkten (MZP) in den Jahrgangsstufen (Jgst.) 7, 8 und 9 eingesetzt. Letztendlich wurden die Daten von 218 Aufgaben in die Auswertung aufgenommen. Die Aufgaben konnten mit Hilfe der Daten von 3168 Schülerinnen und Schüler von neun Gymnasien aus NRW analysiert werden. Die genaue Stichprobenverteilung ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tab. 1: Zusammensetzung der Gesamtstichprobe

Gesamtstichprobe	
$N_{\text{gesamt}}$	3168
Jgst. 7	1099
Jgst. 8	989
Jgst. 9	1080

### Ergebnisse

Die Auswertung der Antworten erfolgte auf Basis der Item-Response-Theorie.

Zunächst wurde überprüft, ob die Aufgaben die Kriterien eines eindimensionalen Rasch Modells erfüllen. Alle 218 Aufgaben zeigten einen zufriedenstellenden Fit in den allgemein gültigen Grenzen ( $.8 < \text{MNSQ} < 1.2$  bzw.  $T < 2.0$ ), sodass der gesamte Aufgabenpool für weitere Analysen beibehalten werden konnte.

Die EAP/PV-Reliability ist mit einem Wert von .48 nicht zufriedenstellend. Dieser Wert relativiert sich jedoch bei Berücksichtigung der Leistungsheterogenität einer Stichprobe aus drei Jahrgangsstufen. Im Vergleich zur EAP/PV-Reliability sind die Werte für die Item Separation Reliability (.98) sehr zufriedenstellend, sodass sehr gut zwischen einfachen und schwierigen Testaufgaben unterschieden werden kann. Eine Überprüfung des Item-Fits für zwei-, drei- und sechsdimensionale Modelle, die aus dem vorgeschlagenen Kompetenzmodell abgeleitet werden könnten, führt bezüglich der statistischen Modellmerkmale Final Deviance, BIC, AIC einheitlich zur Bestätigung eines eindimensionalen Rasch-Modells.

Die Aufgaben wurden gemäß der Dimension Komplexität systematisch in ihrer Schwierigkeit variiert. Die Ergebnisse einer einfaktoriellen ANOVA belegen, dass sich die Komplexitätsniveaus empirisch in der erwarteten Reihenfolge anordnen ( $F(2,217) = 8,136$ ,  $p \leq .001$ ). Die Berechnung von Kontrasten zeigte darüber hinaus, dass sich die Schwierigkeit der Aufgaben zwischen *Fakten* und *Zusammenhängen* ( $\Delta M_{Z,F} = .29$ ,  $p = .019$ ) wie auch zwischen *Fakten*- und *Konzeptaufgaben* ( $\Delta M_{K,F} = .61$ ,  $p \leq .001$ ) signifikant unterscheiden. Einzig die Komplexitätsniveaus *Zusammenhänge* und *Konzept* lassen sich in dieser Studie empirisch nicht trennen ( $\Delta M_{K,Z} = .32$ ,  $p = .088$ ). Bei der Konstruktion der Aufgaben wurde davon ausgegangen, dass es sich bei der Dimension *Inhalt* um eine nominal skalierte Achse handelt, bei der zwar einzelne Kategorien unterschieden werden, diese aber in keiner empirisch trennbaren Hierarchie zueinander stehen. Das Ergebnis einer einfaktoriellen ANOVA bestätigt diese Annahme ( $F(2,215) = 2.062$ ,  $p = .130$ ). Die Berechnung von Kontrasten zeigte jedoch, dass Aufgaben zum Inhaltsbereich *Säuren und Basen* signifikant schwieriger zu lösen sind als Aufgaben zu *Gemischen und Lösungen* ( $\Delta M_{S/B, G/L} = .27$ ,  $p = .046$ ). Eine differenzierte Analyse der Aufgabenschwierigkeit bezüglich der Frage, auf

welcher Repräsentationsebene die Lösung der Aufgabe erforderlich ist, ergab, dass sich die Teilchenebene nur im Inhaltsbereich *Säuren/Basen* als schwierigkeits erzeugend erweist ( $F(1,58) = 7,57, p = .008$ ). So sind Aufgaben, die eine Antwort auf dem Teilchenniveau erfordern, nur im Inhaltsbereich *Säuren und Basen* signifikant schwieriger als solche, die Phänomen-basiert gelöst werden können. Insofern ist anzunehmen, dass der weiter oben dargestellte Befund zu den unterschiedlichen Schwierigkeiten zwischen Aufgaben zu *Säuren/Basen* und *Gemischen/Lösungen* nicht unwesentlich durch Anforderungen an die Repräsentationsebene beeinflusst ist. In allen anderen Inhaltsbereichen konnte kein signifikanter Unterschied der Aufgabenschwierigkeit zwischen den beiden Repräsentationsebenen festgestellt werden.

Mit Hilfe einer Analyse der Aufgabenschwierigkeit in den drei Inhaltsbereichen über alle drei Jahrgangsstufen hinweg, ließen sich curriculare Effekte bezüglich der Aufgabenschwierigkeit nachvollziehen. So werden Aufgaben, deren Inhalte im Verlauf des Chemieunterrichts nicht konsequent wiederholt werden, systematisch schwieriger.

#### Literatur

- Bernholt, S. (2010). Kompetenzmodellierung in der Chemie – Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität. Berlin: Logos Verlag.
- Duschl, R., Schweingruber, H., Shouse, A., Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). TAKING SCIENCE TO SCHOOL: Learning and Teaching Science in Grades K-8. Washington, D.C: National Academies Press.
- Ferber, N., Emden, M., & Sumfleth E. (2012). Kompetenzentwicklung im Fachwissen Chemie in der Sekundarstufe I. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning* (S. 203–206). Kiel: IPN.
- Hofer, M., Pekrun, M., & Wild, E. (2006). Psychologie des Lernens. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (5. Auflage, S. 212-238). Weinheim: Beltz.
- Hmelo-Silver, C. E., & Duncan, R. G. (2009). Learning progressions: Aligning curriculum, instruction, and assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 606-609. doi:10.1002/tea.20316
- Rost, D. H. (Ed.). (2010). *Pädagogische Psychologie* (4. Auflage). Basel: Beltz.
- Schecker, H., & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 45–66.
- Schrader, F., & Helmke, A. (2002). Alltägliche Leistungsbeurteilung durch Lehrer. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (2. Auflage, S. 45–58). Weinheim: Beltz-Verl.
- Kauertz, A. (2007). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungsaufgaben. Berlin: Logos Verlag.
- Ropohl, M. (2010). Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktionen: Entwicklung und Analyse von Testaufgaben. Berlin: Logos.
- Walpuski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E., & Wellnitz, N. (2010). ESNaS - Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I. In A. Gehrman, M. Lüders, & U. Henricks (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle. Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht* (S. 171–184). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

## Erweiterung eines Kompetenzentwicklungstests zum Energieverständnis

### Theoretische Grundlage und Forschungsziel

Der Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern soll Schülerinnen und Schülern vor allem eine fundierte naturwissenschaftliche Grundbildung vermitteln (KMK, 2005). Zentrales Element einer solchen Grundbildung ist ein strukturiertes Fachwissen auf der Grundlage zentraler Konzepte des jeweiligen Faches, der so genannten Basiskonzepte. Zur Erfassung des Kompetenzstands von Schülerinnen und Schülern am Ende der Sekundarstufe I wurde im Rahmen des Projekts „Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften“ (ESNaS) ein Kompetenzmodell entwickelt und erprobt, das unterschiedliche Ausprägungen von Kompetenz im Bereich Fachwissen über die Komplexität der Wissensbasis bezüglich der Basiskonzepte beschreibt (vgl. Kauertz et al., 2010). Dieses Modell bietet eine empirisch abgesicherte Grundlage für die Erfassung der Kompetenzstruktur. Demgegenüber sollen Kompetenzentwicklungsmodelle die Entwicklung der Kompetenzen bezüglich der zeitlichen Veränderung der Kompetenzstruktur beschreiben. Sie ermöglichen damit eine entsprechende Gestaltung des Unterrichts im jeweiligen Fach und damit die Unterstützung einer systematischen Kompetenzentwicklung (Schecker & Parchmann, 2006). Ein solches Kompetenzentwicklungsmodell wurde von Neumann et al. (2013) für das Basiskonzept Energie auf Basis des ESNaS-Modells entwickelt. Dieses Modell beschreibt Kompetenzentwicklung entlang der Dimensionen Komplexität und Konzeptualisierung. Durch die Integration der zusätzlichen Dimension Konzeptualisierung werden Befunde berücksichtigt, dass sich das Verständnis des Energiekonzepts entlang einer Sequenz von vier Konzeptualisierungen entwickelt: Formen/Quellen, Transfer/Umwandlung, Entwertung und Erhaltung. In der Erprobung des Modells konnten Neumann et al. (2013) zeigen, dass die Schwierigkeit entsprechender Aufgaben im Mittel mit der Konzeptualisierung zunimmt und dass das Energieverständnis mit der Jahrgangsstufe anwächst. Inwieweit diese Befunde jedoch valide Schlussfolgerungen über die Kompetenzentwicklung zulassen, ist bisher nicht ausreichend untersucht. Unter anderem stellt sich die Frage, ob die Entwicklung des Energieverständnisses eher durch eine generelle kognitive Entwicklung oder durch schulisches Lernen vermittelt wird. In diesem Zusammenhang ist vor allem der bisher nicht geklärte Einfluss der externen Faktoren Intelligenz und Lesekompetenz von Interesse. Kognitive Fähigkeiten, die im Laufe der Schulzeit entwickelt werden, beeinflussen die Testleistung von Schülerinnen und Schülern zum Teil beträchtlich (Weinert & Helmke, 1995). So liegt die latente Korrelation zwischen Lesen und naturwissenschaftlicher Kompetenz in PISA z.B. bei  $r = 0,87$  (Leutner, Klieme, Meyer & Wirth, 2004). Im Rahmen einer ersten Studie sollte deshalb geklärt werden, welchen Einfluss die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten und die Lesefähigkeit auf die Erfassung des Energieverständnisses haben (Studie A). Zudem sollte im Rahmen einer zweiten Studie den unklaren Befunden zur Komplexität des Wissens bezüglich der vier Konzeptualisierungen des Energiekonzepts (vgl. Neumann et al., 2013) weiter nachgegangen werden (Studie B).

### Untersuchungsdesign

Studie A basiert auf einer Re-Analyse der Daten aus der Studie von Neumann et al. (2013) zur Entwicklung des Energieverständnisses in der Sekundarstufe I. Zur Untersuchung des Einflusses der Faktoren kognitive Fähigkeiten und Leseverständnis auf die Erfassung des Energieverständnisses wurde eine Raschanalyse unter Einbeziehung eines Hintergrundmodells durchgeführt. Die Schätzung der Personenfähigkeit erfolgt dabei nicht nur auf Basis der richtig beantworteten Items und deren Schwierigkeit, sondern auch auf

Basis der Kovariaten, womit eine bessere Schätzung der Personenfähigkeit ermöglicht wird (Carstensen, Frey, Walter & Knoll, 2007). Neben den mit dem von Neumann et al. (2013) entwickelten Testinstrument zur Erfassung des Energieverständnisses (120 Items, verteilt auf 12 Testhefte zu je 20 Items) erhobenen Daten wurden auch Daten zur kognitiven Fähigkeit und Lesefähigkeit verwendet. Die kognitiven Fähigkeiten wurden mit einem Test von Heller und Perleth (2000), die Lesekompetenz mit einem Test von Schneider, Schlagmüller & Ennenmoser (2007) erhoben. Dabei umfasst die Skala kognitive Fähigkeiten einen nonverbalen, figuralen Anteil sowie einen qualitativen (KFTN und KFTQ). Die Lesekompetenz setzt sich aus den beiden Teildimensionen Lesegeschwindigkeit und Leseverständnis zusammen (LG und LV). Insgesamt wurden Daten von 1856 Gymnasiastinnen und Gymnasiasten aus dem 6., 8. und 10. Jahrgang in Nordrhein-Westfalen verwendet (vgl. Neumann et al., 2013).

In Studie B wurden zunächst im Rahmen einer Pilotierung 15 Schülerinnen und Schüler eines Gymnasiums aus Schleswig-Holstein interviewt und anschließend mit einem Papier- und-Bleistift-Test befragt (sechs aus Jahrgangsstufe 7, fünf aus Jahrgangsstufe 8, vier aus Jahrgangsstufe 9). Dabei umfasste das Interview sieben Situationen, die dem Testinstrument von Neumann et al. (2013) entnommen waren (aus dem mittleren Fähigkeitsspektrum). In Bezug auf jede Situation sollten sich die Jugendlichen zunächst zu jedem der vier Konzeptualisierungen des Energiekonzepts äußern. Anschließend wurden vertiefende Nachfragen zu jeder Konzeptualisierung gestellt. Die Antworten der Schülerinnen und Schüler wurden hinsichtlich der Komplexität des zum Ausdruck gebrachten Wissens kodiert ( $\kappa=0,87$ ). Der direkt im Anschluss an das Interview durchgeführte Papier- und-Bleistift-Test umfasste 20 Items der Studie von Neumann et al. (2013).

### Ergebnis

Zunächst wurde der Einfluss der kognitiven Fähigkeiten und der Lesefähigkeit auf das Energieverständnis geklärt (Studie A). Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Raschanalyse unter Einbeziehung eines Hintergrundmodells mit den Kovariaten kognitive Fähigkeiten und Lesefähigkeit. Wie zu erkennen ist, ist der Einfluss der Lesegeschwindigkeit (LG) nahezu unerheblich. Wächst dagegen das Leseverständnis (LV) um eine Standardabweichung, erhöht sich das Energieverständnis um 0,15 logits. Im Vergleich zu den quantitativen kognitiven Fähigkeiten (KFTQ), ist der Einfluss der nonverbalen, figuralen kognitiven Fähigkeiten (KFTN) gering. Die quantitativen kognitiven Fähigkeiten bewirken pro Standardabweichung mit 0,173 logits einen vergleichbaren Anstieg im Energieverständnis wie das Leseverständnis. Von der 6. zur 8. Jahrgangsstufe wächst das Energieverständnis um 0,115 logits, von der 8. zur 10. Jahrgangsstufe um 0,543 logits. Hier wird bereits der substantielle Einfluss des Unterrichts deutlich, insbesondere wenn man sich den gesamten Effekt von kognitiven Fähigkeiten und Lesekompetenz mit 0,360 logits vor Augen hält.

Tab. 1: Ergebnisse aus dem Raschhintergrundmodell

Regressionskoeffizienten						
Intercept	G1	G2	KFTN	KFTQ	LG	LV
-1,044	0,115	0,543	0,045	0,173	-0,005	0,150

G1, G2: Dummievariablen für Klassenzugehörigkeit  
 Klasse 6: G1=0; G2=0; Klasse 8: G1=1; G2=0  
 Klasse 10: G1=1; G2=1

Zu Studie B ist der Vergleich zwischen den Antworten auf den Fragebogen und denen des Interviews für die Konzeptualisierungen Entwertung und Erhaltung exemplarisch in Abbildung 1 dargestellt. Für die Konzeptualisierungen Formen/Quellen und Umwandlung/Transfer ergeben sich vergleichbare Darstellungen.

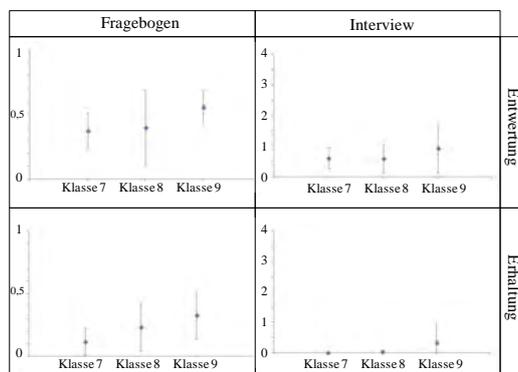


Abb. 1: Gegenüberstellung der Ergebnisse aus Fragebogen und Interview für die Konzeptualisierungen Erwertung und Erhaltung

Erfreulich ist, dass das Energieverständnis sowohl im Interview wie auch im Test mit der Jahrgangsstufe zunimmt. Auch zeigen die Vergleiche beider Methoden jeweils ähnliche Verläufe in der Kompetenzentwicklung. Allerdings ist die im Interview erfasste Komplexität des Wissens durchweg niedrig.

#### Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der ersten Studie konnte durch eine weiterführende Analyse der Daten aus der Studie von Neumann et al. (2013) gezeigt werden, dass der Einfluss des Unterrichts auf die Entwicklung des Energieverständnisses unter Berücksichtigung kognitiver Fähigkeiten und der Lesefähigkeit substantiell ist. Mit Blick auf die Pilotierung der zweiten Studie bleibt die Frage zu klären, warum sich auch im Interview keine systematischen Unterschiede in der Komplexität des Wissens bezüglich der vier Konzeptualisierungen von Energie erfassen lassen. Dazu soll zunächst das Kodiermanual systematisch überarbeitet werden. Die anschließende Hauptstudie kann dann Daten zu der Frage generieren, ob das Modell der Entwicklung des Energieverständnisses ggf. angepasst werden muss.

#### Literatur

- Carstensen, C. H., Frey, A., Walter, O., & Knoll, S. (2007). Technische Grundlagen des dritten internationalen Vergleichs. In M. Prenzel, C. Artelt, J. Baumert, W. Blum, M. Hammann, E. Klieme, & R. Pekrun (Eds.), PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie. Münster: Waxmann, 367-390.
- Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen, Göttingen: Hogrefe.
- 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.
- KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10): [Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004]. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. München: Luchterhand in Wolters Kluwer Deutschland.
- Leutner, D., Klieme, E., Meyer, K., & Wirth, J. (2004). Problemlösen. In PISA-Konsortium Deutschland (Eds.), PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs. Münster: Waxmann, 147-175.
- 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.
- Schecker, H., & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 45-66.
- Schneider, W., Schlagmüller, M., & Ennemoser, M. (2007). LGVT 6-12: Lesegeschwindigkeits- und verständnistest für die Klassen 6-12. Göttingen: Hogrefe.
- Weinert, F., & Helmke, A. (1995). Interclassroom Differences in Instructional Quality and Interindividual Differences in Cognitive Development. Educational Psychologist, 30(1), 15-20.

## Elektrische Stromkreise als System erfassen

### Zusammenfassung

Sowohl zur Aufklärung von Schülervorstellungen als auch zur Bewertung der Lernwirksamkeit von Unterrichtskonzepten benötigt die empirische fachdidaktische Forschung geeignete Testinstrumente. Im Beitrag wird über die Entwicklung dreistufiger Testitems zur Abbildung von Schülervorstellungen zum Erfassen eines elektrischen Stromkreises als System sowie über einen ersten Einsatz im Rahmen von Akzeptanzbefragungen berichtet. Die Testitems enthalten neben den Distraktoren für die Darstellung der einzelnen Lösungsmöglichkeiten auf einer zweiten Stufe weitere Alternativen für Erklärungen. Um auch die Ratewahrscheinlichkeit besser eingrenzen beziehungsweise bei den Antworten der Schüler/innen möglichst nachvollziehbar zwischen „Nichtwissen“ und unwissenschaftlichen Vorstellungen unterscheiden zu können, werden auf einer dritten Stufe die Einschätzungen der Testpersonen, wie sicher sie bei der Beantwortung der Fragen sind, erfasst.

### Theoretischer Hintergrund

Befunde fachdidaktischer Forschung weisen darauf hin, dass in Bezug auf alternative Vorstellungen zum einfachen elektrischen Stromkreis vor allem zwei Aspekte häufig auftreten und auch sehr resistent gegenüber Unterricht sind: Erstens wird eine Batterie häufig als konstante Quelle für elektrischen Strom gesehen und zweitens bereitet es Lernenden oft Probleme einen Stromkreis als System zu erfassen (Dupin & Johsua, 1987; Shipstone, 1984). Closset (1983) führte den Begriff sequentielle Argumentation für eine Fehlvorstellung ein, die auch durch Unterricht induziert sein kann (Sebastia, 1993). Ebenso zeigen Forschungsbefunde auch, dass die Probleme, einen Stromkreis als System zu erfassen, unabhängig vom Alter der Lernenden beziehungsweise unabhängig von der Schulstufe sind (Riley, Bee & Mokwa, 1981). Bilal und Erol (2009) kommen sogar zum Ergebnis, dass die sequentielle Vorstellung nicht nur bei vielen Erwachsenen, sondern auch bei Lehrpersonen auftritt.

### Ziele und Forschungsfragen

Für die didaktische Forschung sind besonders die alternativen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler interessant. Die vorliegende Studie stellt eine Erweiterung zu einem bereits existierenden Testinstrument dar (Urban-Woldron & Hopf, 2012) und fokussiert auf zwei spezifische Aspekte, nämlich dem Identifizieren der sequentiellen Argumentation und dem Unterscheiden zwischen Nichtwissen und alternativen Vorstellungen. Daraus ergibt sich die folgende Forschungsfrage:

*Gelingt es, ein dreistufiges Testinstrument zu entwickeln, das reliabel und valide ist und mit dessen Hilfe Vorstellungen von Schülerinnen und Schüler zur sequentiellen Argumentation auf der Schulstufe 7 identifiziert werden können?*

### Methode

Basierend auf Literaturstudien und etwa 100 Interviews wurden zehn zweistufige Items zur Erfassung eines Stromkreises als System entwickelt (vgl. Abb. 1), die zunächst mit zehn Lehrpersonen und 113 Schülerinnen und Schülern aus der 8. Schulstufe getestet und schließlich auf vier Items reduziert wurden. Zusätzlich wurden die Items durch eine dritte Stufe ergänzt, die Auskunft darüber geben soll, wie sicher die Probanden/innen bezüglich ihrer Antworten und Erklärungen sind. Ein Item wird als richtig beantwortet gezählt, wenn

sowohl auf der Stufe 1 (Frage) als auch auf der Stufe 2 (Erklärung) die richtige Alternative ausgewählt wird.

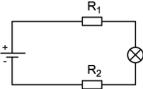
Eine Lampe und zwei Widerstände sind mit einer Batterie verbunden (vgl. Bild unten rechts).			
a) Welchen Einfluss hat eine Vergrößerung des Widerstandes $R_1$ auf die Helligkeit der Lampe? $R_2$ bleibt gleich.			
<input type="checkbox"/> Die Lampe leuchtet schwächer.			
<input type="checkbox"/> Die Lampe leuchtet gleich hell.			
<input type="checkbox"/> Die Lampe leuchtet heller.			
b) Wie erklärst du deine Entscheidung?			
<input type="checkbox"/> Es ist dieselbe Batterie. Daher liefert sie denselben Strom.			
<input type="checkbox"/> Eine Veränderung des Widerstandes verändert die Helligkeit der Lampe nur, wenn der Widerstand vor der Lampe ist.			
<input type="checkbox"/> Jede Änderung des Widerstandes beeinflusst – unabhängig von seiner Lage im Stromkreis – die Helligkeit der Lampe.			
c) Wie sicher warst du bei der Beantwortung dieser Aufgabe?			
<input type="checkbox"/> sehr sicher	<input type="checkbox"/> ziemlich sicher	<input type="checkbox"/> nicht so sicher	<input type="checkbox"/> sehr unsicher

Abb. 1: Beispielim

An der Hauptstudie nahmen 183 Schülerinnen und 156 Schüler aus 18 Klassen der Schulstufen 7 bis 12 in 7 Schulen nach dem Unterricht zur Elektrizitätslehre teil. Es wurden deskriptive Analysen, Varianzanalysen und konfirmatorische Faktorenanalysen durchgeführt.

### Ergebnisse

Die richtige Lösung zu Beispielim A ergibt sich aus der Kombination a1 und b3. 108 Schüler/innen, das sind ca. 33,4%, lösen diese Aufgabe richtig. Tatsächlich beantworten aber 167 Lernende, also 51,7%, die Aufgabe auf der ersten Stufe richtig; 59 Probanden/innen geben aber dann eine falsche Erklärung. Betrachtet man daher nur die Anzahl der richtigen Lösungen auf der Stufe 1, führt das zu einer starken Überschätzung der Leistungen. 30 Lernende sind sich sehr sicher in Bezug auf die gegebenen Antworten, 105 sind ziemlich sicher, 88 sind eher unsicher und 100 sind sehr unsicher. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Anzahl der Kombinationen, die die Lernenden aus den drei Antwort- und drei Erklärungsmöglichkeiten wählten.

Tab. 1: Verteilung der Antworten und Erklärungen für Item A

	a1	a2	a3	
b1	4	49	1	54
b2	55	36	25	116
b3	108	7	38	153
	167	92	64	323

Eine konfirmatorische Faktorenanalyse mit AMOS lieferte unter Verwendung der Maximum-Likelihood-Methode und unter Einbeziehung spezifischer Kombinationen von Antwortmöglichkeiten folgende Ergebnisse:  $\chi^2 = 5.805$ , nicht signifikant ( $p = 0,221$ ). Daher Items erstellen. Ergebnisse von Varianzanalysen weisen darauf hin, dass es in Bezug auf die richtigen Antworten und die auftretenden alternativen Vorstellungen sowohl keine Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen als auch zwischen den verschiedenen Altersstufen gibt. Allerdings zeigt sich ein signifikanter Einfluss der Lehrperson auf das Ergebnis.

#### Zusammenfassung und Folgerungen

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die vier in der Studie verwendeten Items geeignet sind, die alternativen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zum Erfassen des Stromkreises als System reliabel und valide zu erfassen. Weiter zeigt sich, dass richtige Lösungen oft stark überschätzt werden können, wenn man mit nur einstufigen Items arbeitet. Das vorliegende Instrument lässt sich von Lehrkräften im Unterricht als Diagnoseinstrument entweder zur Erhebung der Schülervorstellungen vor dem Unterricht oder auch zur formativen Evaluierung nutzen. Darüber hinaus stellt das Testinstrument, das sich sehr einfach auch für eine große Probanden/innenzahl verwenden lässt, ein wichtiges Werkzeug für die fachdidaktische Forschung dar und kann die Entwicklung geeigneter Lern- und Unterrichtsmaterialien motivieren und unterstützen.

#### Literatur

- Bilal, E., & Erol, M. (2009). Investigating students' conceptions of some electricity concepts. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 3(2), 193-201.
- Closset, J.-L. (1983). Sequential reasoning in electricity. In: *Proceedings of the International Workshop on Research in Physics Education*, La Londe les Maures, Paris: Editions du CNRS.
- Dupin, J.-J., & Johsua, S. (1987). Conceptions of french pupils concerning electric circuits: Structure and evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 9, 791–806.
- Riley M. S., Bee, N. V., & Mokwa, J. J. (1981). Representations in early learning: the acquisition of problem-solving strategies in basic electricity and electronics. In: *Proc. Int. Workshop on Problems Concerning Students' Representations of Physics and Chemistry Knowledge*, Ludwigsburg (Ludwigsburg, West Germany: Padagogische Hochschule) 107-173.
- Sebastia, J. M. (1993). Cognitive mediators and interpretations of electric circuits. In: *The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, Misconceptions Trust: Ithaca, NY (1993).
- Shipstone, D. M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. *Eur. J. Sci. Educ.*, 6, 185-198.
- Urban-Woldron, H., & Hopf, M. (2012). Testinstrument Elektrizitätslehre. *ZfDN*, 18, 201-227.

Harald Bierbaum<sup>1</sup>  
 Peter Euler<sup>1</sup>  
 Arne Luckhaupt<sup>1</sup>  
 Paul Schlöder<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Darmstadt  
<sup>2</sup>Dreieichschule Langen (Hessen)

### **Chemie-Verstehen lehren in Zeiten der Kompetenzorientierung?!**

Der folgende Themenblock geht der Frage nach, inwiefern die Einführung von Bildungsstandards einen am Verstehen der Chemie orientierten Unterricht befördern kann bzw. inwiefern die durch die Bildungsstandards genährten Hoffnungen ohne eine fachpädagogische Interpretation ein Desiderat bleiben. Im Zentrum der vier Beiträge steht daher die theoretische und empirische Dimension einer pädagogischen Arbeit am Verstehen im Sinne einer historisch belehrten subjektiven Sach- und Facherschließung.

Die Beiträge referieren Ergebnisse von Forschungen aus dem Arbeitsbereich „Allgemeine Pädagogik mit dem Schwerpunkt Pädagogik der Natur- und Umweltwissenschaften“ von Prof. Euler an der Technischen Universität Darmstadt. Es handelt sich dabei um theoretische und empirische Studien, die im schulischen wie auch außerschulischen Bereich das Ausbleiben eines Verstehens der Naturwissenschaften als Misslingen der Bildung erforschen und im Anschluss an kritisch-genetische Traditionen konstruktive Wege, Zugänge zum Verstehen zu eröffnen, konzeptionell erarbeiten und praktisch erproben.

Im Folgenden ist konkret von einem Unterrichtsprojekt über die Bedeutung „Historischer Zugänge zum Verstehen der Chemie“ die Rede, das in zwei Publikationen seinen Niederschlag fand. Der Projektrahmen umfasst ein Theorieprojekt, als Resultat unserer konzeptionellen Grundlagenforschungen, und eine empirische Studie, die im Rahmen einer Praxiskooperation entwickelt, durchgeführt und evaluiert wurde.

Die theoretische Studie „Historische Zugänge zum Verstehen systematischer Grundbegriffe und Prinzipien der Naturwissenschaften. Materialien für die Unterrichtsentwicklung: Zur pädagogischen Interpretation der „Basiskonzepte“ der Bildungsstandards“ (Euler & Luckhaupt, 2010) lotet zunächst den Zusammenhang von bildungspolitischen Kontexten, wie sie mit den Bildungsstandards gegeben sind, aus, um auf dieser kritischen Analyse eine bildungstheoretische Begründung und eine pädagogische Erläuterung des Konzepts vorzulegen.

Da es nicht einfach um den Einbau von Historischem als letztlich sachlich unbedeutende Auflockerung in den Unterricht gehen soll, sondern um die Diagnose von objektiv in der Sache liegenden Verstehensproblemen, entwickelt die Theoriestudie einen Begriff fachpädagogischer Diagnostik und führt diesen dann in einem umfangreichen Materialteil für die Fächer Physik, Chemie und Biologie aus. Die Materialien haben die Funktion, die objektiven Verstehensprobleme in den Fächern Physik, Chemie und Biologie, die in ihnen „unsichtbar“ gewordenen, aber notwendigen Denk- und Erkenntnisanstrebungen ins Bewusstsein der pädagogischen Vermittlung zu heben.

Insgesamt ist eine dreifache Funktion der Materialien zu unterscheiden, da sie

- ein reflektiertes Fachbewusstsein bei den Lehrenden aufbauen bzw. stärken,
- für die Vorstellungsprobleme von Schülerinnen und Schülern sensibilisieren und unterrichtspraktisch animieren und
- zuletzt eben auch mittelbar oder unmittelbar der Unterrichtsgestaltung dienen sollen.

Die erarbeiteten Themenbereiche gehören zu den Kernbestandteilen der naturwissenschaftlichen Fächer: in Physik die Problematik des „Freien Falls“ und des Trägheitsgesetzes, in Chemie der Umgang mit Stoffen und die Auseinandersetzung mit Theorien der Verbrennung, in Biologie die Evolutionstheorie und Genetik (Biologie zwischen Life Science und Ökologie). Die fachpädagogisch sondierten Texte zur

Naturwissenschaftsgeschichte sind thematisch kleinteilig interpretiert worden, um sie ohne großen Lektüreaufwand interessierten Lehrerinnen und Lehrern zum Durchdenken für die eigene Unterrichtsvorbereitung zur Verfügung zu stellen.

Die empirische Studie wurde unter dem Titel „Ha-zwei-Oh‘ oder: Verstehensprobleme bei der Einführung der Formelsprache im Chemieunterricht“ (Euler, Husar, Luckhaupt & Schlöder, 2012) publiziert und behandelt die Entwicklung, Durchführung, videographische Erfassung und Auswertung einer 14-wöchigen Unterrichtssequenz im Rahmen eines universitären Theorie-Praxis-Projekts für die Lehramts(aus)bildung. Hauptaugenmerk dieser Studie galt den aus den genetischen Grabungen zu gewinnenden Einsichten in objektive Verstehensprobleme bei der Einführung in die Formelsprache im Chemieunterricht und der Frage, inwiefern ein im Bewusstsein dieser Probleme konzipierter und durchgeführter Unterricht in der Lage ist, die fachspezifischen Probleme des Verstehens im Unterricht produktiv zu bearbeiten. Besonders interessant ist der Teil 4 der Studie: „Denkprobleme der Schülerinnen und Schüler als Schlüssel zum Verstehen“, in denen zunächst das Typoskript von Unterrichtspassagen abgedruckt ist und im Anschluss daran „Anmerkungen zum Verlauf“ notiert sind, die zusammen mit den Typoskripten einer Betrachtung über „fachdidaktische Handlungsmöglichkeiten“ unterzogen werden. Im Anschluss daran versucht Teil 5 der Studie „Einsichten in das Verstehen lehren durch zur Sprache gebrachte Unterrichtsempirie“ theoretisch reflektiert und praxisbezogen zu eröffnen.

Eine kurze Einführung in die Thematik gewährt ein von Herrn Dr. Schlöder verfasster Artikel in einer hessenweit verbreiteten Zeitschrift des Amts für Lehrerbildung mit dem Titel „Störungen erwünscht. Mit der Videokamera Verstehensprozessen der Schülerinnen und Schüler auf der Spur“ (Schlöder, 2012).

Die folgenden Beiträge des Themenblocks referieren und diskutieren aufeinander aufbauend die eben kurz umrissenen Felder im Einzelnen.

- Der Beitrag von Prof. Dr. Peter Euler stellt zunächst zentrale Überlegungen „Zur pädagogischen Interpretation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften“ aus dem Theorieprojekt dar. Er konfrontiert die weitgehend an Kategorien der pädagogischen Psychologie, d. h. v.a. Kompetenz-, orientierte Bildungsreform mit einer auf die ‚Eigenstruktur des Pädagogischen‘ (Blankertz) ausgerichteten Perspektive. Er begründet, dass aus dieser Perspektive der Kompetenzbereich ‚Erkenntnisgewinnung‘ im Sinne der Ermöglichung subjektiver Zugänge zur Wissenschaft ins Zentrum zu stellen ist.
- „Grundlegende Probleme des Verstehens der Naturwissenschaften“ sind dann Gegenstand des eher wissenschaftstheoretischen Beitrags von Dr. Harald Bierbaum zum Fach Chemie. Es wird erläutert, dass gerade die für das Verstehen IN der Chemie konstitutiven Momente zugleich die zentralen Schwierigkeiten des nachvollziehenden Verstehens DER Chemie im Unterricht zeitigen. Sowohl die fachpädagogische Diagnose als auch die didaktische Bearbeitung dieser grundlegenden Verstehensschwierigkeiten ist daher eine entscheidende Kompetenz der Lehrenden, zu deren Förderung ‚genetische Grabungen‘ essentiell sind.
- Der Beitrag von Arne Luckhaupt M.A. führt daher anschließend an einem, im Rahmen der empirischen Studie virulent gewordenen, Verstehensproblem im Unterricht aus, inwiefern „Genetische Grabungen als aufschlüsselnder Zugang zum Verstehen“ verstanden und praktiziert werden können. Konkret geht es darum, das (vermeintlich nur formale) Problem der formelsprachlich korrekten Verwendung von stöchiometrischen Einheiten und Indizes auf seinen Sachgrund zurückzuführen, nämlich die Frage nach der atomaren bzw. molekularen Verfasstheit der Gase.
- Dr. Paul Schlöder erläutert in seinem Beitrag schließlich unter dem Titel „Schlüsselstellen im Unterricht – videographische Analyse zur fachpädagogischen Diagnostik“ zum einen, inwiefern ‚genetische Grabungen‘ unmittelbar praktisch relevant sind, d. h. ein entscheidendes Verstehens-Hilfsmittel in unterrichtlichen Entscheidungsmomenten darstellen. Zum anderen, inwiefern die Analyse videographischen Materials zu diesen

Schlüsselstellen des Verstehens in allen Phasen der Lehramts(aus)bildung zur Professionalisierung pädagogischen Handelns und zu besseren Verstehensleistungen beitragen kann.

Die vier Beiträge des Themenblocks dienen also theoretisch dazu, die Entwicklung einer fachpädagogischen Diagnostik als Bedingung eines verstehensorientierten Unterrichtens auszuweisen; sie zielen zugleich allesamt praktisch darauf ab, für alle drei Phasen der Lehramts(aus)bildung folgende Kompetenzen in den Vordergrund zu rücken und zu entwickeln:

- Ein fachpädagogisches Bewusstsein der Lehrerinnen und Lehrer für die objektiv in der Sache des Fachs liegenden Verstehensprobleme entwickeln, stärken und ausweiten.
- Reflexiv begründet Vorstellungsprobleme von Schülerinnen und Schülern identifizieren lernen, um sensibel mit und an diesen auftretenden Schwierigkeiten im Unterricht arbeiten zu können.
- Wissen über das fachwissenschaftliche Wissen erwerben, um daraus auch Unterrichtsmaterial zu gewinnen bzw. damit Unterricht mittel- oder unmittelbar zu gestalten.

Die Projektpublikationen sind leider nur sehr schwer über den Buchhandel beziehbar.

Bei Interesse können Sie sich gerne an die Autoren wenden, oder an:

Landesschulamt und Lehrkräfteakademie

Rothwestener Str. 2-14

34233 Fulda

E-Mail: publikationen@lsa.hessen.de

#### **Literatur**

- Bierbaum, H. (2013). Verstehen-Lehren. Aufgaben und Probleme der schulischen Vermittlung naturwissenschaftlicher Allgemein-Bildung. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.
- Euler, P., & Luckhaupt, A. (2010). Historische Zugänge zum Verstehen systematischer Grundbegriffe und Prinzipien der Naturwissenschaften. Materialien für die Unterrichtsentwicklung: Zur pädagogischen Interpretation der „Basiskonzepte“ der Bildungsstandards, Frankfurt/Main: Amt für Lehrerbildung.
- Euler, P., Husar, A., Luckhaupt, A., & Schlöder, P. (2012). „Ha-zwei-Oh“ oder: Verstehensprobleme bei der Einführung in die Formelsprache im Chemieunterricht. Frankfurt/Main: Amt für Lehrerbildung.
- Schlöder, P. (2012). Störungen erwünscht. Mit der Videokamera Verstehensprozessen der Schülerinnen und Schüler auf der Spur. *Bildung bewegt*, 18, 21-23.

## **Zur pädagogischen Interpretation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften**

### **Kompetenzorientierung und Pädagogik: ein zu klärendes Verhältnis**

Seit der Einführung der Kompetenzorientierung im Gefolge von PISA seit ca. 10 bis 15 Jahren ist diese, entgegen der bildungspolitischen Einhelligkeit keineswegs pädagogisch unumstritten (vgl. Frost, 2006; Ladenthin, 2011; Ruhloff, 2011). Anders als die anfängliche Begeisterung unter Fachleuten wegen der erwünschten Betonung auf der „Erkenntnisgewinnung“ – vom „Meilenstein für die Diskussion in den Fachdidaktiken“ (Wellensieck, Welzel & Nohl, 2005) war die Rede – kann gezeigt werden, dass die Architektur der Kompetenzbereiche genau dieser fachdidaktischen Hoffnung nicht gerecht wird. Die Aufteilung der Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung begünstigt schematisierte Vorstellungen von der Realisation von Teilkompetenzen, die auch in den Bildungsstandards der KMK (siehe z. B. in KMK, 2004 im Kap. 4 Aufgabenbeispiele) nahe gelegt werden. Die Kompetenzbereiche sind – einer pädagogischen Deutung gemäß – als subjektive Momente der Generierung von Erkenntnis aufzufassen, wobei diese Vorstellung von Erkenntnisgenese nicht eine Unterabteilung der Handlungsoption ist, sondern das Zentrale für die Kompetenz des Verstehens. Wird ‚Erkenntnisgewinnung‘ aber nur als Nutzung von Methoden und Modellen begriffen, also als Anwendung der Resultate der Naturwissenschaften, verliert die Wissenschaft ihren wissenschaftlichen Charakter und wird Technik im instrumentellen Sinn, die man, warum auch immer, lediglich erfolgreich anzuwenden lernt. Das, was die Wissenschaft zur Wissenschaft macht, bleibt dabei unverständlich. Mit einem Bild von Wagenschein zu sprechen: in der allgemeinbildenden Schule ginge es nicht darum, „Lokomotivführer“ auszubilden, sondern „Schienenleger“.

### **Pädagogische Interpretation der „Basiskonzepte“ als Scharnierstelle**

Offenkundig stehen die Basiskonzepte, die in der Mathematik den ‚Leitideen‘ entsprechen, quer zu den Kompetenzbereichen, die in Fachwissen auf der einen und drei Handlungsdimensionen (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung) auf der anderen Seite aufgeteilt sind. Diese Aufteilung in Bereiche der Kompetenz legt Missverständnisse nah. Zum einen, dass es sich um getrennt existierende und vermittelbare Teilkompetenzen handele. Zum anderen, dass das Wissen des Fachs, für die Kompetenzentwicklung isoliert von der Erkenntnisgewinnung und den anderen Handlungsdimensionen stehen könnte. Die Zuordnung der Basiskonzepte zum Fachwissen sollen diese starke Trennung wohl wieder überwinden, sind sie doch so etwas wie der Theoriekern bzw. das geistige Band des Faches. Auf sie sollen die „in der Schule relevanten chemischen Fachinhalte mit den zugehörigen naturwissenschaftlichen Fachbegriffen“ „zurück(zu)führen“ sein (KMK, 2004, S. 8). Sie bekommen somit eine enorme Bedeutung für das Verstehen zugeschrieben. Doch wie können diese vier Konzeptbezeichnungen – Stoff-Teilchen-Beziehung; Struktur-Eigenschafts-Beziehung; chemische Reaktion; energetische Betrachtung bei Stoffumwandlungen – dies leisten, wenn sie selbst wieder, wie das Fachwissen, getrennt von den Handlungsdimensionen, bloß gesetzt sind?

*„Mittels dieser Basiskonzepte der Chemie beschreiben und strukturieren die Schülerinnen und Schüler fachwissenschaftliche Inhalte. Sie bilden für die Lernenden die Grundlage eines systematischen Wissensaufbaus unter fachlicher und gleichzeitig lebensweltlicher Perspektive und dienen damit der vertikalen Vernetzung des im Unterricht situiert*

*erworbenen Wissens. Gleichzeitig sind sie eine Basis für die horizontale Vernetzung von Wissen.*“ (Ebd.)

Die Basiskonzepte haben für die Erschließung des Fachs zentrale Bedeutung, da ihnen die Aufgabe zukommt, „das Verständnis grundlegender Begriffe, Gesetzmäßigkeiten und Prinzipien der Chemie“ (ebd.) zu gewährleisten. Sie sind also für das Verstehen die alles entscheidende Scharnierstelle. Wie schon verschiedentlich moniert (u.a. von Schecker, 2008) bleibt dieser Anspruch aber in den Standards inhaltlich gänzlich unausgeführt. Die Basiskonzepte der Bildungsstandards markieren damit lediglich formal den Ort des Verstehens, ohne diesen inhaltlich auszufüllen. Es bedarf einer fachpädagogischen Interpretation der Basiskonzepte, die es in den Bildungsstandards nicht gibt, um diesen formal erhobenen Anspruch überhaupt erst zu erfüllen. Ohne diese bleibt völlig unbestimmt, wie das „Werden des Wissens in ihm [dem Menschen, P.E.]“ (Wagenschein, 1997, S. 75) zu ermöglichen ist. Richtet man das didaktische Augenmerk aber auf das Werden des Verstehens, bekommt die ‚Erkenntnisgewinnung‘ über ihre randständige und reduzierte Funktion innerhalb der Bildungsstandards hinaus ihre zentrale didaktische Bedeutung.

### **Erkenntnisgewinnung: Verstehen heißt subjektive Sacherschließung**

Erkenntnisgewinnung als „bewusste Diskussion und Reflexion der grundlegenden Wege der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften“ ist allerdings ein „in Deutschland [zu] wenig umgesetztes Ziel von Unterricht ist“ (Parchmann, 2007, S. 8). Dieser Satz mag für große Teile der Fachdidaktik gelten, keineswegs aber für die im Anschluss an Wagenschein kultivierte reichhaltige Tradition des genetischen Verstehens, wofür ich hier lediglich, ohne Vollständigkeit zu beanspruchen, die Namen Berg, Buck, Bulthaupt, Gruschka, Höttecke Kruse, Pukies, Rehm sowie Rumpf in Erinnerung bringen möchte.

Eine zum Verstehen führende Erkenntnisgewinnung im Sinne einer subjektiven Sach- bzw. Facherschließung hat dabei mehr zu sein als die Einübung in die Verfahren wissenschaftlicher Methoden und die Übernahme von unverstandenem Wissenschaftswissen. Sie verlangt die Initiierung eines lebendigen Verhältnisses von Sache und Subjekt, was auf der Objektseite voraussetzt, die Ebene der Erscheinungen von der Ebene der diese bedingenden Gesetzmäßigkeiten als wesentlich zu unterscheiden und hieraus die zentralen Begriffe, Prinzipien und Theorien genetisch zu erfassen, und auf der Subjektseite Raum lässt für das „Staunen“, die Erfahrung von Widerständen, die die Gegenstände dem Erkennen entgegensetzen und damit eben für die „Annäherungsarbeit“ an die Wissenschaft (Rumpf in Rumpf, Kranich & Buck, 2000, S. 33). Wenn der Erkenntnisgewinnung entscheidende Bedeutung zukommen soll, stellt sich die Frage: „Welche Art von Wissen braucht der Lehrer?“ (ebd.) für diese Art von Unterrichtung. Die Lehrenden benötigen dazu, was weithin nicht oder zumindest kein zentraler Gegenstand der Lehramtsausbildung ist: „Wissen über das Fachwissen“ (Euler, Husar, Luckhaupt & Schröder, 2012, S. 5), also ein Wissen über die „Entstehungs-, Begründungs- und Verwertungszusammenhänge“ (Euler & Luckhaupt, 2010, S. 18). Eine entscheidende Quelle hierfür ist die Geschichte, aber nicht, um noch zusätzlich zum Fach Fachgeschichte in den Unterricht zu stopfen, sondern im Sinne von Otto Toeplitz (1881-1940) und seinem Werk „Die Entwicklung der Infinitesimalrechnung – eine Einleitung in die Infinitesimalrechnung nach der genetischen Methode“ (1949). Dort heißt es: „Nicht um die Geschichte handelt es sich, sondern um die Genesis [...]. Unerschöpflich kann man so aus der Historie für die didaktische Methode lernen“ (zit. nach Wagenschein, 1997, S. 90). Erst die Genese der Denk- und Erkenntniswege verflüssigt das im Resultat der Wissenschaft geronnene Wissen und macht es allererst verstehbar (ausführlich hierzu Bierbaum, 2013). Das wird übrigens auch von anspruchsvollen Forschungen über die „Bedeutung fachlicher Kompetenz für den Unterrichtsprozess“ (Gruschka, 2008) belegt. Diese stellen die Wichtigkeit der reflexiv-genetischen Kompetenzen heraus, weil dadurch mit der Überschreitung der Immanenz des Fachs die

Bedingung sowohl für das Begreifen des allgemeinbildenden Charakters der Fachthemen als auch für das Interesse an „deren Zugänglichkeit“ (ebd., S. 55) sachlich ausweisbar entstehen kann.

### **Fachpädagogische Diagnostik als Bedingung verstehensorientierten Unterrichts!**

Zur Einlösung der pädagogischen Bedeutung der Erkenntnisgewinnung ist für das professionelle Handeln die Befähigung zur fachpädagogischen Diagnostik gefordert. Darunter wird die Identifizierung von Verstehensproblemen bezeichnet, die nicht durch ungünstige Umstände bedingt sind, in denen Lernen stattfindet, sondern die in der Sache objektiv begründet sind. Diese Diagnostik wird in dreifacher Hinsicht bedeutsam:

- Es gilt ein fachpädagogisches Lehrerbewusstsein von den objektiven, in der Sache liegenden Verstehensproblemen zu entwickeln und zu stärken, das die professionell Lehrenden auszeichnen sollte.
- Es gilt Vorstellungsprobleme von Schülerinnen und Schülern zu identifizieren, um mit und an diesen im Unterricht arbeiten zu können.
- Zugleich kann über dieses Wissen über das fachwissenschaftliche Wissen auch Unterrichtsmaterial gewonnen und Unterricht mittel- oder unmittelbar gestaltet werden.

### **Literatur**

- Berg, H. C. (2003). Bildung und Lehrkunst in der Unterrichtsentwicklung. Zur didaktischen Dimension von Schulentwicklung. Schulmanagement-Handbuch, Bd. 106. München: Oldenbourg
- Bierbaum, H. (2013). Verstehen-Lehren. Aufgaben und Probleme der schulischen Vermittlung naturwissenschaftlicher Allgemein-Bildung. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren
- Euler, P., & Luckhaupt, A. (2010). Historische Zugänge zum Verstehen systematischer Grundbegriffe und Prinzipien der Naturwissenschaften. Materialien für die Unterrichtsentwicklung: Zur pädagogischen Interpretation der „Basiskonzepte“ der Bildungsstandards. Frankfurt/Main: Amt für Lehrerbildung.
- Euler, P., Husar, A., Luckhaupt, A., & Schlöder, P. (2012). „Ha-zwei-Oh“ oder: Verstehensprobleme bei der Formelsprache im Chemieunterricht. Frankfurt/Main: Amt für Lehrerbildung.
- Frost, U. (Hg.). (2006). Unternehmen Bildung. Die Frankfurter Einsprüche und kontroverse Positionen zur aktuellen Bildungsreform. Sonderheft der Vierteljahrsschrift für Wissenschaftliche Pädagogik. Paderborn.
- Gruschka, A. (2008). Die Bedeutung fachlicher Kompetenz für den Unterrichtsprozess – Ergänzende Hinweise aus der rekonstruktionslogischen Unterrichtsforschung. Pädagogische Korrespondenz, 38, 44-74.
- Gruschka, A. (2009). Erkenntnis in und durch Unterricht. Empirische Studien zur Bedeutung der Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie für die Didaktik. Wetzlar: Büchse der Pandora.
- KMK (2004). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.
- Kruse, N., Messner, R., & Wollring, B. (Hg.). (2012). Martin Wagenschein – Faszination und Aktualität des Genetischen. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.
- Ladenthin, V. (2011). Kompetenzorientierung als Indiz pädagogischer Orientierungslosigkeit. Profil, Mitgliederzeitung des Deutschen Philologenverbandes, 9, 1-6.
- Parchmann, I. (2007). Basiskonzepte. Ein geeignetes Strukturierungselement für den Chemieunterricht? Unterricht Chemie, 18(100/101).
- Pukies, J. (1979). Das Verstehen der Naturwissenschaften. Westermann: Braunschweig
- Ruhloff, J. (2011). Beobachtung ohne Erfahrung. In I. M. Breinbauer & G. Weiß (Hg.), Orte des Empirischen in der Bildungstheorie. Einsätze theoretischer Erziehungswissenschaft II, Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Rumpf, H., Kranich, E. M., & Buck, P. (2000). Welche Art von Wissen braucht der Lehrer: ein Einspruch gegen landläufige Praxis. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Schecker, H. (2008). Bildungsstandards Physik. In D. Höttecke (Hg.), Vorträge auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Chemie und Physik. Münster: LIT, S. 203-205.
- Wagenschein, M.: Verstehen lehren. Genetisch-sokratisch-exemplarisch. Weinheim, Basel: Beltz.
- Wellensieck, A., Welzel, M., & Nohl, T. (Hg.). (2005). Didaktik der Naturwissenschaften – Quo Vadis? Berlin: Logos.

## Grundlegende Probleme des Verstehens der Naturwissenschaften

Im Folgenden wird zunächst gezeigt, dass man beim Lehren von Chemie-Verstehen mit grundlegenden (für die Chemie konstitutiven und daher notwendig im Unterricht lösenden) Problemen des Verstehens der Chemie konfrontiert ist. Dann wird erläutert, inwiefern ‚genetische Grabungen‘ zu den Resultaten der Chemie ein entscheidendes Hilfsmittel bei der Bearbeitung dieser grundlegenden Verstehensprobleme darstellen.

### Das experimentell-philosophische Verstehen der Chemie als Verstehensproblem

Die in der Fachdidaktik immer noch anzutreffende empiristische Grundauffassung von Naturwissenschaft als reiner Erfahrungswissenschaft ist – was im Folgenden an der Chemie exemplarisch erläutert wird – unzureichend. Neben der Anschauung ist der unreglementierte experimentelle Eingriff in sowie die Spekulation über Naturerscheinungen für das Verstehen (in) der Naturwissenschaft ebenso konstitutiv. Diese ist – wie es zu deren Entstehungszeit noch üblich war zu sagen – eine ‚experimentelle Philosophie‘; gerade die experimentellen und spekulativen Momente des systematischen Verstehens stellen aber zugleich strukturelle Probleme des subjektiven Verstehens und damit des Lehrens dar. Denn anders als in unserem Sonnensystem stehen die Gegenstände auf der Erde – in der Chemie: die Stoffe – in einem durchgängigen Zusammenhang von Wechselwirkungen. Regelmäßig wiederkehrende Erscheinungen analog denen des Sonnensystems – also: eindeutig unterscheidbare und reine Stoffe sowie deren Reaktionen – sind zunächst fast gar nicht vorhanden und beobachtbar.

Das ist der Grund, dass zunächst experimentell in diesen Wechselwirkungszusammenhang eingegriffen werden musste, um überhaupt reine Stoffe aus der Fülle natürlicher Stoff-Gemische zu gewinnen oder herzustellen. Nur mit diesen lässt sich verlässlich operieren; allerdings nur unter ebenfalls erst experimentell herzustellenden Bedingungen. Denn weil es auf der Erde und in der Umwelt nahezu keine reinen Substanzen gibt, verlaufen auch die Reaktionen dieser Natur-Stoffe mit- und untereinander alles anderes als so übersichtlich ab, wie es in den Reaktionsgleichungen reiner Substanzen dann formulierbar ist.

Aber selbst als diese Ausgangssubstanzen und die unter exakt einzuhaltenden Randbedingungen feststellbaren Gesetzmäßigkeiten der mit diesen zu vollziehenden Reaktionen experimentell aus dem Naturzusammenhang herausgearbeitet bzw. unter Kontrolle gebracht waren, war damit noch keine Fachsystematik gewonnen. Dies gelang in der Chemie erst als die aus der antiken Tradition metaphysischer Spekulation stammenden Begriff Element und Atom auf die ‚Gegenstände‘ der Chemie (die reine Substanzen und deren Reaktionen) projiziert wurden. Diese Begriffe resultieren nicht aus verallgemeinerten Beschreibungen der chemischen Gegenstände, sondern sie entspringen dem spekulativen Nachdenken über deren Struktur und Zusammenhang. Mit ihnen wird der den experimentell allererst erzeugten Erscheinungen zugrunde liegende, aber eben den Sinnen ‚verborgene Prozess‘ (F. Bacon) hinter den Erscheinungen beschrieben. *„Die chemischen Substanzen und Reaktionen selbst enthalten keinen Hinweis auf den Aufbau der Substanzen aus Atomen und auf die Erklärung deren Reaktionen als Veränderung der atomaren und molekularen Struktur. Selbst aus den Gesetzmäßigkeiten der Reaktionen läßt sich durch kein Abstraktionsverfahren der Atombegriff gewinnen. Ist er aber einmal“* – eben spekulativ – *„gewonnen, so leistet er nicht nur die Erklärung der Gesetzmäßigkeiten der Reaktionen“, sondern er ermöglicht in Kombination mit den Begriffen Element, Verbindung und Molekül „die Konstruktion eines eindeutigen Klassifikationsschemas, unddaruüber hinaus die Darstellung des gesamten empirischen Materials der Chemie“* (Bulthaupt, 1996, S. 70).

Der entscheidende Durchbruch der modernen Chemie bestand also in einem Bruch mit der Anschauung; darin, die erfahrbaren Naturerscheinungen so zu beschreiben, wie wir sie nicht erfahren. Diese Diskrepanz von Anschauung und Begriff zeitigt nun zugleich gravierende Verstehens-Probleme. Denn es ist ein qualitativer Unterschied, ob man ‚Traubenzucker‘ sagt und dessen beobachtbaren Eigenschaften beschreibt, oder ob man die Fachsprache der Chemie (D-Glucose oder 2R,3S,4R,5R,6-Pentahydroxyhexanal) verwendet, die dazu dient, etwas über die Struktur- und Reaktionseigenschaften von ‚Traubenzucker‘ auszusagen. Gerade weil der Bruch mit der Anschauung für das Verstehen der modernen Chemie konstitutiv ist, ist es dann höchst schwierig für die Schüler\_innen verstehbar zu machen, dass, was und warum der sichtbare ‚Traubenzucker‘ überhaupt irgendetwas mit der chemischen Strukturformel an der Tafel zu tun hat. D. h.: wie der naturwissenschaftliche Weg von diesem weißen, süß schmeckenden Pulver (oder irgendeines anderen Stoffes) hin zur Einsicht in dessen innere Struktur und chemisch relevanten Reaktionseigenschaften überhaupt zu gehen wäre; und welche Kompetenzen man bei den Schüler\_innen wie entwickeln muss, um diesen überhaupt gehen zu können – genau das ist die pädagogische Aufgabe, aber auch das Problem des Chemieunterrichts.

Die in diesem daher virulent werdenden Verstehens-Probleme sind insofern grundlegend, dass ihr Grund in der spezifischen Wissens-Struktur des chemisch Verstandenen liegt (und nicht bei unprofessionell Lehrenden oder unmotivierten Schüler\_innen zu suchen ist). Denn was das experimentelle Moment betrifft ist es so, dass die Ausarbeitung einer zuverlässigen Methode, mit der man einen reproduzierbaren Sachverhalt gewinnen kann, selbst keinem exakten methodischen Verfahren unterliegt. Der „empirische Umgang mit dem Material verlangt eine Kunstfertigkeit, ein Geschick, das nicht in die Regeln formaler Handlungsschemata zu fassen ist.“ Für die wissenschaftliche Tätigkeit ist also das dem Gegenstand gegenüber emphatische, „mimetische Moment, die Anpassung des Versuchsaufbaus an die erst vermuteten objektiven Verhältnisse, das Mittel [...], diese objektiven Verhältnisse dadurch zu erkennen, daß sie fixiert werden, der zunächst variable Versuchsaufbau zur Methode sich verfestigt.“ Einerseits ist also ein „artistische[s] Verhältnis zum Gegenstand [...] das Wesen der experimentellen Arbeit“; andererseits ist es zugleich nur ein „in deren Ziel, der normativen Methode, verschwindendes Wesen“ (ebd., S. 36). Dasselbe gilt für die Spekulation: ohne dieses, sich von der Anschauung ‚frei‘ machende Nachdenken erschließt sich nicht die Struktur und der Zusammenhang der experimentell unter Kontrolle gebrachten Naturerscheinungen; aber in der begrifflichen Fixierung dieser Spekulation in Form der fachsystematischen Konzepte verschwindet deren selbständiges Moment und die sachlichen Anlässe ihrer spekulativen Konstruktion. Die Methoden und Begriffe erscheinen (!) daher als objektiv-notwendig, weil sich aus ihnen heraus deren kontingent-subjektiven Anlässe nicht re-konstruieren lassen. Diese Verselbständigung der Erkenntnisresultate gegenüber der Erkenntnisgewinnung ist aber unvermeidlich. Denn die wissenschaftlichen Resultate müssen unabhängig sowohl von ihren Entstehungskontexten als auch den sie hervorbringenden Subjekten gelten; die kontingenten Motive der Forschung und die für sie konstitutiven subjektiven Verstehensleistungen und Kompetenzen (das unreglementierte Experimentieren und spekulative Philosophieren) müssen also im Resultat verschwinden, wenn dieses dauerhafte, allgemeine und notwendige, Geltung haben soll und nicht mit dem Erlöschen der Motive und Subjekte auch die Resultate der Forschung wieder erlöschen sollen und damit stets wieder von Neuem erfunden und entdeckt werden müssten. In der Etablierung eines unabhängig vom subjektiven Verstehen Geltung verbürgenden Begriffs- und Methoden-Systems besteht die große Leistung des naturwissenschaftlichen Verstehens, zugleich ein entscheidendes Problem des Verstehen-Lehrens. Denn in den naturwissenschaftlichen Resultaten (den normativ fixierten experimentellen Methoden und Verfahren sowie den allgemein-gültigen Begriffen und Konzepten) ist „der Prozeß, der zu ihnen führte, nicht aufgehoben, sondern ohne Rest verschwunden“ (ebd., S. 47). Die

grundlegende Schwierigkeit aller Didaktik resultiert also daraus, dass sich die Naturwissenschaft im Resultat gegen ihre Geschichte und die für jenes konstitutiven Leistungen lebendiger Subjekte verselbständigt. ‚Lösen‘ kann man diese Schwierigkeit nur dadurch, dass man diese Verselbständigung gleichsam rückgängig macht, d. h.: die „Anamnese an den Weg, die Problemgeschichte, ist konstitutiv für das Begreifen des Resultats“ (Bulthaup, 2001, S. 2); also für ein Verstehen des chemisch Verstandenen.

### **„Genetische Grabungen“ als Bedingung fachpädagogischer Lehrkompetenz**

Da also ein naturwissenschaftliches Resultat gar nicht verstanden werden kann ohne Kenntnis auch des Weges, der zu ihm führte, muss die ‚Anamnese an den Weg, die Problemgeschichte‘ der Naturwissenschaften zum didaktischen Lehr-Prinzip werden; d. h.: die Kompetenzbereiche ‚Erkenntnisgewinnung‘ und ‚Fachwissen‘ dürfen nicht getrennt voneinander, sondern müssen mittels der ‚Genetischen Methode‘ streng miteinander verzahnt gedacht und unterrichtet werden. Zu dieser hat der Mathematiker Otto Toeplitz einmal ausgeführt, dass man – als Lehrender freilich – „unerschöpflich“ aus der Erforschung der Genesis des eigenen Fachs „für die didaktische Methode lernen“ könne, da man „für sich selbst aus solcher historischer Analyse lernen (könnte), was der eigentliche Sinn, der wirkliche Kern jedes Begriffs ist, und [...] daraus Folgerungen für das Lehren dieses Begriffs ziehen (könnte), die als solche nichts mehr mit der Historie zu tun haben“. Worum es bei der ‚genetischen Methode‘ ginge sei die „Aufhellung didaktischer Schwierigkeiten, ich möchte sagen didaktische Diagnose und Therapie auf Grund historischer Analyse“ (Toeplitz, 1927, S. 93-95) Das Argument dafür, dass Lehrende Kenntnisse über die Problemgeschichte ihres Fachs haben sollten, besteht also darin, dass diese zugleich eine ‚didaktische Diagnose und Therapie‘ ermöglichen; genauer gesagt: weil sie sowohl verstehens-diagnostische als auch lehr-therapeutische Qualität haben (vgl. dazu ausführlich Bierbaum, 2013, S. 219-229).

Verstehens-diagnostische Qualität haben solche ‚genetischen Grabungen‘ deswegen, weil die Kenntnis der Problemgeschichte und Denkwege der Naturwissenschaften die Sensibilität erhöht dafür, dass es sich bei den (vermeintlichen) Fehlvorstellungen der Schüler\_innen in Wahrheit um Vor-Verständnisse handelt. Denn diese (vermeintlichen) Fehlverständnisse der Sache stellen sich bei genauerer Analyse oftmals als Ausdruck des Ringens um ein sachliches Verständnis dar. D.h.: diese rühren von der zu verstehenden Sache selbst her; sie entspringen dem eigenen, experimentellen Umgang mit und dem spekulativen Nachdenken über die Sache. Indem die Lehrenden also um die objektiven Verstehens-Probleme wissen, mit denen die Schüler\_innen im Unterricht zu ringen haben, lassen sich auch deren subjektiven Verstehens-Schwierigkeiten und -Versuche angemessener diagnostizieren. Weil das Wissen um die Problemgeschichte der Naturwissenschaften zudem die Kenntnis der sachlichen Anlässe der wissenschaftsgeschichtlich entwickelten fachlichen Lösungen dieser objektiven Verstehens-Probleme umfasst, hat dieses Wissen auch lehr-therapeutische Qualität. Denn diese sachlichen Anlässe können dann entweder direkt als Lern-Material oder indirekt als Lehrer\_innen-Intervention in den Unterricht einfließen, um eine sachliche Motivation bei den Schüler\_innen für die subjektive Erschließung fachlicher Methoden und Konzepte zu initiieren. Insofern also verbessert die Kenntnis der Problemgeschichte des Fachs auch die schulische Vermittlungs- als Fremd-Bildungskompetenz der Lehrenden.

### **Literatur**

- Bierbaum, H. (2013). Verstehen-Lehren. Aufgaben und Probleme der schulischen Vermittlung naturwissenschaftlicher Allgemein-Bildung. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.
- Bulthaup, P. (1996). Zur gesellschaftlichen Funktion der Naturwissenschaften. Lüneburg: zu Klampen.
- Bulthaup, P. (2001). Zum Ende der Philosophie. Unveröffentlichtes Redemanuskript.
- Toeplitz, O. (1927). Das Problem der Universitätsvorlesungen über Infinitesimalrechnung. In: Jahresberichte der deutschen Mathematik-Vereinigung, Band 36. Leipzig: Teubner, 88-100.

### Genetische Grabungen als aufschlüsselnder Zugang zum Verstehen

Im Folgenden wird der Topos der „genetischen Grabung“, verstanden als Auseinandersetzung mit der Genesis der Wissenschaft, die in ihren Entstehungs-, Begründungs- und Verwertungszusammenhängen explizit wird, erneut aufgegriffen und als Mittel fachpädagogischer Diagnostik eingehender betrachtet.

Keine (Natur-)Wissenschaft wurde dadurch in die Welt gesetzt, dass man beschlossen hätte, sie zu erfinden und zu etablieren. Vielmehr nimmt alle Wissenschaft ihren Anfang mit dem Anheben menschlicher Zivilisation. Damit sind es die Bereiche des alltäglichen, außer- und vorwissenschaftlichen Lebens, kulturelle Praxen also, die als Genesis jeglicher Wissenschaft legitime Geltung beanspruchen können. Es ist eben jener Umstand, der im Unterricht präsent sein muss, „sofern naturwissenschaftlicher Unterricht nicht lediglich Einführung in Bestehendes sein soll ohne Einsicht in dessen Gründe“ (Euler & Luckhaupt, 2010, S. 92). Das in diesem Beitrag explizierte Problem im Anfangsunterricht Chemie besteht eben darin, dass ein Unterricht, der eine bestehende fachliche Systematik rekapituliert und eben deshalb vom ‚Einfachen‘ zum ‚Komplizierten‘ sich entwickelt, scheitert, denn „sehr oft ist das Einfache gar nicht einfach oder es ist trivial“ (Wagenschein, 1997, S. 9).

Es handelt sich um die Verbrennungsreaktion von Magnesium und Luftsauerstoff, genauer: um die Formulierung der Reaktionsgleichung, die den Schüler\_innen zum Problem wird. Da sich dieses Verstehensproblem mit jeder Generation Lernender immer wieder neu stellt, wird es hier zum Anlass und Ausgangspunkt der nachfolgend ausgeführten genetischen Grabung. Die Verbrennungsreaktion, von den Schüler\_innen in Worten noch souverän formuliert, ist in ihrer Ausformulierung mit Elementensymbolen in der Lage, jenes Denkproblem zu offenbaren. Die Schüler\_innen notieren nämlich  $\text{Mg} + \text{O} \rightarrow \text{MgO}$ . Der an dieser Stelle nun möglicherweise unterstützend gegebene Hinweis, dass Sauerstoff ein molekulares Gas sei, wird folgendermaßen integriert:  $2 \text{Mg} + 2 \text{O} \rightarrow 2 \text{MgO}$ . Es zeigt sich, dass die eigentlich richtige Schreibung  $2 \text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{MgO}$  viel weniger evident zu sein scheint, als gemeinhin angenommen. Für die Lernenden ergibt sich, scheinbar und zunächst, ein Problem bezüglich der formalen Schreibung. Sie verstehen nicht, warum die Edukte Magnesium und Sauerstoff, trotz gleicher Quantitäten, einmal als 2 Mg und einmal als  $\text{O}_2$  notiert werden. In der Regel wird versucht, diesem Problem durch, dem Wissen nachfolgende, der Fachsystematik entstammende Plausibilisierungen zu begegnen, gleichsam einer „Fachdefinition ex post“ (Janich, 1995, S. 114). Die Vermutung liegt indes nahe, dass sich das Problem erst in jenem Moment ergibt, in welchem Sauerstoff voraussetzungslos eingeführt wird als  $\text{O}_2$ . Eine solche voraussetzungslose Einführung ist jedoch nicht ohne Weiteres verstehbar.

Das eigentliche Problem liegt also nicht in der Schreibung, sondern in der Lösung der Frage nach dem Vorliegen der Gase. Es gilt also gleichsam der Frage auf den Grund zu gehen, weshalb Sauerstoff in der Atmosphäre nicht atomar, sondern molekular vorliegt. Mit anderen Worten also eine genetische Grabung vorzunehmen und nach der Ursache für die bevorzugte Schreibweise zu suchen, die in der Sache selbst liegt. Das Problem mit der Schreibweise, die auf Unverständnis stößt, ist demnach also zu lösen, wenn dieser Schreibweise ein Sachgrund unterliegt. Ab welchem Zeitpunkt wurden in der Chemie Gase als Moleküle formuliert? Welche Indizien und Spekulationen führten zu diesem Umstand?

#### Grabungsnotizen zu einem chemischen Grundproblem

Mit der Veröffentlichung von „A New System of Chemical Philosophy“ im Jahre 1808 legte John Dalton den Grundstein einer ersten wissenschaftlich tragfähigen Atomtheorie. Diese

stellt dabei keine aus der Erfahrung abgeleitete und verallgemeinerte Theorie dar, sondern vielmehr eine im philosophischen Atomismus wurzelnde Konzeption. Dalton bezog die antiken Traditionen über die Materie in seine Überlegungen ein und griff für seine Konzeption vornehmlich auf zwei Strömungen zurück: Zum einen die Atomistik Demokrits und zum anderen die Aristotelische Lehre der „minima naturalia“ – des natürlichen Minimums. Er überarbeitete die überlieferten Denktraditionen derart, dass Chemiker\_innen mit ihr arbeiten konnten und formulierte seine Atome als unveränderlich und unzerstörbar; mit Gewicht und Gestalt ausgestattet; sämtlich gleich in homogenen Stoffen, in verschiedenen Stoffen aber von gleichfalls verschiedener Art.

Das von Proust aufgrund beharrlich wiederholter Wägungen formulierte „Gesetz der konstanten Proportionen“ wurde schließlich erst begründbar aufgrund der Daltonschen Theorie. Dalton erklärte die unterschiedlichen spezifischen Gewichte der Stoffe aus den unterschiedlichen Gewichten ihrer Atome, das für einen Stoff stets gleich gefundene spezifische Gewicht aus der Gleichheit seiner Atome. Die Unteilbarkeit der Atome hinderte Dalton jedoch nicht daran, auch „zusammengesetzte Atome“ anzunehmen. Sollten die Atome in einem streng wissenschaftlichen Sinne existent sein, so bedurfte es einer Reihe experimenteller Verfahren und Schlussweisen, um auf diese Weise indirekt zu ihrer Bestätigung zu gelangen. Ein Beispiel liefert Daltons Atomgewichtsbestimmung des Sauerstoffs: *„Nachdem Dalton das Atomgewicht des Wasserstoffs als leichtesten der bekannten Gase gleich 1 gesetzt hatte, ermittelte er für das Atomgewicht des Sauerstoffs den relativen Wert 7. Dafür konnten die Bestandteile des Wassers vorausgesetzt werden. Ferner war die quantitative Synthese des Wassers aus zwei Maß Wasserstoff und einem Maß Sauerstoff vorausgegangen. Außerdem hatte bereits Lavoisier den Sauerstoff etwa 14mal schwerer als den Wasserstoff gefunden. Da sich somit das Gewichtsverhältnis beider Gase im Wasser als 1:7 ergab, schloss Dalton auf die relative Gewichtszahl 7 für den Sauerstoff“* (Ströker, 1967, S. 162).

Dass Dalton dem Sinn nach gleichsam nur die „Hälfte“ des richtigen Wertes herausbekam, erscheint leicht als banaler Fehlschluss. Für ihn stellten sich die Werte jedoch völlig korrekt dar, da er noch zwei wesentliche Zusatzannahmen voraussetzte: Erstens galten alle Elemente als einatomige Stoffe und zweitens hatten speziell Wasser (und Ammoniak) als *zweiatomige Verbindungen* zu gelten. Die zweite Annahme ergab sich aus seinen „Regeln für die Synthese“, dass nämlich, wenn nur eine Verbindung aus zwei Stoffen erhalten werden könne, vermutet werden müsse, diese Verbindung sei eine zweiatomige.

Gerade weil Daltons Atomtheorie deutlich ihre nichtempirische Herkunft zeigt, stellt sich die dringliche Frage nach ihrer Geltung, da diese doch für die Erfahrung angestrebt wird, obgleich jene Theorie nicht aus der Erfahrung stammte. Dass alle Stoffe aus spezifischen und unveränderlichen kleinsten Teilchen aufgebaut sind, ist „nachweislich gar kein durch chemische Experimente motivierter Gedanke“ (ebd., S. 166). Dennoch soll er sich an der experimentellen Erfahrung bewähren. Unter einer ganzen Reihe von Gesetzmäßigkeiten, die im ersten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts aufgrund experimenteller Erfahrung als solche formuliert werden konnten, sollten einige geeignet sein, mit Daltons Atomtheorie in eine wechselvolle Beziehung zu treten.

Im Laufe mehrjähriger Untersuchungen kam Joseph Louis Gay-Lussac zu dem Resultat, dass die Volumina „chemisch miteinander reagierender Gase und eines dabei entstehenden gasförmigen Verbrennungsproduktes stets im Verhältnis einfacher ganzer Zahlen stehen“ (ebd., S. 171). Die Gase verbinden sich stets nach einfachen Volumenverhältnissen, wobei das Gasvolumen der entstandenen Verbindung in einem gleichfalls einfachen Verhältnis zu den Edukten steht: 2 Vol. Wasserstoff + 1 Vol. Sauerstoff = 2 Vol. Wasserdampf. Trotz der Ähnlichkeit zu den Daltonschen ganzzahligen Atomverbindungen, lehnte dieser die Richtigkeit des Gay-Lussacschen Gesetzes jedoch ab – ebenso wie die Beziehungen desselben zu seiner Atomtheorie. Wohl zunächst nicht ohne Grund, „denn 2 Vol.

Wasserdampf enthalten nur 1 Vol. Sauerstoff, während 1 Atom Sauerstoff und 2 Atome Wasserstoff doch nur 1 ‚Atom‘ Wasser bilden könnten“ (Walden, 1950, S. 65). Die „Halbierung“ des Sauerstoffs war nach Dalton aber unzulässig. Unerwartete Hilfe für das Problem der Unvereinbarkeit einer in weiten Teilen tragenden Theorie und einer durch die Erfahrung sich stützende Hypothese kam von Seiten der Physik. Denn die Physik verfügte im Bereich des Verhaltens von Gasen über einige experimentell gesicherte Gesetze, die die Änderung des Volumens in Abhängigkeit von Druck und Temperatur beschrieben. Die Physik begriff die physikalischen Eigenschaften von Gasen als Bewegung ihrer kleinsten Teilchen – für die Physiker\_innen waren Gase einfache Massepunkte, allein die Gesetze ihrer Bewegungen interessierten sie. Die Chemiker\_innen hingegen mussten Gase auffassen als qualitativ spezifische kleinste Teilchen, eben Daltons Atome. Erst aber als dieser qualitative Aspekt hervorgehoben wurde, fiel auf, dass sich die in ihrem chemischen Verhalten ganz unterschiedlichen Gase bezüglich ihrer physikalischen Zustandsgrößen alle gleich verhalten. Für die Chemie war das geradezu ein Kuriosum: Elementare Gase und gasförmige Verbindungen, Gase aus einfachen und zusammengesetzten Atomen also, gehorchten allesamt den gleichen Gesetzen, speziell denen, die sich aus ihren Bewegungen ergeben.

Es war in erster Linie das zweite Volumengesetz Gay-Lussacs, das dem italienischen Physiker Amadeo Avogadro 1811 zur Spekulation Anlass gab, dass die Anzahl der Teilchen für alle Gase in gleichen Volumina die gleiche sein müsste. Die Volumenmessungen Gay-Lussacs zwangen nämlich bei Zugrundelegung der Avogadroschen Hypothese zu der bedeutsamen Annahme der Mehratomigkeit elementarer Gase. Man brauchte nur anzunehmen, dass nicht Einzelatome, sondern „Doppelatome“ der gasförmigen Elemente im freien Zustand existieren, und dass diese in Reaktion treten. Die obige Gleichung lautet dann:  $2 \text{ Vol. H}_2 + 1 \text{ Vol. O}_2 = 2 \text{ Vol. H}_2\text{O}$ . Avogadro unterschied bezüglich seiner Annahme von Anfang an dem Sinn nach zwischen Atomen, gleichatomigen Molekülen der elementaren Gase und allgemeinen Molekülen. Aus den stöchiometrischen Verhältnissen der Wassersynthese sowie verschiedenen Stickstoffverbindungen spekulierte Avogadro auf die Zweiatomigkeit der elementaren Gase. Man muss sich hierbei vergegenwärtigen, dass es für Avogadros Hypothese weder ein „experimentum crucis“, noch irgendeine andere Möglichkeit gab, die ihre Geltung zunehmend bezweifelbarer oder aber sicherer gemacht hätte, um sie entweder ganz abzuweisen oder sie in den Rang eines Gesetzes zu heben.

Obgleich an dieser Stelle nur skizzenhaft und in groben Zügen ausgeführt, wird doch plausibel, dass der Widerspruch zwischen den objektiven Versuchsergebnissen Gay-Lussacs und der, durch das Gesetz der konstanten und multiplen Proportionen bereits gestützten, Daltonschen Theorie durch Avogadro gelöst werden konnte, der die Zweiatomigkeit aller (unedlen) Gase formulierte. D. h., der Grund dafür, dass Mg mit  $\text{O}_2$  und nicht mit  $2 \text{ O}$  reagiert, liegt gänzlich in der Sache – auf einer rein formalen Ebene ist diesem Denkproblem nicht beizukommen. Das Problem, welches damit kein formales darstellt, verlangt also gleichsam nach einer sachangemessenen Lösung.

#### Literatur

- Euler, P., & Luckhaupt, A. (2010). Historische Zugänge zum Verstehen systematischer Grundbegriffe und Prinzipien der Naturwissenschaften. Materialien für die Unterrichtsentwicklung: Zur pädagogischen Interpretation der „Basiskonzepte“ der Bildungsstandards. Frankfurt/Main: Amt für Lehrerbildung.
- Janich, P. (1995). Protochemie – Programm einer konstruktiven Begründung der Begriffsstruktur der Chemie. *chimica didactica*, 21(2).
- Ströker, E. (1967). Denkwege der Chemie. Elemente ihrer Wissenschaftstheorie. Freiburg, München: Alber.
- Wagenschein, M. (1997). Verstehen lehren. Genetisch-Sokratisch-Exemplarisch. Weinheim, Basel: Beltz.
- Walden, P. (1950). Geschichte der Chemie. Bonn: Athenäum-Verlag.

### **Schlüsselstellen im Unterricht – videographische Analyse zur fachpädagogischen Diagnostik**

Viel zu selten gelingt ein Blick in den wirklichen Chemieunterricht, um Verstehensprobleme sichtbar werden zu lassen. In Kooperation mit der TU Darmstadt hat sich die Methode bewährt, neben einer Videokamera auch noch ein Verlaufprotokoll zu verwenden. Beide Instrumente ergänzen sich und führen zu einem aussagekräftigen Bild. Das Aufzeichnen des Unterrichts erfolgt kontinuierlich über mehrere Wochen, sodass sich die Lerngruppe rasch an die künstliche Situation gewöhnt, keine einzelnen (Muster)Stunden oder Sequenzen abgebildet werden und damit die Problematik der Verstehensprozesse deutlicher hervortreten kann.

#### **Wissen über das Fachwissen liefert Anregungen zur Unterrichtsgestaltung**

Die Genese des Wissens tritt meist in den Hintergrund, wenn man sich als Lehrkraft mit der Planung, Durchführung und Reflexion von Unterrichtseinheiten beschäftigt. Eine intensive Auseinandersetzung mit der Entstehungsgeschichte von Begriffen und Gesetzmäßigkeiten kann jedoch sehr fruchtbar für die Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen sein. Es darf aber nicht so verstanden werden, dass der Unterricht mit Anekdoten und Forscherbiographien zusätzlich überhäuft wird, vielmehr ergeben sich zusätzliche Planungs- und Entscheidungsmöglichkeiten, die Verstehensprozesse der Lernenden erleichtern. Beispielhaft sei hier die Strukturaufklärung der Glucose genannt (Schlöder, 2012). Mit der für die Lernenden besonders denkintensiven Einführung in die Formelsprache zeige ich im Folgenden Aspekte eines Unterrichts auf, der genetische Überlegungen einschließt.

#### **Einführung in die Formelsprache als Verstehensproblem im Anfangsunterricht**

Schaut man sich die Einführung der Formelsprache im Schulunterricht an, so zeigen sich eine Fülle von Schwierigkeiten (vgl. Euler, Husar, Luckhaupt & Schlöder, 2012). Beispielhaft sei dies an der Entwicklung der Wasserformel  $H_2O$  erläutert. In der hier vorgestellten Unterrichtssequenz wurde in einer 7. Klasse eines hessischen Gymnasiums ausgehend von dem erstaunlichen Phänomen einer brennenden Unterwasserfackel das Problem angegangen, woher das in der Fackel enthaltene Magnesium den zur Verbrennung nötigen Sauerstoff erhält. Das Ziel ist die Erkenntnis, dass Wasser eine Verbindung aus Sauerstoff und Wasserstoff darstellt.

Mithilfe genetischer Grabungen (siehe den vorherigen Beitrag von Arne Luckhaupt in diesem Band) werden mehrere Problemfelder sichtbar, die für den Unterrichtsgang maßgeblichen Einfluss haben:

- (1) Wasser wird in Philosophie und Alltag als „Element“ bezeichnet und damit als nicht zerlegbarer Grundstoff angesprochen.
- (2) Der Verbindungsbegriff ist für die Lerngruppe noch nicht klar. Wie können zwei gasförmige Stoffe, die zusammen ein explosionsfähiges Gemisch bilden, in der Verbindung miteinander jedoch eine Flüssigkeit bilden, mit der man Brände löschen kann?
- (3) Das bisher verwendete Teilchenmodell ist zur Erklärung chemischer Reaktionen ungeeignet. Der Wandel der Stoffe und die Erhaltung der Atome führen zu einem scheinbar unlösbaren Widerspruch.

Die Kenntnis dieser Genese hilft in mehrfacher Hinsicht in unterrichtlichen Situationen: Entscheidungsfindung für den Fortgang im Lehr-Lernprozess, die Provokation von Denkschwierigkeiten und die Stärkung der Kritikfähigkeit der Lernenden.

### **Entscheidungsfindung für den Fortgang im Lehr-Lernprozess**

Immer wieder und in Sekundenschnelle muss sich eine Lehrkraft entscheiden, den geplanten Weg beizubehalten oder Kursänderungen vorzunehmen. Im hier videographierten Unterricht ist folgende Szene dafür beispielhaft:

„L: Also, wenn wir wissen, dass Magnesium zum Brennen genauso wie eine Kerzenflamme oder ein Streichholz Sauerstoff braucht, wo kommt dieser Sauerstoff her? Adalie!

Adalie: In Wasser ist ja auch Sauerstoff. [...] sonst könnten Fische ja nicht atmen, die haben ja Kiemen, die können den Sauerstoff herausfiltern. [...]

Christian: Also Wasser besteht ja aus zwei Wasserstoffteilchen und ein Sauerstoffteilchen, d.h. Wasser besteht zu einem Teil aus Sauerstoff.

L: Also, wir hätten einmal die Vermutung von der Adalie, dass der Sauerstoff schon in dem Wasser drinne ist.

Christian: Das hatte ich auch!“

Während Adalie die naheliegende Vermutung gelösten Sauerstoffs anstellt und damit stellvertretend für ein Gros der Lerngruppe ist, gibt Christian eine „Bilderbucherklärung“ ab. Durch seinen Zusatz am Ende offenbart er jedoch nur ein „verdunkelndes Wissen“ (Wagenschein, 1965). Lohnend erscheint daher, Adalies Weg zu beschreiten und die Erklärung Christians hintenan zu stellen.

### **Die Provokation von Denkschwierigkeiten**

Lernende in ihrem Denkprozess zu unterstützen heißt auch, die Schwierigkeiten und Konsequenzen des Neugedachten offenkundig werden zu lassen. So ist es doch ungeheuerlich, dass Stoffe ihre Eigenschaften aufgeben, wenn sie sich verbinden. Diesen scheinbaren Widerspruch aus Schülermund gesprochen zeigt die Genese des Begriffs in besonders ausdrucksvoller Form: „Also, ich weiß nicht, ob ich jetzt 'nen Denkfehler hab', aber ich find auch komisch, dass, wenn man, ähm, also, dass wenn man, ähm, also Magnesium, nein Wasserstoff, wenn man das anzündet, dass es dann brennt, und Sauerstoff äh hilft ja eigentlich, dass Magnesium brennt, und wenn man das verbindet, dass es dann auf einmal nicht mehr brennt.“ Wagenschein spricht hier vom „ehrwürdigen Stand des Stammelns“ (Wagenschein, 1995).

### **Stärkung der Kritikfähigkeit der Lernenden**

Die Unzulänglichkeit des Teilchenmodells zur Erklärung chemischer Reaktionen wird in einer Schülerinnenpräsentation offenbar. Die Lerngruppe soll die Reaktion von Wasser mit Magnesium auf Modellebene beschreiben, ohne das Daltonmodell zu kennen: „Ja, also, wir haben uns halt gedacht, äh, also festes Magnesium, ist ja klar, und dass dazu dann halt noch, ähm, gasförmiges Wasser kommt, weil wir das ja halt kochen haben lassen und wir haben uns halt gedacht, dass der Sauerstoff sozusagen in diesem Wasserdampf mit drinne ist, weil wir nicht wussten, wo der sonst herkommen soll. Und ähm, dass der Sauerstoff ... verbindet sich dann mit dem Magnesium, das gibt dann halt Magnesiumoxid.“ Eindringlich zeigt sich hier, dass Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, Modelle auf ihre Einsatzgrenzen zu überprüfen und eigene Zusatzanforderungen hinzu zu nehmen.

### **Der Denkweg der Schülerinnen und Schüler ähnelt dem Denkweg früherer Forscher**

Immer wieder faszinierend ist die Beobachtung, dass Lernende gleiche Pfade zur Erklärung von Phänomenen beschreiten wie Forscher zu jener Zeit. In der hier vorgestellten Einheit bedienen sich die Lernenden unbewusst der Phlogistontheorie. In dieser Theorie ging man im 18. Jahrhundert davon aus, dass brennbare Stoffe als Brennstoff Phlogiston in sich tragen, der bei der Verbrennung entweicht. Ausgangspunkt in der Unterrichtsreihe ist die Erkenntnis, dass Magnesium in abgekochtem Wasser (nahezu sauerstofffrei) genauso gut verbrennt wie in Leitungswasser. Der in Wasser gelöste Sauerstoff kommt nicht mehr in

Frage – nun ist guter Rat teuer. In diesem Dilemma fallen Aussagen wie „das Magnesium gar keinen Sauerstoff braucht [in Magnesium ist schon der Brennstoff (Phlogiston) enthalten]“ oder „vielleicht [ist] im Magnesium schon selbst Sauerstoff enthalten [ersetze Sauerstoff durch Phlogiston!]“. Diese Vermutungen sind, wie die Genese zeigt, keineswegs abwegig, sondern sollten ernst genommen werden. Ein Verfolgen der Vermutung und ihre experimentelle Widerlegung bieten sich an.

#### **Verwendung in der Lehreraus- und -weiterbildung**

Das Video- und Unterrichtsmaterial kann in vielfältiger Weise in den drei Phasen der Lehrerbildung genutzt werden. Seit zwei Jahren wird von Herrn Luckhaupt und mir im Wintersemester an der TU Darmstadt ein Seminar für Lehramtskandidaten angeboten, in dem solche Videosequenzen aus der unterrichtlichen Praxis und pädagogische Theorien in ihrem Spannungsfeld untersucht werden. Aus der Abschlussreflexion des Seminars stammt dieses Zitat eines Studierenden: „Um die Probleme der Schülerinnen und Schüler zu verstehen, muss man sich zunächst überlegen: Habe ich das selbst eigentlich richtig verstanden? Welche Probleme kann ein Anfänger/Laie haben? Was ist vielleicht die logische (aber nicht ganz richtige) Vorstellung? Wie kann ich damit weiterarbeiten? Von welchen Elementen des Fachs, meiner eigenen Vorstellungen, muss ich mich verabschieden, um ‘Verstehen zu lehren’? Was will ich eigentlich: Kreative Schülerinnen und Schüler oder ‘Fachleute’, die das Fach hassen?“ Zudem wird das Material in der Referendarsausbildung im Studienseminar Darmstadt genutzt, um die Professionalisierung angehender Lehrkräfte voranzutreiben. Auch in Fortbildungsveranstaltungen der dritten Phase kann das Material anregende Wirkung entfalten.

#### **Persönliches Resümee**

Die Kenntnis der Genese hilft mir als Lehrer, Denkwegen und Denkproblemen der Lernenden besser nachzugehen. Der Unterricht wird durch die Anregungen, Vermutungen und Erklärungsansätze der Schülerinnen und Schüler mitgestaltet und mitgetragen. Unterrichtsstörungen reduzieren sich. Der unterrichtliche Aufwand in der Durchführung ist angemessen. Das Wissen über das Fachwissen unterstützt Bildungs- und Aneignungsprozesse der Lernenden.

#### **Literatur**

- Euler, P., Husar, A., Luckhaupt, A., & Schlöder, P. (2012). „Ha-zwei-Oh“ oder: Verstehensprobleme bei der Einführung in die Formelsprache im Chemieunterricht. Frankfurt/Main: Amt für Lehrerbildung.
- Schlöder, P. (2012). (Irr-)Wege zur Strukturauflklärung der Glucose. Historische und experimentelle Zugänge. MNU, 65(2), 90-98.
- Wagenschein, M. (1965). Verdunkelndes Wissen. Vortrag am Hessischen Rundfunk vom 5.7.1965, gedruckt in den „Frankfurter Heften“ 4/1966, 261-268.
- Wagenschein, M. (1995). Physikunterricht und Sprache. In: Die Pädagogische Dimension der Physik. Aachen-Hahn: Hahner Verlagsgesellschaft, 130-138.

## **Chemie und Natur**

Schon Ende der 1990er Jahre forschten SCHARF und WERTH an der Universität Siegen zum Themenkomplex Chemie und Natur. Mithilfe des OSGOODschen Differentials erhoben sie die Einstellungen Jugendlicher und junger Erwachsener zu den Konzepten Chemie und Natur. Sie konnten belegen, dass Chemie eher negativ besetzt ist und meist mit Chemietechnik bzw. chemischer Industrie gleichgesetzt wird. Natur wurde demgegenüber sehr positiv bewertet – fast schon romantisiert. Eine Beziehung zwischen beiden Konzepten wurde kaum gesehen (Scharf & Werth, 1989). Ähnliche Ergebnisse wurden auch bei einer Neuauflage der Untersuchung an der Universität Siegen im Jahre 2011 gefunden und werden von verschiedenen Untersuchungen bestätigt (Krischer & Gröger, 2013).

### **Möglichkeiten zum Umgang mit dem Antagonismus Chemie versus Natur**

Aus fachwissenschaftlicher Perspektive ist dieser Antagonismus kein weittragendes Konzept, bildet doch die Chemiewissenschaft als Naturwissenschaft einen Modus zur Aneignung, Untersuchung und Interpretation unserer Umwelt – und damit auch einer Vielzahl natürlicher Phänomene. Es scheint daher lohnenswert, eine Annäherung beider Konzepte in der Vorstellung der Schüler/-innen anzubahnen.

Die Arbeitsgruppe Chemiedidaktik der Universität Siegen erarbeitet und evaluiert seit ca. drei Jahren verschiedene Möglichkeiten, Chemie in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten zu unterrichten und außerunterrichtliche Angebote in diesem Bereich zu schaffen. Dabei werden verschiedene Ebenen berührt:

(1) Es wird ein Unterrichtskonzept für Schüler/-innen weiterführender Schulen entwickelt und erprobt, bei dem chemische Aspekte und Basiskonzepte im Rahmen naturbezogener Kontexte und soweit sinnvoll in naturnaher Umgebung vermittelt werden (Krischer & Gröger, in diesem Band). (2) Für Grundschüler/-innen wurde eine AG ausgearbeitet und bereits mehrfach durchgeführt, in der untersucht wird, inwiefern Grundschüler/-innen anhand des Lerngegenstandes Lehm erste chemische Vorstellungen entwickeln können (Wurm & Gröger, in diesem Band). (3) In der Lehramtsausbildung der Universität Siegen werden Seminare angeboten, in denen über eine Nutzung natürlicher Phänomene angehenden Sachunterrichtslehrerinnen und -lehrern der Zugang zur Chemie erleichtert und die Umsetzung chemischer Themen in ihrem späteren Unterricht befördert werden sollen (Janssen, Spitzer & Gröger, in diesem Band). (4) Als jüngstes Projekt wird ein GPS-geführter, interaktiver und webbasierter Lehrpfad zur Chemie des Waldes entworfen und erprobt (Spitzer & Gröger, in diesem Band).

Neben einer Annäherung der Konzepte Chemie und Natur könnte ein solcher Naturbezug im Chemieunterricht zudem dazu beitragen, das Interesse an Chemie zu steigern und die Sicht auf Chemie zu erweitern (Krischer & Gröger, im Druck). Daneben ergeben sich durch die Beschäftigung mit dem Themenkomplex Chemie und Natur weitere gesellschaftspolitisch relevante und aktuelle Bezüge: (1) emotionale und kognitive Vorzüge verstärkter Naturerfahrungen (gerade bei jüngeren Schüler/-innen) und (2) die Möglichkeit, mit einem naturnahen, problemorientierten Unterricht einen Beitrag zu einer Bildung für nachhaltige Entwicklung zu leisten.

### **Naturerfahrungen und Naturerleben**

In seinem 2005 erschienenen Buch „Last Child in the Woods“ beklagt LOUV, Kinder und Jugendliche würden heute zunehmend unter einem Naturverlust („nature-deficit disorder“)

leiden, obwohl ein ausgiebiger Naturkontakt für eine gesunde kognitive und emotionale Entwicklung von Kindern bedeutsam sei (Louv, 2005). Verschiedene Untersuchungen kommen zu ähnlichen Ergebnissen. FALK und DIERKING berichten, dass Gelerntes auf Schulausflügen bzw. außerschulisches Lernen durch die Verknüpfung von persönlichen, physischen und sozialen Kontexten anders vernetzt und somit länger erinnert wird (Falk & Dierking, 1997). TROMMER plädiert dafür, Kinder derartige „Mehr-Welten-Erfahrungen“ vor allem in der Natur sammeln zu lassen (Trommer, 2007). GEBHARD schließlich zeigt die Bedeutung von Naturerfahrungen als physisch und psychisch gesundheitsfördernden Ausgleich zum oft von Stress und Hektik geprägten Alltag auf (Gebhard, 2010). Diese positiven Implementationen von Naturerfahrungen und Naturerleben könnten der Grund dafür sein, dass Lernen draußen Studien zufolge sowohl das soziale als auch das fachliche Lernen begünstigt (Liebermann & Hoody, 1998). Sowohl unter emotionalen und motivationalen als auch unter kognitiven Aspekten scheint es also vielversprechend, Unterricht und Lernen zumindest partiell nach draußen zu verlagern.

### **Beitrag zur BNE**

In der aktuellen gesellschaftspolitischen Diskussion wird es als ein wesentlicher Teil der Allgemeinbildung angesehen, dass Schüler/-innen Kompetenzen im Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung erwerben (Programm Transfer 21, 2007). DE HAAN und HARENBERG prägten dafür den Begriff der Gestaltungskompetenz als Fähigkeit, „die Zukunft von Sozietäten, in denen man lebt, in aktiver Teilhabe im Sinne nachhaltiger Entwicklung modifizieren und modellieren zu können“ (Haan & Harenberg, 1999, S. 62). Neben den in diesem Zusammenhang notwendigen kognitiven Fertigkeiten (z. B. Wissensbestände aufbauen, interdisziplinär Erkenntnisse gewinnen, Handlungsalternativen abwägen können, an Entscheidungsprozessen partizipieren) brauchen Kinder und Jugendliche auch die Motivation, im Rahmen entsprechender Dilemmasituationen Entscheidungen zugunsten einer nachhaltigen Entwicklung zu treffen. Eine Vielzahl an Forschungen belegt auch hier die Notwendigkeit verstärkter Naturerfahrungen (Krischer & Gröger, im Druck). Ein im Sinne der Gestaltungskompetenz problemorientierter Chemieunterricht, der zumindest partiell nach draußen verlagert wird, um so Naturkontakt, Naturerfahrungen und ein ganzheitlicheres Lernen zu ermöglichen, kann auch in diesem Bereich einen wichtigen Beitrag leisten.

Die Beiträge des Symposiums stellen im Folgenden die oben erwähnten Ansätze zur Einbindung von Chemie und Chemieunterricht in naturnahe Umgebungen und naturbezogene Kontexte vor.

### **Literatur**

- Falk, J.H., & Dierking, L.D. (1997). School Field Trips: Assessing Their Long-Term Impact. Curator: The Museum Journal, 40(3), 211-218.
- Gebhard, U. (2010). Wie wirken Natur und Landschaft auf Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität? In Bundesamt für Naturschutz (Hg.), Konferenzdokumentation Naturschutz und Gesundheit. Allianzen für mehr Lebensqualität. Bonn, 25-31.
- De Haan, G., & Harenberg, D. (1999). Bildung für nachhaltige Entwicklung. Gutachten zum Programm. Bonn: BLK.
- Krischer, D., & Gröger, M. (2013). Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten – eine Konzeptidee. In S. Bernholt (Hg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 563-565), Kiel: IPN.
- Krischer, D., & Gröger, M. (im Druck), „...natürlich Chemie!“- Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten. Tagungsband zur Tagung „Rio + 20: Nachhaltigkeit neu denken?“ der katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt im November 2012.
- Liebermann, G. A., & Hoody, L. L. (1998). Executive Summary. Closing the achievement gap. Using the Environment as an Integrating Context for Learning. San Diego, verfügbar unter [www.seer.org](http://www.seer.org).

- Louv, R. (2005). Last child in the woods: saving our children from nature-deficit disorder. Chapel Hill: Algonquin Books of Chapel Hill.
- Programm Transfer 21 (2007). Orientierungshilfe Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Sekundarstufe I. Begründungen, Kompetenzen, Aufgabenbeispiele. Berlin.
- Scharf, V., & Werth, S. (1998), Einstellungen und Chemieunterricht - Was bleibt eigentlich? *chimica didacticae*, (15), 55-70.
- Trommer, G. (2007). Sehen, wie die Kuh kackt. *Natur+Umwelt*, 89(1), 18-19.

**...natürlich Chemie! – Phänomene draußen chemisch erforschen**  
**Ein Konzept für den Chemieunterricht der Sekundarstufen I und II**

Ausgehend von den in der Einleitung des Symposiums geschilderten theoretischen Überlegungen entstand das Unterrichtskonzept *...natürlich Chemie!*, in dem die aufgeführten Aspekte konkret für einzelne Unterrichtseinheiten des Chemieunterrichts umgesetzt werden. Angelehnt an die didaktischen und methodischen Grundlagen des bekannten Konzeptes *Chemie im Kontext* wird bei *...natürlich Chemie!* ausschließlich im Rahmen naturbezogener Kontexte und so oft wie möglich in naturnaher Umgebung unterrichtet. Ziele sind neben dem Erwerb chemischer Basiskonzepte (1) die Steigerung des Interesses an Chemie, (2) die Erweiterung der Sicht auf Chemie, (3) die Vorbeugung gegen die antagonistische Sicht auf Chemie und Natur sowie (4) die Anbahnung von Problembewusstsein und Handlungsbereitschaft im Themenfeld nachhaltiger Entwicklung (Krischer & Gröger, im Druck).

Die Module richten sich im Wesentlichen an Schüler/-innen weiterführender Schulen, wiewohl einige Aspekte auch mit jüngeren Schüler/-innen erarbeitet werden können. Eine solche schon mit Grundschulkindern umsetzbare Einheit ist beispielsweise das Modul „Vom Korn zum Brot“. Hier verfolgen und erarbeiten die Kinder und Jugendlichen den Weg von der Aussaat des Getreides über seine Ernte und Verarbeitung bis zum fertigen Brot. Für den Chemieunterricht interessant sind dabei vor allem die ablaufenden chemischen Reaktionen und die Chemie der Stärke. Beide Aspekte können in unterschiedlicher Komplexität mit verschiedenen Altersstufen erarbeitet werden.

Für die Jahrgangsstufen sieben bis dreizehn wurden bisher vier Module ausgearbeitet und im Freilandlabor mit Experimentierfeld der Universität Siegen erprobt: (1) *Mehr als ein leckeres Nahrungsmittel – Milch chemisch betrachtet*, (2) *Süß – und spannend! Honig im Fokus der Chemie*, (3) *Düngen - ohne Chemie!? Umweltanalytik im Kontext nachhaltiger Entwicklung* und (4) *Zu Risiken und Nebenwirkungen... – Medizin aus der Natur*.

Alle Einheiten sind neben dem übergeordneten Kontext Natur auch im sich zwanglos anschließenden Kontext nachhaltiger Entwicklung verortet. Neben dem Erwerb chemischer Basiskonzepte kann so durch die Orientierung des Unterrichts an authentischen Problemen im Bereich Nachhaltigkeit und durch die Methoden und Materialien zur Erarbeitung eines Lösungsvorschlages ein wichtiger Beitrag zum Erwerb von Gestaltungskompetenz geleistet werden.

Exemplarisch wird im Folgenden ein Modul näher vorgestellt.

**Zu Risiken und Nebenwirkungen... – Medizin aus der Natur**

Dieses Thema eignet sich in unterschiedlicher Komplexität für verschiedene Jahrgangsstufen. In der Jahrgangsstufe 9 bzw. 10 kann es den Abschluss der Einführung in die organische Chemie bilden. Einerseits wird hier eine alltägliche und für Jugendliche relevante organische Substanz – Aspirin – genauer untersucht, zugleich können die Nachweisexperimente etc. Anlass zur integrierten Wiederholung wichtiger chemischer Grundsätze bilden (z. B. Säure-Base-Chemie, Stoffmenge, Stoffkonzentration).

Besonders zu empfehlen ist die Einheit jedoch für die Oberstufe. In den verschiedenen Jahrgangsstufen wird immer wieder die Thematisierung von Reaktionsfolgen bzw. Reaktionswegen der organischen Chemie verlangt. Da im Verlauf der Unterrichtsreihe der Reaktionstyp der Substitution, die Stoffklasse der Ester, funktionelle Gruppen sowie verschiedene Nachweisreaktionen erarbeitet werden, ist es hier ebenfalls gut anschlussfähig.

Zusätzlich verspricht der durch die Relevanz von Medikamenten bzw. Schmerzmitteln für Jugendliche entstehende starke Alltagsbezug eine erhöhte Motivation der Schüler/-innen. Den Einstieg in die Unterrichtsreihe bildet die Schlagzeile „Abholzung des Regenwaldes zerstört Hoffnung auf Arzneimittel. Arzneiwirkstoffe im Wert von 109 Mrd. US-\$ in biologischen Ressourcen im Regenwald vermutet“ sowie eine Tabelle, in der wichtige Medikamente natürlichen Ursprungs aufgeführt sind (Tab. 1, nach Lößner, 2010):

Tab. 1: Pharmazeutische Produkte auf Basis biologischer Ressourcen

Produkt	Quelle	Anwendung
Aspirin	<i>Salix</i>	Schmerzmittel
Tubocurarine	<i>Chondodendron tomentosum</i>	Muskelrelaxantium
Vincristin & Vinblastin	<i>Catharantus roseus</i>	Krebstherapie
Taxol	<i>Taxus baccata</i> & <i>Taxus brevifolia</i>	Krebstherapie
Calcitonin (Salcitonin)*	Lachs	Osteoporose
Magainin	Froschhaut	Antibiotika
Tissue Plasminogen Activator	Vampirfledermaus	Anticoagulant
Hirudin*	Blutegel	Anticoagulant
Zocor	<i>Aspergillus terreus</i>	Cholesterinsenker
Penicillin	<i>Penicillium</i>	Antibiotika
Cyclosporin	<i>Tolypocladium inflatum</i> <sup>35</sup>	Immunsuppressivum

Auf Basis dieser Informationen sammeln die Schüler/-innen zunächst Fragen, die sich aus chemischer Sicht in diesem Zusammenhang stellen (z. B. „Wie gewinnt man Medikamente aus Pflanzen und Tieren?“, „Wie wirken Medikamente?“ ...).

Die Bearbeitung dieser Fragen erfolgt exemplarisch am wohl bekanntesten Medikament pflanzlichen Ursprungs: Aspirin. Die Erarbeitungsphase dieses Moduls ist als Stationenlernen organisiert. Aspekte des Brainstormings, die mit diesen Stationen nicht abgedeckt sind, können im Rahmen kleiner „Rausaufgaben“<sup>1</sup> erforscht werden (z. B. Interview eines Apothekers). Die einzelnen Stationen der Unterrichtsreihe mit ihrem jeweiligen Schwerpunkt sind in Tabelle 2 dargestellt.

Die Stationen eins und zwei sowie vier bis sechs dürften selbsterklärend sein und werden daher nicht näher ausgeführt.

In Station 3 erleben die Schüler/-innen den natürlichen Ursprung des Medikamentes Aspirin nach, indem sie Salicin durch das Erwärmen von selbst geschnittener Weidenrinde in einem Ethanol-Wasser-Gemisch gewinnen und anschließend mittels einer Dünnschichtchromatographie nachweisen. So können gleichzeitig wichtige Methoden der (analytischen) Chemie kennen gelernt bzw. vertieft werden.

In den letzten beiden Stationen wird der Bogen zur Einführung in die Unterrichtseinheit geschlagen. Mithilfe zweier Artikel populärwissenschaftlicher Zeitungen wird zunächst die Trial-and-Error-Wirkstoffsuche der traditionellen Pharmaindustrie und deren Ablösung

<sup>1</sup> Angelehnt an den Begriff Hausaufgaben verstehen wir unter „Rausaufgaben“ Aufgaben, die die Schüler/-innen zur Vor- oder Nachbereitung des Unterrichts im Rahmen des Unterrichtskonzeptes ...*natürlich Chemie!* **draußen** erledigen – meist in ihrer natürlichen, mitunter auch in ihrer sozialen Umwelt, beispielsweise auf Erkundungstouren, in Experteninterviews, bei Beobachtungsaufträgen der örtlichen Flora und Fauna...

durch ein zunehmend gezielteres Moleküldesign erläutert und anschließend beschrieben, inwiefern die Gewinnung von pflanzlichen und tierischen Wirkstoffen zu einem zunehmenden Artensterben führt und umgekehrt das zunehmende Artensterben die Chancen zur Entdeckung neuer Wirkstoffe schmälert. Hier können die Jugendlichen für Aspekte nachhaltiger Entwicklungen sensibilisiert werden und Lösungsansätze in diesem Problemkomplex erarbeiten. Zur stärkeren Orientierung auf eine Bildung für nachhaltige Entwicklung bietet sich an dieser Stelle ein fächerübergreifender Unterricht, beispielsweise mit dem Fach Geographie zur Thematisierung der Biopiraterie, an.

Tab. 2: Stationen der Erarbeitungsphase

(1) Die Geschichte des Aspirin	Erarbeitung wichtiger Stationen der Entdeckung und Vermarktung von Aspirin
(2) Aufbau der Silberweide	Anfertigung eines Steckbriefes der Silberweide durch Beobachtung, Mikroskopie und Textarbeit
(3) Salicin – ein Wirkstoff aus der Weide?	Extraktion des Salicin aus Weidenrinde mit anschließendem Nachweis
(4) Wirkweise von Aspirin	Umsetzung eines erklärenden Textes in ein Modell
(5) Chemische Synthese des Aspirin	Erarbeitung und Umsetzung des Syntheseweges mit Texten und Strukturformeln
(6) Inhaltsstoffe einer Aspirin-tablette	Stärkenachweis und Titration mit Berechnung des Acetylsalicylsäureanteils
(7) Designermoleküle als Wirkstoffe in der Medizin	Einführung in die Wirkstoffentwicklung der Pharmaindustrie
(8) Designermoleküle aus Pflanzen?	Erarbeitung nachhaltiger Aspekte des Moleküldesigns

Um die zu Beginn des Artikels genannten übergreifenden Ziele des Unterrichtskonzeptes zu erreichen, ist es notwendig, den Unterricht so oft wie möglich in naturnahe Umgebung zu verlagern. Dies bietet sich in dieser Unterrichtsreihe insbesondere bei den Stationen zwei und drei an. Wachsen im Umfeld der Schule Weiden, kann eine kurze Exkursion in das entsprechende Gebiet einen authentischen Unterricht befördern und ein ganzheitlicheres Lernen im Sinne von *...natürlich Chemie!* ermöglichen.

Zum Abschluss der Unterrichtseinheit bietet sich eine Sicherung des Stationenlernens mithilfe einer gängigen Methode (z.B. Gruppenpuzzle, Expertenpräsentation...) an. Anschließend kann eine Diskussion zu den Möglichkeiten und Grenzen der Gewinnung medizinischer Wirkstoffe aus der Natur erfolgen.

In dieser Art kann im Rahmen des Konzeptes *...natürlich Chemie!* bereits mit wenigen Einheiten ein verstärkter Naturbezug erreicht, wesentliche Basiskonzepte angebahnt und ein Beitrag zur BNE geleistet werden.

#### Literatur

- Krischer, D., & Gröger, M. (2013), Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten – eine Konzeptidee. In S. Bernholt (Hg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 563-565), Kiel: IPN.
- Lößner, M. (2010), Konfliktfeld Biodiversität – Ein Thema für den Geographieunterricht! In G. Schrifer, & I. Schwarz (Hg.), *Globales Lernen*. Ein geographischer Diskursbeitrag. *Erziehungswissenschaft und Weltgesellschaft*, Bd. 4, Münster: Waxmann, 165-180.

## Chem-Tracking – Mit GPS auf der Spur der Chemie

Wie bereits zuvor dargestellt, werden die beiden Konzepte „Chemie“ und „Natur“ von Menschen zwar beide positiv aber „Chemie“ jedoch signifikant schlechter bewertet. Darüber hinaus sind viele Menschen der Meinung, dass in der Natur keine chemischen Prozesse zu finden sind. Das GPS gestützte Lehrpfadprojekt Chem-Tracking soll hier ansetzen und Schülerinnen und Schülern, aber auch Wanderern, einen Einblick in die spannende Chemie des Waldes geben.

### Projektidee

Peter Borrows schuf 1984 einen ersten Lehrpfad zur Chemie, den „Pimlico Chemistry Trail“ (Borrows, 1984, 2004). Ausgehend von alltäglichen, eher städtischen Phänomenen wie rostenden Gartenzäunen erklärte er auf Schautafeln wichtige chemische Prozesse in der städtischen Umgebung. Die Schülerinnen und Schüler der naheliegenden Schule konnten so selbstständig und im selbst gewählten Tempo den Lehrpfad bearbeiten. Später publizierte er weitere Chemistry Trails als Kolumne in der Zeitschrift der Royal Society of Chemistry<sup>1</sup>.

Ziel unseres erweiterten Ansatzes des Chem-Tracking ist es, chemischen Laien wie Schülerinnen und Schülern aber auch Wanderern einen Einblick in interessante chemische Prozesse im Wald zu geben. Im Gegensatz zu dem relativ klassischen Aufbau des Lehrpfades bei Borrows soll jedoch im eigenen Projekt auf Lehrtafeln verzichtet werden. Die Stationen bestehen nur noch aus Quick-Response-Codes (QR-Codes), die mit Hilfe eines Smartphones auf eine für den mobilen Datenabruf optimierte Webseite führen. Alle Stationen sind mit Hilfe von GPS-Koordinaten eindeutig auffindbar und zu einem „Track“ verbunden. Die Abfolge und die Anzahl der Stationen können bei Bedarf jederzeit verändert werden. Da der Wald jahreszeitlichen Veränderungen unterliegt und einige Stationen, wie zum Beispiel Waldmeister, nicht das ganze Jahr verfügbar sind, kann der Lehrpfad so jederzeit ohne großen Aufwand angepasst werden. Um eine zusätzliche Motivation zu schaffen ist der Lehrpfad in ein Geocachingabenteuer eingebunden, an dessen Ende ein Schatz zu finden ist. Der Lehrpfad ist ganzjährig im Wald aufgebaut und kann mit Smartphone und GPS-Gerät (oder GPS-fähigem Smartphone) von jedem durchlaufen werden.

Bisher gibt es im Bereich des Chemieunterrichts nur sehr wenige Ansätze für die Nutzung von Geocaching und GPS im Unterricht. Einige Beispiele mobilen, ortsbezogenen Lernens in der Umweltbildung geben Lude et al. (2013). An dieser Stelle sei auch besonders auf die Educaching-Projekte von Guido Brombach (2010) verwiesen, der Geocaching und den Abruf von Informationen mittels QR-Code in verschiedenen Projekten zur politischen Bildung kombiniert hat.

### Outdoor Learning

Chem-Tracking ist ein Lernen, das unter freiem Himmel und direkt in der Natur stattfindet. Eine Verlagerung eines Teils des Unterrichts in die freie Natur kann dazu beitragen, den Fachunterricht lebendiger zu machen: „outdoor learning is real learning and can therefore help to bring school subjects to life“ (Moffett, 2010, S. 278). Durch den Einsatz moderner Medien wie dem Smartphone kann auch in der Natur ein Zugang zu Information und zusätzlichem Wissen geschaffen werden. Lai et al. (2007) deuten neben einer höheren

<sup>1</sup> Einige dieser Kolumnen sind abrufbar unter: [http://www.rsc.org/Education/EiC/topics/Chemistry\\_trails.asp](http://www.rsc.org/Education/EiC/topics/Chemistry_trails.asp)

Motivation für die so vermittelten fachlichen Inhalte auch einen größeren Wissenszuwachs bei den Schülerinnen und Schülern an. Bei einem solchen Lernen in der Natur werden jedoch nicht nur Fachinhalte vermittelt. Neben einem Kennenlernen und Entdecken von chemischen Prozessen im Wald erleben die am Projekt teilnehmenden Schülerinnen und Schüler gleichzeitig die Natur. Dieses Naturerleben trägt nach Trommer (1988) auch erheblich zu einer in der heutigen Zeit immer wichtiger werdenden Umweltbildung bei. Einige Autoren sehen diese Verbindung von Umweltbildung und dem Einsatz moderner Medien wie Smartphones und GPS-Geräten im Bereich der Umweltbildung kritisch (vgl. zum Beispiel Forkel-Schubert, 2010). Ergebnisse einer Studie an Geocachern deuten jedoch darauf hin, dass eine solche Kombination sehr wohl das Interesse an der Natur steigern kann (Vogl & Dachs, 2011). Ruchter et al. (2010) konnten beim Vergleich von eher traditionellen Ansätzen zur Vermittlung von Umweltwissen und dem Einsatz mobiler Medien bei gleichem Wissenszuwachs eine höhere Motivation der Kinder beim Einsatz moderner Medien feststellen.

### Umsetzung des Chem-Tracking-Projekts

Für die Umsetzung des Chem-Tracking-Projekts konnte durch eine Kooperation mit dem Regionalforstamt Siegen-Wittgenstein ein wichtiger Partner gewonnen werden. Der Lehrpfad liegt verkehrsgünstig an einem Abschnitt des Premiumwanderwegs „Rothaarsteig“. In unmittelbarer Nachbarschaft befinden sich ein Jugendwaldheim sowie ein grünes Klassenzimmer in der Burgruine der Ginsburg. Der Track ist als Rundweg konzipiert und hat eine Länge von 2,3 Kilometern. Zielgruppe sind Schülerinnen und Schüler ab der siebten Klasse, Familien und Wanderer. Die QR-Codes der jahreszeitlich unabhängigen Stationen (zum Beispiel Baumrinde und Holzkohle) sind auf feststehenden Holzpfählen angebracht. Ergänzt werden diese Stationen durch variable Stationen, etwa zu den Stationen Waldmeister, Vogelbeere oder Himbeeren, die jahreszeitliche Besonderheiten thematisieren. Alle Informationen zu der jeweiligen Station sind auf einer für Smartphone optimierten Webseite zu finden. Diese enthält neben einem Überblickstext auch Links zu weiterführenden Themen und Experimenten für zu Hause (siehe Abbildung 1). Ist ein gefahrloses Experimentieren im Wald möglich, so werden auf der Projekthomepage alle benötigten Materialien und Geräte in der einführenden Beschreibung des Tracks aufgelistet.

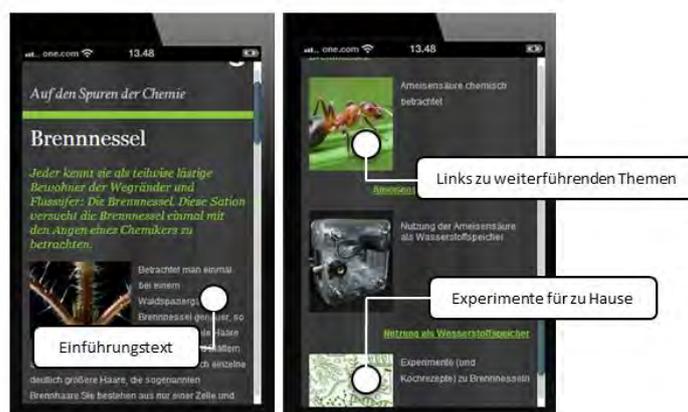


Abb.1: Ausschnitte aus der mobilen Webseite zur Station "Brennnessel"

Die behandelten Themen können so auf verschiedenste Weise beleuchtet werden und die Schülerinnen und Schüler haben die Möglichkeit, ein Thema unterschiedlich zu vertiefen. Als Beispiel für eine Station soll die Station „Brennnessel“ kurz beschrieben werden. Hier finden sich auf der Webseite Informationen zu chemischen Eigenschaften der in den Brennhaaren enthaltenen Ameisensäure, der Nutzung der Brennnessel als Lebensmittel und Nutzpflanze sowie ihr Status als Zeigerpflanze für Stickstoff im Boden.

Wo es sich anbietet, sollen bei den einzelnen Stationen auch immer Brücken zu aktueller Forschung geschlagen werden. So wird bei der Station „Brennnessel“ aktuelle Forschung zur Ameisensäure als Wasserstoffspeicher für Brennstoffzellen (siehe hierzu: Loges, Boddien, Junge & Beller, 2008) vorgestellt. Die Webseiten sind so konzipiert, dass sowohl jüngere als auch ältere Schülerinnen und Schüler für sie verständliche Informationen erhalten können. So können im Rahmen der Station „Holzkohle“ grundlegende chemische Prozesse auch von jüngeren Schülerinnen und Schülern verstanden werden, wenngleich die Webseite auch die eher komplexere Pyrolyse von Holz im Holzkohlenmeiler thematisiert. Durch die Webseite als einem zentralem Element des Projekts kann hier bei Bedarf leicht auch noch weiter differenziert werden.

### **Ausblick und Evaluation**

Durch die Nähe zu einem Jugendwaldheim sowie zu einem grünen Klassenzimmer sollen im Verlauf des Projekts Experimentiermöglichkeiten und Wanderungen für ganze Schulklassen geschaffen werden. Hierzu wird auch ein entsprechend ausgestatteter Rucksack erarbeitet. Das Projekt soll mit Hilfe einer Triangulation aus der Auswertung von Nutzungsstatistiken der Homepage mittels Google Analytics, Befragung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit Hilfe eines Onlinefragebogens sowie dem Auslesen der GPS-Geräte evaluiert werden.

### **Literatur**

- Borrows, P. (1984). The Pimlico Chemistry Trail. *School Science Review*, 221-233.
- Borrows, P. (2004). Chemistry trails. In Braund, M. & Reiss, M.J. (Hrsg.), *Learning science outside the classroom* (S. 151–168). London: RoutledgeFalmer.
- Brombach, G. (2010). Educaching 2. Teil. <http://pb21.de/files/2010/11/educache2.pdf> (9.10.2013).
- Forkel-Schubert, J. (2010). GPS in der Umweltbildung. *Geocaching frisst Naturerleben*. <http://www.umweltbildung.de/5831.html> (8.10.2013).
- Lai, C.-H., Yang, J.-C., Chen, F.-C., Ho, C.-W., & Chan, T.-W. (2007). Affordances of mobile technologies for experiential learning: the interplay of technology and pedagogical practices. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(4), 326-337.
- Loges, B., Boddien, A., Junge, H., & Beller, M. (2008). Kontrollierte Wasserstoffherzeugung aus Ameisensäure-Amin-Addukten bei Raumtemperatur und direkte Nutzung in H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>-Brennstoffzellen. *Angewandte Chemie*, 120(21), 4026-4029.
- Lude, A., Schaal, S., Bullinger, M., & Bleck, S. (2013). Mobiles, ortsbezogenes Lernen in der Umweltbildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung. Der erfolgreiche Einsatz von Smartphone und Co. in Bildungsangeboten in der Natur, Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Moffett, P.V. (2010). Outdoor mathematics trails: an evaluation of one training partnership. *Education 3-13*, 39(3), 277-287.
- Ruchter, M., Klar, B. & Geiger, W. (2010). Comparing the effects of mobile computers and traditional approaches in environmental education. *Computers & Education*, 54(4), 1054-1067.
- Trommer, G. (1988). Draussen Naturerleben - historische Beispiele. *Unterricht Biologie*, 12(137), 8-12.
- Vogl, R., & Dachs, C. (2011). Geocaching in der Umweltbildung. *Ergebnisse einer quantitativen Studie*. *Umwelt & Bildung*, (2), 13-15.

Mareike Janssen  
 Philipp Spitzer  
 Martin Gröger

Universität Siegen

## Durch Naturbezug mehr Chemie im Sachunterricht

In diesem Beitrag wird die Problematik der Unterrepräsentanz chemischer Inhalte im Sachunterricht inklusive einer regionalen Fragebogenstudie dazu erläutert und ein Seminar für Lehramtsstudierende für den Sachunterricht beschrieben, in dem die positive Einstellung gegenüber biologischen bzw. naturbezogenen Themen genutzt wird, um die Studierenden zu motivieren, mehr chemische Aspekte zu erkennen und später in ihrem Unterricht zu berücksichtigen.

### Problemstellung

Inhalte der Biologie, der Chemie und der Physik sollten im Sachunterricht der Grundschule gleichberechtigt unterrichtet werden und Naturwissenschaften allgemein einen ebenso hohen Stellenwert wie Sozial- und Gesellschaftswissenschaften einnehmen (vgl. GDSU, 2013; Drechsler & Gerlach, 2001).

Internationale Studien der letzten dreißig Jahre zeigten jedoch, dass das Vermeiden von Naturwissenschaften unter Grundschullehrer/-innen weit verbreitet war (vgl. Appleton, 2007). Ursachen dafür wurden in mangelndem Fachwissen und geringem Selbstvertrauen bezüglich Naturwissenschaften und dem Unterrichten von Naturwissenschaften gefunden (vgl. Harlen & Holroyd, 1997; Murphy et. al, 2007).

Fehlendes Wissen, daraus resultierendes unzureichendes Selbstvertrauen und eine Abneigung gegenüber dem Unterrichten von Naturwissenschaften zeigten bereits Lehramtsstudierende (vgl. Stevens & Wenner, 1996). Im Studium wurden zwar freiwillig Biologiekurse, jedoch kaum Physik- und Chemieveranstaltungen belegt (vgl. Tosun, 2000). Auch in deutschen Studien wird von einer Bevorzugung von biologischen gegenüber physikalischen und chemischen Inhalten berichtet und ein Zusammenhang zwischen unzulänglicher Ausbildung in Chemie und Inkompetenzgefühlen hergestellt (vgl. Armstrong & Wöhrmann, 2008). Biologische Aspekte standen daher im Sachunterricht deutlich im Vordergrund (vgl. Altenburger & Starauschek, 2010).

### Fragebogenuntersuchung

Um einen aktuellen Einblick in die Gründe der mangelnden Repräsentanz chemischer Aspekte im Sachunterricht zu erlangen, wurde von der Arbeitsgruppe Chemiedidaktik der Universität Siegen 2011 eine Online-Fragebogenstudie unter Grundschullehrer/-innen in der Region durchgeführt<sup>1</sup>. Zunächst wurde nach der Vorbildung im Bereich der Chemie gefragt. Die Hälfte der 56 Teilnehmenden gab an, in der Schule das letzte Mal Kontakt mit chemischen Inhalten gehabt zu haben, ein Fünftel sogar nur bis zur zehnten Klasse. Nur ein Drittel kam im Studium in Kontakt mit chemischen Inhalten.

Gefragt nach dem Stellenwert von sechs verschiedenen Bereichen in ihrem Unterricht<sup>2</sup>, wurde der Biologie der höchste Stellenwert und der Chemie der niedrigste zugeordnet. Dementsprechend wurden im Schulhalbjahr im Mittel 2,3 biologische, aber nur 0,96 chemische Themen behandelt.

<sup>1</sup> Insgesamt wurden 46 Schulen mit etwa 450 Lehrer/-innen angeschrieben. Der Rücklauf war mit 56 Teilnehmenden leider sehr gering, sodass die Ergebnisse nur erste Probleme andeuten können.

<sup>2</sup> In der Reihenfolge abnehmender Bedeutung: Biologie, Sozialwissenschaften, Erdkunde, Physik, Geschichte, Chemie.

Die Teilnehmenden wurden zudem gebeten, sowohl Grundschüler/-innen als auch sich selbst bezüglich chemiebezogener Aspekte einzuschätzen. In Anlehnung an Möller<sup>3</sup> (2004) wurden Fragen entwickelt, die sich nach einer Faktorenanalyse einem schüler- und einem lehrerbezogenen Faktor mit hohen Reliabilitäten<sup>4</sup> zuordnen lassen.

Der schülerbezogene Faktor setzte sich aus Fragen zu Interesse, Zutrauen und Einschätzung der Kinder bezüglich chemischer Inhalte zusammen, der lehrerbezogene aus den Unterfaktoren Interesse am Fach und am Unterrichten chemischer Themen, Selbstwirksamkeitserwartung bezüglich des Unterrichtens chemischer Inhalte und Fähigkeitsselbstkonzept bezüglich der fachlichen Inhalte.

Zur Beantwortung wurde eine vierstufige Likert-Skala mit „weiß-nicht“ Option und Abstufung von „stimmt überhaupt nicht“ bis hin zu „stimmt voll und ganz“ verwendet.

Es ist festzustellen, dass die Teilnehmenden der Onlineumfrage chemische Inhalte als bedeutsam, motivierend und lernbar für Grundschul Kinder einschätzten und auch ihr Interesse am Fach und am Unterrichten chemischer Themen im Mittel positiv beurteilten. Ihre Selbstwirksamkeitserwartung bezüglich des Unterrichtens chemischer Inhalte sowie ihr Fähigkeitsselbstkonzept bezüglich der fachlichen Inhalte fielen hingegen tendenziell negativ aus. In der Studie zeigten Lehrer/-innen also durchaus Interesse an chemischen Themen und sahen auch die Bedeutung für ihre Schüler/-innen, trauten sich deren Umsetzung aber weniger zu.

### **Aufbau des Seminars**

Ein Ansatz zur Überwindung der Unterrepräsentanz chemischer Inhalte im Sachunterricht könnte in einer Lehramtsausbildung liegen, in welcher der hohe Stellenwert der Biologie genutzt wird, um die Aufmerksamkeit und das Interesse auf chemische Aspekte zu lenken.

Im untersuchten Seminar besuchten vierzehn Studierende im Hauptstudium wöchentlich jeweils an einen Vormittag das Freilandlabor mit Experimentierfeld (FLEX) der Chemiedidaktik. Dort können anhand einer Vielzahl perspektiv-übergreifender Themen wie dem Gewinnen und Nutzen von Pflanzeninhaltsstoffen chemische Sichtweisen auf natürliche Phänomene ausgebildet werden (vgl. Gröger, 2011).

Um durch aktive Praxiserfahrungen und persönliche Erfolgserlebnisse die Wirksamkeitserwartungen zu verstärken (vgl. Tosun, 2000), erarbeiteten und erprobten die Studierenden in Kleingruppen selbstständig verschiedene Themenbereiche. Danach planten sie Unterrichtseinheiten, die mit Grundschulklassen durchgeführt und anschließend gemeinsam evaluiert wurden. So konnten sie grundlegendes Wissen aufbauen und vertiefen, chemische Hintergründe natürlicher Phänomene kennenlernen und erste praktische Erfahrungen in der unterrichtlichen Umsetzung naturwissenschaftlicher Themen sammeln.

### **Untersuchung des Seminars**

Um die Wirksamkeit des Seminars zu untersuchen, beantworteten die Studierenden vor und nach dem Seminar den oben beschriebenen Fragebogen. Zusätzlich wurde die affektive Bewertung der Konzepte Chemie und Biologie mit Hilfe des semantischen Differentials ermittelt. Es handelte sich dabei um einen Test, der es erlaubte, tiefer liegende emotionale Muster oder Einstellungen zu untersuchen (vgl. Osgood, 1971). Anhand einer siebenstufigen Skala wählten die Teilnehmenden für das jeweilige Konzept möglichst spontan zwischen zehn gegensätzlichen Adjektivpaaren wie gut-böse oder nützlich-schädlich.

Mit Hilfe kommunikativer Validierung wurden die Ergebnisse anschließend überprüft und die Studierenden gebeten, ihre Antworten zu kommentieren. So wurde zusätzlich zu den

<sup>3</sup> Da die einzelnen Fragen nicht zur Verfügung standen, wurden zu den verschiedenen Items eigene Fragen entwickelt und deren Reliabilitäten in einem Vortest mit Studierenden überprüft.

<sup>4</sup> Reliabilitäten: Schülerbezogener Faktor  $\alpha = 0,934$ , lehrerbezogener Faktor  $\alpha = 0,936$ .

eingesetzten Testinstrumenten überprüft, inwieweit das Seminar aus Sicht der Studierenden zu entsprechenden Veränderungen geführt hat bzw. welche anderen Gründe möglicherweise verantwortlich waren. Zudem wurde gefragt, ob die Studierenden nach dem Seminar die Verknüpfung und Wahrnehmung chemischer mit biologischen Aspekten leichter fällt.

Die Auswertung der Untersuchungen zeigte, dass sich das Interesse, die Einschätzung der Selbstwirksamkeitserwartung und des Fähigkeitsselbstkonzepts positiv entwickeln konnten. Zudem schätzten die meisten Studierenden die Motivation und die Lernfähigkeit von Grundschulkindern bezüglich chemischer Inhalte nach dem Seminar höher ein als zuvor. Auch die mit Hilfe des semantischen Differentials ermittelten, unbewussten Einstellungen gegenüber dem Konzept Chemie verbesserten sich.

### Diskussion

Lehrer/-innen zeigen unzureichende fachliche Kompetenzen in Bezug auf chemische Aspekte im Sachunterricht, was zu fehlendem Zutrauen und mangelnder Motivation für das Unterrichten chemischer Inhalte führt.

Eine explorative Studie mit wenigen Studierenden gab Hinweise darauf, dass ein Seminar durch die Verbindung chemischer mit biologischen Aspekten in naturnaher Umgebung positive Effekte im Hinblick auf Interesse, Fähigkeitsselbstkonzept und Selbstwirksamkeitserwartung hervorrufen kann.

Es zeigte sich, dass praktische Erfahrungen dabei helfen können, Zutrauen in das Vermitteln chemischer Phänomene zu stärken. Zudem konnte der Blick für chemische Hintergründe in der Natur und für Zusammenhänge zu biologischen Aspekten erweitert werden. Dadurch rückten chemische Themen mehr in das Bewusstsein und erzeugten so vermehrtes Interesse und eine positivere Einstellung gegenüber chemischen Inhalten.

### Literatur

- Altenburger, P., & Staraschek, E. (2010). Welchen Anteil haben physikalische Themen am Sachunterricht in Klasse 3 und 4? In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. Berlin: LIT, 232-234.
- Appleton, K. (2007). The Elementary Science Teacher. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*. New York: Lawrence Erlbaum, 496-499
- Armstrong, J., & Wöhrmann, H. (2008). Chemie im Sachunterricht. Eine Untersuchung zu Fortbildungsbedarf und -interesse bei Grundschullehrern. *Grundschulunterricht. Sachunterricht*, 55(2), 34-35.
- Drechsler, B., & Gerlach, S. (2001). Naturwissenschaftliche Bildung im Sachunterricht. Problembereich bei Grundschullehrkräften. In J. Kahlert & E. Inckemann (Hrsg.), *Wissen, Können und Verstehen – über die Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht*, 215-225.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.). (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt
- Gröger, M. (2011). Lehramtsstudierende erleben im Freilandlabor naturnahe Wandlungsphänomene. In H. Giest, A. Kaiser & C. Schomaker (Hrsg.), *Sachunterricht auf dem Weg zur Inklusion*. Bad Heilbrunn, 145-150.
- Harlen, W., & Holroyd, C. (1997). Primary Teacher' Understanding of Concepts of Science: Impact on Confidence and Teaching. *International Journal of Science Education*, 19(1), 93-105.
- Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule - Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In H. Merrens (Hrsg.), *Lehrerbildung: IGLU und die Folgen*. Opladen: Leske & Budrich, 65-84.
- Murphy, C., Neil, P., & Beggs J. (2007). Primary Science Teacher Confidence Revisited: Ten Years on. *Educational Research*, 49(4), 415-30.
- Osgood, C. E., Suci, G. J., & Tannenbaum, P. H. (1971). *The Measurement of Meaning*. University of Illinois Press: Urbana, Chicago, and London.
- Stevens, C., & Wenner, G. (1996). Elementary Preservice Teachers' Knowledge and Beliefs Regarding Science and Mathematics. *School Science and Mathematics*, 96(1), 2-9.
- Tosun, T. (2000). The Beliefs of Preservice Elementary Teachers Toward Science and Science Teaching. *School Science and Mathematics*, 100(7), 374-379.

## Mit dem Naturstoff Lehm draußen chemische Konzepte anbahnen

### Einleitung

Chemische Inhalte sind im Sachunterricht der Grundschule vorgesehen und sollen dort zur Entwicklung anschlussfähiger Konzepte an den späteren Fachunterricht beitragen (GDSU, 2013). In diesem Artikel soll dargelegt werden, inwiefern die Bodenart Lehm als Lerngegenstand genutzt werden kann, chemische Aspekte bereits in der Grundschule aufzugreifen und Konzepte anzubahnen. Dazu wird zunächst auf einige fachliche Grundlagen eingegangen und es werden theoretische Überlegungen zum Bildungspotential angestellt; im Anschluss werden eine Untersuchung zu Präkonzepten von Grundschulkindern und die sich daraus ableitenden Überlegungen zu gezielten Interventionen beschrieben.

### Lehm: ein Stoff – viele Phänomene

Lehm ist ein Stoffgemisch aus den Bodenarten Ton, Schluff und Sand, welche sich hinsichtlich ihrer Korngrößen unterscheiden. Je nachdem, welche Bodenart überwiegt, unterscheidet man tonigen, sandigen oder schluffigen Lehm – weiterhin wird auch zwischen fettem Lehm (hoher Tonanteil) und magerem Lehm (geringer Tonanteil) unterschieden. Feuchter Lehm ist plastisch verformbar; er quillt bei Wasserzugabe und fungiert im Boden als Ionenaustauscher. Zurückzuführen sind diese Eigenschaften auf die im Lehm vorhandenen Tonminerale. Bei diesen handelt es sich überwiegend um Aluminiumsilikate mit Schichtstruktur, zwischen deren Schichten sich Wasser einlagern kann.

Die plastische Verformbarkeit hat verschiedene Ursachen. So ist die geringe Größe ebenso wie die plättchenartige Form der Tonminerale für die Plastizität des Lehms mitverantwortlich. Wird die submikroskopische Ebene in die Betrachtung einbezogen, so zeigt sich, dass auch die Hydratisierung der zwischen den Schichten eingelagerten Kationen und die Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen für die Formbarkeit von Bedeutung sind. Abbildung 1 verdeutlicht, auf welchen Ebenen die Eigenschaft „Plastizität“ gedeutet werden kann, sodass eine Anbahnung des Struktur-Eigenschafts-Konzeptes schrittweise, ausgehend von der Phänomenebene, möglich ist. Die Einbeziehung verschiedener Ebenen kann nach Parchmann dazu führen, dass „im Bewusstsein der Lernenden ein stimmiges Konzept entstehen [kann], das Eigenschaften und Strukturen verknüpft“ (Parchmann, Scheffel & Stäudel, 2010, S. 9).

Ein weiteres Phänomen, welches aus chemischer Sicht und vor dem Hintergrund einer Thematisierung in der Grundschule interessant ist, ist das Brennen des Lehms. Hier kann eine Stoffumwandlung beobachtet werden: aus dem braunen, wasserlöslichen Lehm wird durch Erhitzen ein harter, wasserbeständiger Stoff, der häufig eine rötliche Färbung aufweist. Die unterschiedliche Verwendung der beiden Stoffe ist ein Resultat ihrer Eigenschaften: während die feuchtigkeitsregulierenden Eigenschaften des Lehms beim Verputzen von Häusern im Innenbereich geschätzt werden, findet das gebrannte Produkt im Außenbau Verwendung. Im späteren Verlauf kann die Stoffumwandlung auch auf atomarer Ebene beschrieben werden, wenngleich die Vorgänge komplex sind und daher lediglich Ausschnitte diskutiert werden können.

Nicht zuletzt bietet Lehm als Lerngegenstand die Möglichkeit, die chemischen Betrachtungen mit fachübergreifenden Aspekten (z. B. Bedeutung des Bodens für das Leben auf der Erde, Lehm- und Architektur, Verwitterungsprozesse und Lehmentstehung) zu verbinden und so in diesem Zuge ein Bewusstsein für den Rohstoff Lehm und generell den Boden zu schaffen.



Abb. 1: Zunehmend komplexere Ebenen einer Struktur-Eigenschafts-Betrachtung zur plastischen Verformbarkeit feuchten Lehms

### Untersuchung zu Lehm als Lerngegenstand – Durchführung und erste Ergebnisse

Das *Dortmunder Modell zur fachdidaktischen Entwicklungsforschung* bietet einen Forschungsrahmen zur Entwicklung von Lehr-Lernarrangements, welche auf der stofflichen Analyse einerseits und den durch diese Arrangements angeregten Lernprozessen andererseits basieren (Prediger et al., 2012). In den Grundzügen umfasst das Modell die Strukturierung des Gegenstandes, die Entwicklung erster Lehr-Lernarrangements, die anschließende Untersuchung von Lernprozessen in Design-Experimenten und schließlich die daraus entwickelte „lokale Lern-Lehrtheorie“, welche weiterhin Ausgangspunkt für einen neuen Forschungszyklus darstellt. Durch die Design-Experimente (Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schauble, 2003), in welchen Interventionen in einer Laborsituation in Kleingruppen getestet werden, können Rückschlüsse auf Verstehbarkeit und auftretende Lernschwierigkeiten gezogen werden (Prediger et al., 2012). Die einzelnen Schritte sind nicht klar voneinander zu trennen; vielmehr handelt es sich um einen iterativen Prozess, welcher je nach Forschungsstand zu dem spezifischen Lerngegenstand unterschiedlich gestaltet werden muss.

Bei der ersten Strukturierung eines Lerngegenstandes ist neben Legitimation und der fachlichen Klärung zugleich die Perspektive der Lernenden mit einzubeziehen (Komorek & Duit, 2004). Zu dem hier vorgestellten Lerngegenstand Lehm liegen für das Lernen chemischer Inhalte, soweit den Autoren bekannt, bislang kaum Untersuchungen vor<sup>1</sup>. Aufgrund des Mangels an Kenntnissen über die Lernausgangslage zum Lerngegenstand wurden in einem ersten Schritt im Rahmen einer explorativ ausgerichteten, qualitativen Studie Vorerfahrungen der Kinder ebenso wie deren intuitive Erklärungen zu den verschiedenen Phänomenen (s.o.) erhoben. Die hierzu durchgeführten leitfadengestützten Interviews wurden im Rahmen einer AG im Freilandlabor FLEX durchgeführt (Gröger, Janssen, Spitzer & Wurm, 2012); im Zuge des Kurses beschäftigten die Kinder sich mit dem Werkstoff, führten Experimente durch und setzten sich praktisch mit dem Lehm auseinander.

Die folgende Auflistung zeigt erste Hypothesen hinsichtlich der Vorstellungen zur plastischen Verformbarkeit von Lehm, welche sich aus einer inhaltsanalytischen Auswertung ergaben:

- Die Formbarkeit des Lehms ist ein wichtiges Kriterium für die Beschreibung von Lehm und wird als wichtige Eigenschaft angesehen.
- Die Formbarkeit wird auf andere Eigenschaften des Lehms (wie „klebrig“ oder „matschig“) zurückgeführt.

<sup>1</sup> Siehe im Wesentlichen Rule und Guggenheim (2007), Rule (2007) sowie Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften Kiel (1972).

- Wasser wird als notwendiges Kriterium für die Formbarkeit benannt. Ohne Wasser lässt sich der Lehm nicht formen.

- Die Zusammensetzung des Lehms spielt in den Erklärungen der Kinder keine Rolle.

Dass die Kinder die Formbarkeit des Lehms als bedeutsame Stoffeigenschaft betrachten, ist eine wichtige Voraussetzung für eine weitere, tiefergehende Betrachtung des Phänomens. Auch die Interaktion mit dem Wasser scheint den Kindern häufig bewusst zu sein. Allerdings wird Lehm dabei eher als eine kontinuierliche, formbare Masse aufgefasst; die einzelnen Bestandteile sind nicht von Bedeutung. Aus fachlicher Perspektive sind aber die einzelnen Tonmineral-Partikel für die plastischen Eigenschaften bedeutsam (s.o.). Um daher einen Zusammenhang zwischen Partikelgröße sowie -form (Abb. 1) und der Formbarkeit erkennen zu können, ist es notwendig, die Struktur des Lehms in den Fokus der Wahrnehmung der Kinder zu rücken.

Mit dem Ziel, die oben angeführten Hypothesen zu den Präkonzepten zu überprüfen und zu untersuchen, inwiefern Interventionen zu einer verstärkten Fokussierung der Zusammensetzung und schließlich zu einer Berücksichtigung der Teilchengröße bei der Deutung der Formbarkeit führen können, wurden erste Design-Experimente entwickelt. Beispielhaft sei ein Vorgehen zum Zusammenhang von Teilchengröße und Plastizität beschrieben: Die Kinder werden zunächst aufgefordert, aus Lehm und Sand jeweils eine Figur zu formen, die festgestellten Unterschiede zu formulieren und erste Erklärungen für ihre Beobachtungen zu finden. Im Anschluss wird die Formbarkeit weiterer Materialien getestet: Kies, Sande mit unterschiedlichen Korngrößen sowie Ton. So lässt sich der Zusammenhang zwischen Teilchengröße und Plastizität erkennen.

### Fazit und Ausblick

Lehm scheint als Lerngegenstand viele Möglichkeiten zu bieten, chemische Aspekte in der Grundschule zu thematisieren. Aufgrund der wenigen Veröffentlichungen zu diesem Thema, kann die hier vorgestellte Untersuchung nur wenige Bereiche aufgreifen und somit lediglich erste Anhaltspunkte liefern. Die Analyse der Design-Experimente steht aus und kann dazu beitragen, Lernpotential und Lernhürden weiter zu spezifizieren.

### Literatur

- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- GDSU (Hrsg.). (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (Vollständig überarb. und erw. Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gröger, M., Janssen, M., Spitzer, P., & Wurm, K. (2012). Naturwissenschaften naturnah erleben. Das Freilandlabor FLEX als Chance, naturwissenschaftliche Betrachtungen bei naturbezogenen Phänomenen zu beginnen. In P. Becker, J. Schirp & M. Vollmar (Hrsg.), *Abenteuer, Natur und frühe Bildung*. Leverkusen: Budrich, 269-288.
- Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften Kiel. (1972). *IPN-Curriculum Chemie: Didaktische Anleitung zur Unterrichtseinheit C.1.3*. Stuttgart: Klett.
- 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.
- Parchmann, I., Scheffel, L., & Stäudel, L. (2010). Struktur-Eigenschafts-Prinzipien. *Roter Faden für den Chemieunterricht? Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 21(115), 8-11.
- Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hussmann, S., Ralle, B., & Thiele, J. (2012). *Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen - Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell*. MNU, 65(8), 452-457.
- Rule, A. C. (2007). Preservice elementary teachers' ideas about clays. *Journal of Geoscience Education*, 55(4), 310-320.
- Rule, A. C., & Guggenheim, S. (2007). A Standards-based Curriculum for Clay Science. *Journal of Geoscience Education*, 55(4), 257-266.

Daniel Keck<sup>1</sup>  
 Yvonne Kammerer<sup>2</sup>  
 Erich Staraschek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PH Ludwigsburg  
<sup>2</sup>Leibniz-Institut für Wissensmedien Tübingen

## **Beeinflusst der Kontext das Erkennen fachlicher Inkonsistenzen in internetbasierten Physiktexten?**

### **Einleitung**

Texte zu physikalischen Themen im Internet enthalten teilweise Widersprüche (Inkonsistenzen) und fachliche Fehler (z.B. Priemer, 2004; Keck et al., 2013). Das Erkennen fehlerhafter oder widersprüchlicher Informationen bei der Rezeption internetbasierter Texte stellt daher einen wichtigen Teilaspekt beim Physikkernen mit dem Internet dar. In einer experimentellen Studie wurde das Erkennen von Inkonsistenzen in Abhängigkeit von äußeren Eigenschaften der Webseite untersucht: Hängt die Erkennensleistung von Schülern für fachliche Widersprüche in einem internetbasierten Physiktext von den äußeren Faktoren „Autor“ und „Art der Webseite“ ab?

### **Stand der Forschung**

Das Suchen und Lesen von physikalischen Informationen im Internet ist für Schüler zu einem Bestandteil des Lernens geworden. Die Nutzung des Internets birgt jedoch ein wesentliches Problem: Publikationen im Internet werden nicht automatisch institutionell „überprüft“ (z.B. durch eine Redaktion) und können daher Fehler oder Inkonsistenzen enthalten. Fehlerhafte oder inkonsistente Informationen sollten daher von Schülern beim Lernen mit dem Internet erkannt werden. Aus pädagogischer und fachdidaktischer Sicht stellt sich daher die Frage, ob Schüler in der Lage sind, fehlerhafte oder widersprüchliche domänenspezifische Informationen zu erkennen. Ergebnisse der früheren Forschung zum Thema „Error Detection“ zeigen, dass es Schülern häufig nicht gelingt, Widersprüche in Texten zu bemerken (z.B. Baker, 1979; Winograd & Johnston, 1982). Dies gilt insbesondere für wissenschaftliche Texte (Otero & Campanario, 1990).

Studien konnten jedoch verschiedene Faktoren identifizieren, welche das Erkennen von Inkonsistenzen unterstützen: Z.B. Lesekompetenz (Winograd & Johnston, 1982), Alter (Baker, 1979) und themenspezifisches Vorwissen (Stadtler et al., 2013). Die Erwartungen des Lesers an den Text – bzw. dessen Qualität und Konsistenz – stellen einen weiteren relevanten Faktor dar. Hierbei gibt es zwei verschiedene Effekte: (1) Erwarten die Probanden aufgrund eines entsprechenden Hinweises des Versuchsleiters, dass der Text Widersprüche enthält, so erhöht sich die Erkennensleistung für Inkonsistenzen (z.B. Baker, 1979). (2) Stadtler et al. (2013) weisen außerdem darauf hin, dass ein Text, welcher hohe Qualitätserwartungen hervorruft (z.B. weil er von einem Experten verfasst wurde), besonders lesenswert erscheint und daher – im Bestreben, diesen hochwertigen Text zu verstehen – besonders aufmerksam gelesen wird. Probanden mit hohen Qualitätserwartungen sollten nach Stadtler et al. (2013) folglich eine hohe Erkennensleistung für im Text enthaltene Widersprüche erzielen.

Auch für internetbasierte Informationen bzw. Texte sind diese Effekte von Interesse, da Webseiten in der Regel z.B. Angaben über die betreibende Institution oder über den Autor und seine Expertise enthalten. Untersuchungen von Winter et al. (2010) sowie von Kammerer & Gerjets (2012) zeigen, dass diese Angaben bei der Internetrecherche als Indikatoren für die Vertrauenswürdigkeit der Informationen angesehen werden. Die Annahme, dass diese Angaben auch die Erwartungen an die Qualität und Konsistenz des internetbasierten Textes beeinflussen, ist plausibel. Die Erwartungen sollten bei vertrauenswürdigen Texten (Experte als Autor bzw. institutionelle Webseite) hoch und bei

nicht vertrauenswürdigen Texten (Laie als Autor bzw. nicht-institutionelle Webseite, z.B. Internetforen) niedrig sein.

### **Forschungsfrage und Hypothesen**

Aus dem Stand der Forschung ergibt sich folgende Frage: Beeinflussen Angaben über den Autor oder die Art der Webseite die Erkennensleistung für Inkonsistenzen? Unter Berücksichtigung der dargelegten Forschungsergebnisse scheinen folgende moderierenden Effekte möglich: (1) Ein nicht vertrauenswürdiger Autor mit geringer Expertise und eine nicht vertrauenswürdige Webseite sollten eine hohe Erkennensleistung induzieren. (2) Ein vertrauenswürdiger Autor mit hoher Expertise und eine vertrauenswürdige Webseite sollten ebenfalls eine hohe Erkennensleistung induzieren. (3) Indifferent vertrauenswürdige Kontexte (vertrauenswürdiger Autor, nicht vertrauenswürdige Webseite oder nicht vertrauenswürdiger Autor, vertrauenswürdige Webseite), sollten zu keiner eindeutigen Erwartungshaltung führen, und daher eine Erkennensleistung induzieren, die unterhalb der Erkennensleistung in den ersten beiden Kontexten liegt.

### **Design**

Die Forschungsfrage wurde in einem 2x2-Design mit den unabhängigen Variablen „Autor“ (Schüler vs. Professor) und „Art der Webseite“ (Internetforum vs. Universitätsseite) untersucht. N = 162 Gymnasialschüler (Klassenstufen 10 und 11) wurden den vier Experimentalbedingungen randomisiert zugewiesen. Die Probanden erhielten jeweils den Computerausdruck einer nachgebildeten Webseite zum Thema „Windkraftanlagen“. Der Text über die Windkraftanlagen enthielt vier textinterne Widersprüche. Je nach Experimentalbedingung wurde der identische Text entweder als (A) Serie von Beiträgen eines Schülers in einem Diskussionsforum („nicht vertrauenswürdige“), (B) als Artikel eines Schülers auf der Webseite einer Universität („indifferent vertrauenswürdige“), (C) als Serie von Beiträgen eines Professors in einem Diskussionsforum („indifferent vertrauenswürdige“) oder (D) als Artikel eines Professors auf der Webseite einer Universität („vertrauenswürdige“) dargeboten. Die Probanden wurden gebeten, sich den Text sorgfältig durchzulesen, um sich auf ein fiktives Referat über das Thema „Windkraftanlagen“ vorzubereiten. Die Erkennensleistung für die im Text enthaltenen Inkonsistenzen (abhängige Variable) wurde nach Ablauf der Vorbereitungszeit mittels einer Conflict Verification Task (CVT) nach Stadtler et al. (2013) gemessen. Hierbei mussten die Probanden anhand von Items im Forced-Choice-Format entscheiden, ob vorgegebene Aussagen des Textes zu anderen Aussagen im Text widersprüchlich sind. Der Testwert (CVT-Score) eines Probanden kann als „der um eine individuelle Zustimmungstendenz korrigierte Anteil korrekterweise als widersprüchlich klassifizierter Aussagen“ (Stadtler et al., 2013, 138) interpretiert werden. Die obigen Hypothesen lassen sich für das vorliegende Design wie folgt spezifizieren: Die Schüler in Experimentalbedingung A erzielen einen höheren CVT-Score als die Schüler in den beiden aggregierten Bedingungen B und C (*Hypothese 1*). Die Schüler in Experimentalbedingung D erzielen einen höheren CVT-Score als die Schüler in den beiden aggregierten Bedingungen B und C (*Hypothese 2*).

### **Ergebnisse und Diskussion**

Tabelle 1 zeigt die mittleren CVT-Scores und die zugehörigen Standardabweichungen als Funktion der unabhängigen Variablen „Autor“ und „Art der Webseite“: Erwartungsgemäß erzielen die Probanden der Experimentalbedingungen A und D mit 0.30 und 0.31 die höchsten mittleren CVT-Scores. Die Probanden der Experimentalbedingungen B und C erzielen mit 0.21 und 0.20 niedrigere mittlere CVT-Scores. Zur Überprüfung der Hypothesen werden Kontraste gerechnet. *Hypothese 1*: Die Schüler der Experimentalbedingung A erreichen signifikant höhere CVT-Scores als die Schüler der

Tab. 1: Mittlere CVT-Scores und Standardabweichungen

Autor	Art Webseite	Internetforum		Universitätsseite	
		M	SD	M	SD
Schüler		0.30	0.31	0.21	0.24
Professor		0.20	0.31	0.31	0.29

**Hinweis:** Der potentielle Range des CVT-Scores ist [-1;1].

Aggregation der Experimentalbedingungen B und C ( $t = 1.713$ ,  $p$  (einseitig) = .045,  $d = 0.3$ ). *Hypothese 2:* Die Schüler der Experimentalbedingung D erreichen signifikant höhere CVT-Scores als die Schüler der Aggregation der Experimentalbedingungen B und C ( $t = 2.016$ ,  $p$  (einseitig) = .023,  $d = 0.4$ ). Die Resultate zeigen erste Evidenzen zur Bestätigung der Hypothesen: Lassen Angaben über den Autor und die Art der Webseite einen physikalischen Sachtext als entweder eindeutig nicht vertrauenswürdig (*Hypothese 1*) oder eindeutig vertrauenswürdig (*Hypothese 2*) erscheinen, so zeigen Schüler auf Grund entsprechender Erwartungshaltungen eine hohe Erkennensleistung für fachliche Inkonsistenzen. Eine indifferente Vertrauenswürdigkeit hingegen führt zu keiner eindeutigen Erwartungshaltung und daher zu einer niedrigen Erkennensleistung für fachliche Inkonsistenzen. Die Tatsache, dass es Schülern insgesamt nur eingeschränkt gelingt, Inkonsistenzen zu erkennen, führt außerdem zur Frage, ob das Erkennen von Inkonsistenzen durch eine entsprechende Intervention gefördert werden kann.

**Hinweis:** Die Studie entstand im Rahmen des kooperativen Promotionskollegs „Effektive Lehr-Lernarrangements – Empirische Evaluation und Intervention in der pädagogischen Praxis“ der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg und der Eberhard Karls Universität Tübingen. Sie wurde mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg und der Forschungsförderung der PH Ludwigsburg finanziert.

#### Literatur

- Baker, L. (1979). *Comprehension monitoring: Identifying and coping with text confusion*. Urbana, IL: University of Illinois, Center for the Study of Reading.
- Kammerer, Y., & Gerjets, P. (2012). The impact of discrepancies across Web pages on high-school students' trustworthiness evaluations. In E. de Vries & K. Scheiter (Hrsg.), *Proceedings EARLI Special Interest Group Text and Graphics: Staging knowledge and experience: How to take advantage of representational technologies in education and training?* (97-99). Grenoble, France: Université Pierre-Mendès-France.
- Keck, D., Sarka, F. & Starauschek, E. (2013). Welche Schüler nutzen Physik-Onlineforen wozu? Eine explorative Studie. In S. Bernhold (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012*. Kiel: IPN, 485-487.
- Otero, J., & Campanario, J. (1990). Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 447-460.
- Winter, S., Krämer, N. C., Appel, J., & Schielke, K. (2010). Information selection in the blogosphere – The effect of expertise, community rating, and age. In S. Ohlsson & R. Catrambone (Hrsg.), *Proceedings of the 32nd Annual Conference of the Cognitive Science Society* (802-807). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Stadtler, M., Scharrer, L., Brummernhenrich, B., & Bromme, R. (2013). Dealing With Uncertainty: Readers' Memory for and Use of Conflicting Information From Science Texts as Function of Presentation Format and Source Expertise. *Cognition and Instruction*, 31(2), 130-150.
- Priemer, B. (2004). *Physiklernen mit dem Internet. Das World Wide Web als Informationsquelle für Schüler zur Erarbeitung des Themas „Die Entstehung der Gezeiten“*. Frankfurt am Main: Lang.
- Winograd, P., & Johnston, P. (1982). Comprehension monitoring and the error detection paradigm. *Journal of Literacy Research*, 14(1), 61-76.

## **Kurswahlmotive von Oberstufenschülerinnen und -schülern im Fach Chemie**

### **Theoretischer Hintergrund**

Nicht nur in Deutschland ist man aufgrund der geringen Beteiligung junger Menschen im naturwissenschaftlichen Bereich besorgt, auch in anderen Ländern ist die Sorge um den Nachwuchs groß. So gibt es mittlerweile zahlreiche nationale wie internationale Studien, die belegen, dass es den Naturwissenschaften in den unterschiedlichsten Ländern nicht gelingt, Schülerinnen und Schüler für sich zu gewinnen (Jenkins & Nelson, 2005; Lyons, 2006; Merzyn, 2011). In Deutschland lässt sich dieses Verhalten beispielsweise an den geringen Kursteilnehmerzahlen in den Fächern Chemie und Physik ablesen. Im Zuge der freien Kurswahlen der gymnasialen Oberstufe wählt ein Großteil der Schülerschaft naturwissenschaftliche Fächer wie Chemie und Physik für die Sekundarstufe II ab und nur ein Bruchteil der Schülerinnen und Schüler eines Jahrganges belegt in diesen „harten“ Naturwissenschaften einen Leistungskurs (Baumert et al., 2000). Aktuelle Kursteilnehmer-Statistiken aus Niedersachsen belegen exemplarisch, dass sich an dieser Situation in den letzten Jahren leider nur wenig geändert hat (Niedersächsisches Kultusministerium, 2012). Die hohe Chemie und Physik Abwähler-Quote in der Oberstufe scheint angesichts zahlreicher bekannter Befunde, wie dem sinkenden Interesse der Schülerinnen und Schüler an den Naturwissenschaften oder den niedrigen Beliebtheitswerten naturwissenschaftlicher Fächer und der hohen wahrgenommenen Schwierigkeit und Alltagsferne (Institut für Jugendforschung, 2004) aber nicht überraschend zu sein. Studien, die sich in Anbetracht der geringen Schülerzahlen in den Chemie- und Physikkursen in der Oberstufe mit der Erforschung der Ursachen dieses Wahlverhaltens beschäftigen, zeigen aber, dass der Prozess der Kurswahlentscheidung überaus komplex und bisweilen für die einzelnen Fächer noch weitgehend unerforscht ist. Abgesehen von einzelnen Befunden ist bisher noch wenig darüber bekannt, wie im Einzelnen die Entscheidungsfindung beeinflusst wird und welche Faktoren die Kurswahlentscheidung von Schülerinnen und Schülern prägen. Erste Ergebnisse ausgewählter Studien geben Hinweise darauf, dass sich Schülerinnen und Schüler bei ihren Kurswahlen am stärksten an ihren persönlichen Fähigkeiten und Interessen sowie guten Noten in der Sekundarstufe I und Berufswünschen orientieren. Aber auch der Gedanke Punkte fürs Abitur sammeln zu wollen, beeinflusst ihre Entscheidung bei den Leistungskurswahlen (Abel, 2002; Bøe, 2012). Ältere Ergebnisse von Müsgens (1980) zeigen zudem, dass der Wahlprozess und die Zusammensetzung der Kursteilnehmer für die Fächer sehr unterschiedlich ausfallen kann. Der Zensurenunterschied am Ende der 10. Klasse zwischen den späteren Leistungs- und Grundkurs-Wählern ist in den Fächern Physik und Mathematik beispielsweise viel größer als für das Fach Geschichte. Zensuren aber auch Kompetenzüberzeugungen, wie TIMSS 2000 (Baumert et al., 2000) zeigen konnte, scheinen in bestimmten Fächern eine Entscheidung vorzustrukturieren. Entsprechendes wird auch für das Fach Chemie vermutet. Hierfür fehlen bisher allerdings belastbare und aktuelle Daten, auch wenn aufgrund der großen Defizite im Fachwissen am Ende der Mittelstufe (Walpuski et al., 2011) auf eine ähnlich hohe Selektivität des Faches geschlossen werden könnte.

### **Forschungsvorhaben**

Um der Entwicklung der sinkenden Chemieschülerzahlen in der Oberstufe entgegenwirken zu können, ist es das Ziel dieser Untersuchung, zu ermitteln, welche Wahl- bzw. Abwahlmotive für das Fach Chemie in der gymnasialen Oberstufe von Bedeutung sind und

welche Faktoren sich als Prädiktoren für den Erfolg im Fach Chemie ermitteln lassen. Mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse sollen Möglichkeiten erschlossen werden, mit denen die aktuelle Situation verbessert werden kann.

### Studiendesign & Testinstrumente

Um dieses Forschungsvorhaben zu realisieren, werden Einflussfaktoren auf das Wahlverhalten und den Erfolg im Fach Chemie mit Hilfe eines Quasi-Längsschnittes an drei Jahrgangsstufen (9. - 12. Klasse) ermittelt, indem die Schülerinnen und Schüler zu zwei Messzeitpunkten im Abstand von einem Jahr über einen qualitativen und quantitativen Ansatz befragt werden (vgl. Abb. 1). Dies bedeutet, dass zum einen die bereits in der Literatur diskutierten fachunspezifischen Wahlmotive, wie das Interesse, das Fachwissen, die Noten, das Fähigkeitsselbstkonzept und die Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler sowie deren Berufswünsche, mit einem Fragebogen erhoben werden. Zum anderen werden die Wahl- bzw. Abwahlmotive, die für das Fach Chemie relevant sind, über offene und geschlossene Items in demselben Fragebogen ermittelt. Als Kontrollvariable dienen nonverbale Skalen des kognitiven Fähigkeitstests (Heller & Perleth, 2000). Alle Schülerinnen und Schüler werden hierfür zunächst am Ende der Sekundarstufe I kurz vor der Kurswahlentscheidung für die Oberstufe befragt, wobei diejenigen Schülerinnen und Schüler, die Chemie in der Oberstufe weiterhin belegen, zu Beginn der Qualifikationsphase (Leistungs- und Grundkurswahlen) erneut befragt werden (Teilstichprobe I). Nach getroffener Kurswahlentscheidung werden anschließend diejenigen Schülerinnen und Schüler, die das Fach Chemie fortführen, jeweils zum Schuljahresende befragt (Teilstichprobe II). Die erste und zweite Teilstichprobe werden hierbei in einem echten Längsschnitt erhoben und bilden über Mittelwertvergleiche einen Quasi-Längsschnitt über alle drei Jahrgänge ab. Zum ersten Messzeitpunkt beträgt die Stichprobe ca. 1800 Schülerinnen und Schüler aus nordrhein-westfälischen Gymnasien und Gesamtschulen.

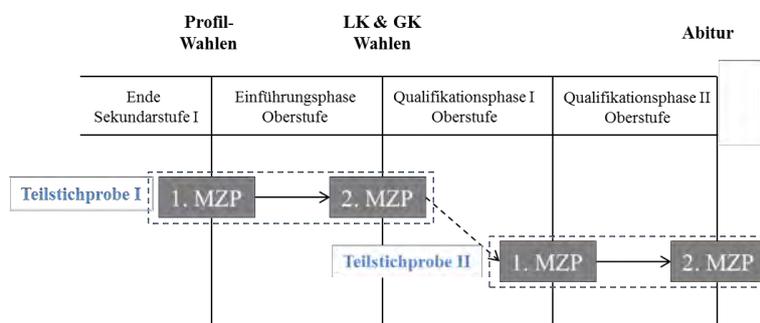


Abb.1: Studiendesign Quasi-Längsschnitt

Für die Messung des Fachwissens wurden Multiple-Choice-Aufgaben im Single-Select Format für den Inhaltsbereich chemische Reaktionen entwickelt, da dieser als Kernbereich der Chemie unumstritten ist, und bereits Testinstrumente und Leistungsdaten für die Mittelstufe vorliegen (Walpuski et al., 2011) und eine Entwicklung der Kompetenzen zu erwarten ist. Das Interesse wurde in Anlehnung an das Interessenkonstrukt der „Münchener Gruppe“ um Schiefele, Krapp und Prenzel mehrdimensional über bestehende Skalen zum Sachinteresse sowie mit Hilfe erprobter Messinstrumente zum Fachinteresse von Schulz (2010) erfasst. Zur Erhebung des Fähigkeitsselbstkonzeptes und der Selbstwirksamkeitserwartung wurden vorhandene Testinstrumente von Dickhäuser et al. (2002) und Jerusalem und Satow (1999) fachspezifisch modifiziert.

### Erste Ergebnisse der Pilotstudie

Die Items zur Erfassung des Interesses, des Fähigkeitsselbstkonzeptes und der Selbstwirksamkeitserwartung wurden an einer Gesamtstichprobe von  $N = 328$  Schülerinnen und Schülern in diesem Frühjahr auf ihre Anwendbarkeit überprüft und können ersten Pilotierungsergebnissen zufolge mit Cronbach's  $\alpha$  Werten von 0.89 bis 0.97 als gut bis sehr gut betrachtet werden. Die Ergebnisse einer Rasch-Analyse legen für die Fachwissensaufgaben hingegen nahe, leichtere Items nachzukonstruieren, da einige Aufgaben für die Stichprobe zu schwer waren. Die Auswertung der offenen Items zu den Wahl- und Abwahlmotiven der Schülerinnen und Schüler ergab, dass von den 56.5 % der Schülerinnen und Schülern ( $N = 69$ ), die Chemie am Ende der Sekundarstufe I für die Oberstufe weiterwählen, 61 % ihr Interesse am Fach und den vermittelten Inhalten als ersten Grund für die Wahl angaben. Für 19 % der Befragten waren hingegen die eigenen Kompetenzerwartungen ausschlaggebend für die Wahl des Faches Chemie und 7 % nannten die ehemals guten Noten in der Sekundarstufe I als entscheidendes Kriterium. Im Gegensatz dazu führten etwas mehr als die Hälfte aller Schülerinnen und Schüler, die Chemie für die Oberstufe abgewählt hatten, als ersten Grund an, Chemie aufgrund der hohen Schwierigkeit und den eigenen Verständnisschwierigkeiten nicht weiter belegen zu wollen. Als zweit- und dritt wichtigsten Grund gab zudem die Mehrheit der Befragten ihr mangelndes Interesse am Fach und die fehlende Relevanz des Faches für ihre berufliche Zukunft als Abwahlmotiv an. 80.8 % der abwählenden Schülerinnen und Schüler stimmten zudem dem Motiv zu, Chemie abgewählt zu haben, weil sie überzeugt seien in anderen Fächern leichter gute Note zu erhalten. Überraschenderweise zeigt sich weiterhin, dass die Lehrkraft nur einen geringen Einfluss auf die Kurswahl zu nehmen scheint. Lediglich 21.1 % der Befragten nannten diese als Grund für ihre Abwahl des Faches Chemie. Diese Befunde decken sich ebenfalls mit Korrelationsanalysen, die belegen, dass dem Interesse ( $.615, p \leq .01$ ), dem Fähigkeitsselbstkonzept ( $.528, p \leq .01$ ) und den Berufswünschen ( $.452, p \leq .01$ ) der Schülerinnen und Schüler eine zentrale Rolle bei der Vorhersage der Kurswahlen für das Fach Chemie zuzukommen scheint.

### Literatur

- Baumert, J., Bos, W., & Lehmann, R. (2000). TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Opladen: Leske + Budrich.
- Bøe, M.V. (2012). Science Choices in Norwegian Upper Secondary School: What Matters? *Science Education*, 96(1), 1-20.
- Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B., & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skala zum akademischen Selbstkonzept. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 23(4), 393-405.
- Heller, K.A., & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen, Revision (KFT 4-12+ R). Göttingen: Hogrefe.
- Institut für Jugendforschung (2004). Meinungen und Einstellungen von Schülern zum Thema Chemie. München: IJF.
- Jenkins, E.W., & Nelson, N.W. (2005). Important but not for me: students' attitudes towards secondary school science in England. *Research in Science & Technology Education*, 23(1), 41-57.
- Jerusalem, M., & Satow, L. (1999). Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung. In R. Schwarzer & M. Jerusalem (Hrsg.), *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen*. Berlin: Freie Universität.
- Lyons, T. (2006). The Puzzle of Falling Enrolments in Physics and Chemistry Courses: Putting Some Pieces Together. *Research in Science Education*, 36(3), 285-311.
- Merzyn, G. (2011). Motive der Kurswahl in der Sekundarstufe II. *MNU*, 64(1), 4-6.
- Müsgens, R. (1980). Nur „Dumme“ wählen Physikleistungskurse. *Physik und Didaktik*, 8(1), 241-242.
- Niedersächsisches Kultusministerium (2012). Die niedersächsischen allgemein bildenden Schulen in Zahlen. Hannover: BWH.
- Schulz, A. (2010). Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. Eine Videostudie. Berlin: Logos.
- Walpuski, M., Ropohl, M., & Sumfleth, E. (2011). Students' knowledge about chemical reactions – development and analysis of standard-based test items. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(1), 174-183.

### Wie relevant sind schulische Kompetenzen für die Ausbildung von Chemielaboranten?

Ziel naturwissenschaftlicher Allgemeinbildung ist u. a. die Vermittlung von Kompetenzen als Grundlage für das Lernen im Rahmen einer beruflichen Ausbildung (z. B. KMK, 2005). Dass in der Schule erworbene Kenntnisse und Fähigkeiten für den erfolgreichen Abschluss einer Berufsausbildung relevant sind, konnte bereits in verschiedenen Studien gezeigt werden (z. B. Schmidt-Atzert et al., 2004). Inwieweit die in den Bildungsstandards formulierten naturwissenschaftlichen Kompetenzen prädiktiv für den Erwerb beruflicher Kompetenzen im Rahmen der Ausbildung naturwissenschaftsaffiner Berufe sind, ist bisher allerdings nicht untersucht. Diesem Forschungsdesiderat widmet sich das Projekt ManKobE (Mathematisch-naturwissenschaftliche in der beruflichen Erstausbildung).

#### Theoretischer Hintergrund und Forschungsfragen

Während die in den Bildungsstandards beschriebenen naturwissenschaftlichen Kompetenzen normative Festlegungen sind, werden berufliche Kompetenzen performanzorientiert, ausgehend von den realen beruflichen Anforderungssituationen beschrieben (Erpenbeck, 2009). Für die Entwicklung beruflicher Kompetenzen konnte z. B. für Kfz-Mechatroniker gezeigt werden, dass im Laufe der Ausbildung Verschmelzungs- und Ausdifferenzierungsprozesse beruflichen Fachwissens in Bezug zu den curricularen Schwerpunktsetzungen stattfinden (z. B. Geschwendtner, 2010). Der Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf des Chemielaboranten weist starke inhaltliche Übereinstimmungen mit den in den Bildungsstandards angegebenen Kompetenzen für das Fach Chemie auf. In der Berufsausbildung erfolgt jedoch ein Wechsel der Anwendungsperspektive des Wissens von lebensweltlichen zu arbeitsweltlichen Kontexten. Es wird daher vermutet, dass allgemeine naturwissenschaftliche Kompetenzen einerseits Voraussetzung für die Ausbildung sind und andererseits während der Ausbildung weiterentwickelt werden. Zudem ist es wahrscheinlich, dass Lernende bereits zu Beginn der Ausbildung einen Teil beruflicher Anforderungssituationen bewältigen (berufsfeldbezogene Kompetenzen) können (vgl. Abb. 1)



Abb. 1: Zusammenhang zwischen den für die berufliche Kompetenzentwicklung relevanten Kompetenzdimensionen (Neumann et al., 2013)

In Bezug hierzu sind die zentralen Forschungsfragen:

- Welche Rolle spielen schulisch erworbene naturwissenschaftliche Kompetenzen für den Erwerb berufsfeldbezogener und beruflicher Kompetenzen von Chemielaboranten?
- Lassen sich im Laufe der Ausbildung von Chemielaboranten systematische Zuwächse in den schulisch erworbenen naturwissenschaftlichen Kompetenzen nachweisen?

Im Rahmen des Gesamtprojektes wird diesen Forschungsfragen auch für weitere Ausbildungsberufe (z. B. Kfz-Mechatroniker, Biologielaborant) nachgegangen.

### Untersuchungsdesign

Die Studie wird in Form eines Längsschnittes durchgeführt. Insgesamt werden ca. 300 bis 400 Auszubildende zum Chemielaboranten mehrmals während und nach ihrer Ausbildung befragt. Die Ausbildungsdauer beträgt i. d. R. 3,5 Jahre. Bei sehr guten Leistungen besteht die Möglichkeit die Ausbildung bereits nach 3 Jahren zu beenden. Die verschiedenen Messzeitpunkte des Längsschnittes liegen zu Beginn der Ausbildung, nach 1,5 Jahren vor dem ersten Teil der Abschlussprüfung, nach 3 oder 3,5 Jahren vor der Abschlussprüfung sowie ein halbes Jahr nach Beendigung der Berufsausbildung.

### Erhebungsinstrumente

Zur Beantwortung der Forschungsfragen bedarf es Instrumente, die allgemeine, berufsbezogene sowie berufliche Kompetenzen im Bereich Chemie erfassen. Die Erhebung allgemeiner Kompetenzen erfolgt mittels der Tests zur Überprüfung der Bildungsstandards (IQB & KMK, 2013; Walpuski et al., 2008). Für die Erfassung berufsfeldbezogener Kompetenzen wurden ausgewählte Prüfungsaufgaben der IHK (IHK, 2011) eingesetzt.

Auf einem Sommerfest werden Getränke in einer Badewanne gekühlt. Die Wanne ist mit Wasser und Eiswürfeln gefüllt. Alle Flaschen sind aus Kunststoff, gleich groß und enthalten 0,5 L Cola oder Mineralwasser. Einigen Gästen fällt auf, dass die Colaflaschen auf dem Grund der Wanne liegen.

Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler erklären diese Beobachtung mit der Dichte: Flüssigkeiten mit einer geringeren Dichte als Wasser schwimmen im Wasserbad oben.

Welche Aussage ist richtig?

- Die Flaschen mit Flüssigkeiten einer größeren Dichte als Wasser schwimmen oben.
- Die Flaschen schwimmen unabhängig von der Dichte der Flüssigkeiten mal oben und mal unten.
- Die Flaschen mit einer geringeren Dichte als Wasser schwimmen oben.
- Die größten Flaschen haben eine größere Dichte als Wasser und schwimmen deshalb unten.



Abb. 2: Beispielaufgabe Erhebung allgemeiner Kompetenzen (IQB & KMK, 2013)

Ein Aräometer mit dem Messbereich 1,000 g/mL bis 1,200 g/mL wird in eine unbekannte Flüssigkeit gebracht. Dabei taucht das Aräometer ganz unter.

Welche Dichte kann die Flüssigkeit haben?

- 0,950 g/mL
- 1,000 g/mL
- 1,150 g/mL
- 1,200 g/mL
- 1,220 g/mL



Abb. 3: Beispielaufgabe Erhebung berufsfeldbezogener Kompetenzen (IHK, 2011)

Für die Erhebung der beruflichen Kompetenzen wurden auf Grundlage von Curriculums- und Arbeitsanalysen Testaufgaben neu konstruiert.

In dem Prüflabor eines Industrieunternehmens, welches Anstrichstoffe herstellt, wird u. a. die Qualitätskontrolle der Produkte durchgeführt. Neben verschiedenen anderen Parametern ist laut Prüfplan (vgl. Abb.) die Dichte des Anstrichstoffes zu bestimmen. Welches der folgenden Verfahren wird zur Bestimmung der Dichte eines Anstrichstoffes in der Regel verwendet?

- Dichtebestimmung mittels hydrostatischer Wägung
- Dichtebestimmung mittels Biegeschwinger
- Dichtebestimmung mittels Aräometer
- Dichtebestimmung mittels Pyknometer



Abb. 4: Beispielaufgabe Erhebung beruflicher Kompetenzen

Neben den chemiebezogenen Kompetenztests werden zudem weitere Maße (z. B. kognitive Grundfähigkeiten oder berufliche Interessen) als Kontrollvariablen erhoben.

#### Ausblick

Auf Grundlage der Ergebnisse der hier vorgestellten Studie werden Konsequenzen für eine bessere Passfähigkeit allgemeiner und beruflicher Bildung abgeleitet. Im Gesamtprojekt wird geprüft, inwieweit allgemeine naturwissenschaftliche Kompetenzen eine differentielle Relevanz für die verschiedenen Ausbildungsberufe besitzen.

#### Literatur

- Erpenbeck, J. (2009). Kompetente Kompetenzerfassung in Beruf und Betrieb. In D. Münk, E. Severing (Hrsg.), Theorie und Praxis der Kompetenzfeststellung im Betrieb – Status quo und Entwicklungsbedarf. Bielefeld: Bertelsmann.
- Geschwendtner, T. (2011). Die Ausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker im Längsschnitt. Analysen zur Struktur von Fachkompetenz am Ende der Ausbildung und Erklärung von Fachkompetenzentwicklungen über die Ausbildungszeit. In R. Nickolaus, G. Pätzold (Hrsg.), Lehr-Lern-Forschung in der gewerblich-technischen Berufsausbildung – Ergebnisse und Gestaltungsaufgaben. ZBW, Beiheft 24, 55-76.
- IHK (Hrsg.). (2011). Abschlussprüfung Teil 2 – Sommer 2011. Chemielaborant/-in. Konstanz: Dr. Ing. Paul Christiani.
- KMK (Hrsg.). (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. ([http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Standards-Lehrerbildung.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf), 11.04.2012).
- KMK, IQB (Hrsg.). (2013). Kompetenzstufenmodelle zu den Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Kompetenzbereiche „Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“. ([http://www.iqb.hu-berlin.de/bista/ksm/KSM\\_Chemie.pdf](http://www.iqb.hu-berlin.de/bista/ksm/KSM_Chemie.pdf), 04.09.2013).
- Schmidt-Atzert, L., Deter, B., & Jaeckel, S. (2004). Prädiktion von Ausbildungserfolg: Allgemeine Intelligenz (g) oder spezifische kognitive Fähigkeiten? Zeitschrift für Personalpsychologie, 3(4), 147-158.
- Walpuski, M., Kampa, N., Kauertz, A., & Wellnitz, N. (2008). Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 61, 323-326.

## **Naturwissenschaftsdidaktik als hochschulische Entwicklungsaufgabe**

### **Naturwissenschaftsdidaktik in der Lehrerbildung**

Angehende Lehrkräfte werden hierzulande in den Erziehungswissenschaften, zwei Unterrichtsfächern und deren Fachdidaktiken ausgebildet. Die Fachdidaktiken haben eine Brückenfunktion zwischen Fachwissenschaft und Erziehungswissenschaften, machen aber den zeitlichen geringsten Studienanteil im universitären Curriculum aus. Um die wenige Lernzeit effektiver zu nutzen, stellt sich die Frage, ob bei angehenden Lehrkräften, die zwei Naturwissenschaften studieren, thematische und methodische Gemeinsamkeiten für beide Unterrichtsfächer in der Fachdidaktik im Sinne einer Naturwissenschaftsdidaktik behandelt werden können, um auf diese Weise mehr Raum für die kompetenzorientierte Anwendung und Übung für die zukünftige Unterrichtspraxis zu schaffen. An der Hochschule ist der Fächerübergreifend im Didaktikstudium der Naturwissenschaften daher im doppelten Sinne zu verstehen: einerseits auf der Ebene naturwissenschaftlicher Fragestellungen, die für den Schulkontext relevant sind, andererseits auf der didaktischen Ebene, für die gemeinsame Konzepte und Methoden identifiziert werden können.

### **Fächerübergreifender Unterricht in Schule und Lehrerbildung**

Fächerübergreifendes Arbeiten gewinnt durch unsere komplexe Umwelt in den Naturwissenschaften immer mehr an Bedeutung. Viele der aktuellen Fragestellungen wie Mobilität, Ernährung/Wasserversorgung der Weltbevölkerung sowie gentechnische Fragen sind ohne ein vernetztes Arbeiten der fachlichen Disziplinen nicht mehr zu beantworten. Die Vernetzung von Naturwissenschaften anhand von ausgewählten Kontexten spiegelt sich im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufen wieder (Labudde & Möller, 2012). Zur Diskussion um *scientific literacy* (Bybee, 1997) im schulischen Kontext gibt es darüber hinaus zahlreiche internationale fachdidaktische Beiträge.

Untersuchungen zeigen, dass fächerübergreifendes Arbeiten bei den Schüler/-innen Interesse fördern sowie anwendbares Wissen und methodische Kompetenzen stärken kann (Reinhold & Bündler, 2001). Der fachsystematische Wissenserwerb stellt sich dagegen sowohl im fächerübergreifenden als auch im traditionellen fachsystematischen Unterricht als problematisch dar. In fächerübergreifenden oder situierten Lernumgebungen wird häufig der Lernkontext miterworben, sodass die naturwissenschaftlichen Konzepte nicht abstrahiert und in neuen Themenfeldern zur Anwendung gebracht werden können (Mandl, Gruber & Renkl, 1997). Träges, nicht anwendbares Wissen, das durch fachsystematischen Unterricht induziert wird, wird aber gleichermaßen durch die großen Bildungsstudien der vergangenen zwei Jahrzehnte nachgewiesen (Baumert et al., 1997; Artelt et al., 2001). Daher stellt sich die Frage, ob es im Unterricht nicht eher an Lern- und Übungsmöglichkeiten fehlt.

Wenig untersucht ist bisher wie sich Lehrkräfte nach ihrem Studium fachlich und fachdidaktisch in der Lage sehen, fächerübergreifende Themenfelder zu unterrichten. Vermutlich spielt dieser Aspekt hierzulande i. d. R. in der fachdidaktischen Ausbildung eine eher untergeordnete Rolle, weil sich die universitären Fachdidaktiken an den Unterrichtsfächern Biologie, Chemie und Physik orientieren. In letzter Zeit zeigen sich jedoch vermehrt fächerübergreifende Tendenzen insbesondere bei Neueinrichtung von fachdidaktischen Arbeitsgruppen in Deutschland: Gemeinsame Professuren für die Didaktik der Biologie/Chemie, Biologie/Geografie oder Physik/Chemie werden etabliert. Diese fächerübergreifende Ausrichtung von naturwissenschaftsdidaktischen Professuren ist konform mit dem internationalen Profil dieses Bereichs, hier ist Science Education an den Universitäten und das Unterrichtsfach Science üblicher als die Dreiteilung des Curriculums.

### **Naturwissenschaftsdidaktik an der TUM School of Education**

Die Entwicklung eines fächerübergreifenden Curriculums für die Naturwissenschaftsdidaktiken mit Fokus auf Mittel- und Oberstufe bietet sowohl fachlich als auch fachdidaktisch ein hohes Innovationspotential. Das Modul *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik* an der TUM School of Education wurde bereits curricular in der Fachprüfungsordnung für die Lehramtsstudiengänge verankert. In diesem Projekt wurde nun verstärkt noch einmal die Kompetenzförderung angehender Lehrkräfte in den Vordergrund gestellt, Themenbereiche und Methoden in der Naturwissenschaftsdidaktik auf Gemeinsamkeiten überprüft und so ausgewählt, dass an ihnen exemplarisch für die Biologie- und Chemiedidaktik gearbeitet werden kann. Dabei bewegt sich die universitäre Naturwissenschaftsdidaktik im Spannungsfeld eines internationalen Forschungshintergrunds, moderner fächerübergreifender Unterrichtspraxis und gleichermaßen dem traditionellen fachsystematischen Curriculum an deutschen Schulen. Bei geringer Lernzeit im Studium stellt dies eine große Herausforderung dar. Diesen soll mit Innovationen auf der inhaltlichen und methodischen Ebene sowie neuen Lernmaterialien begegnet werden.

### **Naturwissenschaftsdidaktische Lehr- und Lernmaterialien**

Bei naturwissenschaftsdidaktischen Lehrbüchern spiegelt sich im deutschsprachigen Raum gleichfalls die Fächertradition wieder: Es gibt mehrheitlich Biologie-, Chemie- und Physikdidaktiken. Diese Lehrbücher haben z. T. eine lange Tradition und berücksichtigen daher weniger neue Entwicklungen wie eine standardbasierte und kompetenzorientierte Lehrerbildung (KMK, 2004, 2013). Aufgabenmaterial zum Anwenden und Üben ist in diesen Werken nicht immer vorhanden, auch gibt es keine zusätzlichen online-Angebote, wie sie z. B. bei Fachliteratur mittlerweile gebräuchlich sind. Grundlagenliteratur und Übungsmaterialien für eine fächerübergreifende Naturwissenschaftsdidaktik gibt es bisher nur für die Grundschule/ Mittelstufe bis Jahrgangsstufe 9 (Labudde, 2010). Kompetenzorientierung in der Lehrerbildung bedeutet jedoch nach der Bolognaform ein hohes Maß an Eigenverantwortung für den Lernprozess. Präsenzzeiten sind nur noch in ausgewählten Veranstaltungen und in geringem Maße verpflichtend, das Eigenstudium ist integraler Bestandteil des studentischen Workloads. Letzteres kann möglicherweise erfolgreicher gelingen, wenn den Lehramtsstudierenden geeignete Lern- und Aufgabenmaterialien zur Anwendung und Übung mit geeignetem Feedback zur Verfügung stehen, um theoretische und praktische Aspekte der naturwissenschaftsdidaktischen Lehrveranstaltungen zu erarbeiten und zu vertiefen. Dieses Projekt greift dieses Entwicklungsdefizit auf.

### **Fragestellung**

Die neu entwickelten aufgabenbasierten Lern- und Übungsmaterialien zur Naturwissenschaftsdidaktik werden implementiert und evaluiert. Mit der Evaluation wird einerseits die Akzeptanz und Nutzung sowie andererseits die Wirksamkeit dieser Lern- und Übungsmaterialien im Vergleich zu klassischen Materialien des Selbststudiums (z. B. Lehrtexte aus Fachdidaktiken) überprüft.

### **Material & Methode**

Für das Modul *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik* wurden im SS 13 aufgabenbasierte Lernmaterialien entwickelt. Diese werden nun im WS 13/14 in den Lehrveranstaltungen des Moduls eingesetzt und stehen für das Selbststudium zur Verfügung.

*Inhaltliche Aspekte der Aufgabengestaltung.* Themenbereiche der Naturwissenschaftsdidaktik wurden auf ihr fächerübergreifendes Potential überprüft, diejenigen mit hoher Relevanz für die Biologie- und Chemiedidaktik werden in allen Veranstaltungen des Moduls gemeinsam und kompetenzorientiert unterrichtet. Solche Themenbereiche sind: 1. Kompetenzen, Ziele und ihre Diagnostik im naturwissenschaftlichen Unterricht;

2. Naturwissenschaftliches Arbeiten, Repräsentationen & Kommunikation; 3. Fächerübergreifende Themen und Unterrichtskonzeptionen (z. B. Forschendes Lernen).

*Übungsmaterialien.* Die Lern- und Übungsmaterialien wurden für angehende Lehrkräfte unter Berücksichtigung aktueller Ergebnisse empirischer Bildungsforschung und fachdidaktischer Lehr-Lernforschung gestaltet. Zu solchen Aufgabenformaten gehören:

- Aufgaben mit Lösungsbeispielen (ggf. mit Video- und Audiounterstützung)
- Praxisaufgaben: Fallbeispiele & (Video-)Vignetten
- Take-home-Experimente zum Selbsterproben und für die Schulpraxis
- Kompetenzorientierte Prüfungsaufgaben mit geeigneten Feedbackformaten

Auf der Metaebene sollen diese Aufgabenformate zum (Selbst-)Lernen im Studium angehenden Lehrkräften auch Anregungen für eine sinnvolle Aufgabengestaltung und Übungspraxis in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern der Sekundarstufen geben, um einem stark erarbeitendem Unterricht mit wenigen Übungsphasen gezielt entgegenzuwirken.

*Evaluation.* Die Lernmaterialien werden an zwei Kursen des beruflichen und gymnasialen Lehramts im BA/MA-Studium erprobt (N=23). Geplant ist als summative Evaluation der Einsatz eines Fragebogens zur Akzeptanz und Nutzung der Lernmaterialien sowie der Einsatz der Methode des Lauten Denkens, um zu überprüfen, ob sich qualitative/quantitative Unterschiede im Lernerfolg bei der Bearbeitung von didaktischen Problemstellungen nach dem Lernen mit unterschiedlichen Materialien ergeben. Insbesondere soll hier das Lernen mit Lösungsbeispielen dem Lernen mit Lehrbuchtexten gegenübergestellt werden. Begleitend zur Veranstaltung als formative Evaluation können die Studierenden jederzeit Rückmeldungen zu den behandelten Themen und Lernmaterialien über die TUMinterne Moodle-Plattform geben.

### **Erwartete Ergebnisse**

Erwartet wird gemäß Befunden der Expertiseforschung, dass die aufgabenbasierten Lernmaterialien insbesondere bei Studienanfängern des Lehramts zu einer größeren Akzeptanz und besseren Lernergebnissen führen. Für fortgeschrittene Studierende sollte sich der Effekt des Lernmaterials schwächer auswirken (vgl. Schotz, 2001).

### **Dank**

Dieses Entwicklungs- und Evaluationsprojekt wurde von der TUM im Rahmen des Projekts *TUM: Agenda Lehre (BMBF)* gefördert.

### **Literatur**

- Artelt, C., Baumert J., Klieme E., Neubrand M., Prenzel M., Schiefele U. et al. (2001). PISA 2000: Zusammenfassung zentraler Befunde. <http://www.mpib-berlin.mpg.de/Pisa/ergebnisse.pdf> [14.10.13].
- Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M., Schmitz, B., Clausen, M., Hosenfeld, I., Köller, O., & Neubrand, J. (1997). TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen.
- Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy*. Portsmouth: Heinemann.
- KMK (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. [http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Standards-Lehrerbildung.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf) [14.10.13].
- KMK (2013) Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. [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) [14.10.13].
- Labudde, P. (Hrsg.). (2010). *Fachdidaktik Naturwissenschaft – 1.-9.Schuljahr*. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt.
- Labudde, P. & Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 11-36.
- Mandl, H., Gruber, H., & Renkl, A. (2002). Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In Issing, L.J. & Klimsa, P. (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia*, 3. Aufl., Weinheim: Beltz, 139-150.
- Reinhold, P., & Bünder, W. (2001). Stichwort: Fächerübergreifender Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 4(3), 333-357.
- Schnotz, W. (2001). Lernen aus Beispielen: Ein handlungstheoretischer Rahmen (Kommentar). *Unterrichtswissenschaft*, 29(19), 88-95.

## Potenzial und Grenzen von fächerübergreifendem NaWi-Unterricht – aus Perspektive der Lehrenden –

### Naturwissenschaftliche Verbundfächer in Deutschland

Nicht erst mit den Analysen der TIMSS- und PISA-Resultate wird für den naturwissenschaftlichen Unterricht eine stärkere horizontale Vernetzung gefordert (vgl. Deutscher Bildungsrat, 1969, S. 53, S. 61f.; Kremer & Stäudel, 1997, S. 60). Dieser Forderung folgend reagierten viele Bundesländer in den vergangenen Jahren mit der Implementierung von Verbundfächern in der Orientierungsstufe der Sekundarstufe I, in denen die drei Bezugsdisziplinen Biologie, Chemie und Physik in einem Fach integriert sind (vgl. Graube, Mammes & Tuncsoy, 2013, 177). Auch hinsichtlich der höheren Jahrgangsstufen des gymnasialen Sekundarbereichs reagierten die bildungspolitischen Entscheidungsträger der Bundesländer mit einer Erhöhung des Stellenwerts fächerübergreifenden NaWi-Unterrichts. Dabei zeichnen sich zwei Wege ab. (a) In der Mehrheit der deutschen Schulsysteme wurde die Verankerung von fächerübergreifendem NaWi-Unterricht in den curricularen Vorgaben der bereits bestehenden traditionellen Disziplinen verstärkt, wobei z. T. auch naturwissenschaftlich-technische Lernbereiche mit gesellschaftswissenschaftlichen Disziplinen wie Wirtschaft und Arbeit in eigenen Fächern gekoppelt wurden. (b) Baden-Württemberg, Thüringen u. a. perpetuieren einen fächerübergreifenden naturwissenschaftlich-technischen Unterricht in höheren Jahrgangsstufen in einem eigenen Fach (vgl. Tabelle 1).

Tab. 1: Fächer und Lernbereiche mit naturwissenschaftlichen, technischen und informatischen Inhalten in den Jahrgangsstufen 8-10 am Gymnasium, Stand: September 2013 (Datengrundlage: curriculare Vorgaben der jeweiligen Bundesländer)

		Bundesländer															
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
Jahrgangsstufe	8	C/P/B NwT <sup>1</sup> ITG	C/P/B	C/P/B SE <sup>1</sup> ITG	C/P/B WAT	C/P/B WAT	C/P/B NuT <sup>1,3</sup> INF <sup>1</sup>	C/P/B	C/P/B AWT INF	C/P/B	C/P/B	C/P/B INF <sup>1</sup>	C/P	C/P/B NP <sup>1</sup> INF	C/P/B PC <sup>1</sup> IKG	P/B NW <sup>4</sup> AI <sup>2</sup>	C/P/B
	9	C/P/B NwT <sup>1</sup> ITG	C/P/B INF	C/P/B SE <sup>1</sup> INF <sup>1</sup>	C/P/B NW <sup>1,2</sup> WAT Ast <sup>1</sup> INF <sup>1</sup>	C/P/B WAT	C/P/B NuT <sup>1,3</sup> INF <sup>1</sup>	C/P/B	C/P/B Ast AWT INF	C/P/B	C/P/B	C/P INF <sup>1</sup>	C/P/B	C/P/B NP <sup>1</sup> IB <sup>2</sup>	C/P/B IKG T <sup>1</sup> Ast <sup>1</sup>	C/P/B NW <sup>4</sup> AI <sup>2</sup>	C/P/B NWuT <sup>1</sup> INF <sup>1</sup>
	10	C/P/B NwT <sup>1</sup> ITG	C/P/B INF	C/P/B SE <sup>1</sup> INF <sup>1</sup>	C/P/B NW <sup>1,2</sup> WAT Ast <sup>1</sup> INF <sup>1</sup>	C/P/B WAT	C/P/B NuT <sup>1,3</sup> INF <sup>1</sup>	gO: C/P/B	C/P/B Ast AWT INF	C/P/B	gO: C/P/B	C/P/B INF <sup>1</sup>	gO: C/P/B T <sup>1</sup> INF <sup>1</sup>	C/P/B NP <sup>1</sup> IB <sup>2</sup>	C/P/B INF <sup>1</sup> T <sup>1</sup> Ast <sup>1</sup>	C/P/B NW <sup>4</sup> AI <sup>2</sup>	C/P/B NWuT <sup>1</sup> INF <sup>1</sup>

C/P/B/T = Chemie/Physik/Biologie/Technik, NWuT = Naturwissenschaften und Technik, NwT = Naturwissenschaft und Technik, NuT = Natur und Technik (BY, Jgst. 5 bis 7), NW = Naturwissenschaften (BB, Jgst. 7 bis 10), NP = Naturwissenschaftliches Profil, SE = System Erde, IKG = Informations- und kommunikationstechnische Grundbildung, ITG = Informationstechnische Grundbildung, INF = Informatik, PC = Einführung in die Arbeit am PC, WAT/AWT = Wirtschaft Arbeit Technik, bioT = biologische Techniken, IB = informatische Bildung, AI = angewandte Informatik, gO = Einstiegsphase der gymnasiale Oberstufe mit Kurswahl, <sup>1</sup>Wahlpflichtfach, <sup>2</sup>Angebot erfolgt nach Beschluss der Schulkonferenz, <sup>3</sup> an Stadtteilschulen, <sup>4</sup>an Gesamtschulen

### Fächerübergreifender NaWi-Unterricht in Thüringen

In Thüringen wurde das Wahlpflichtfach „Naturwissenschaften und Technik“ (NWuT) für die Jahrgangsstufe 9/10 der gymnasialen Sekundarstufe I zum Schuljahr 2013/14 implementiert. Hauptziel ist die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (vgl. TMBWK, 2013, S. 5). NWuT-Lehrende sind als operative Akteure mit ihrer Fächersozialisation (Ch, Ph, Bio u.a.), ihrem Engagement, ihren Erfahrungen, Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartungen von zentraler Bedeutung für die erfolgreiche Einführung des

Faches. Fachdidaktische Beiträge zu fächerübergreifendem NaWi-Unterricht stellen ihren Ausführungen fast unisono soziologische und konstruktivistische Notwendigkeitsbegründung voran. Dennoch zeigten Einzelgespräche mit thüringer NaWi-Lehrenden größtenteils skeptische bis ablehnende Haltungen gegenüber dem zu implementierenden Fach. Im Herbst 2013 ist daher die Durchführung einer landesweiten Fragebogenstudie zum fächerübergreifenden NaWi-Unterricht geplant. Ziel dieser Studie ist die Modellierung eines empirisch gestützten Meinungsspektrums von Lehrenden des naturwissenschaftlichen Bereichs der gymnasialen Sekundarstufe I zum Potenzial und den Grenzen fächerübergreifenden NaWi-Unterrichts.

### Fragebogendesign

Da die Einführung eines neuen Unterrichtsfaches immer verschiedene Handlungsebenen von Schule schneidet, wurden zur Generierung der Items drei Ebenen vorgelegt, die den Feldern der Schulentwicklungsforschung entsprechen: (1) Makro-, (2) Meso- und (3) Mikroebene von Schule (Holtappels, 2005, S. 30). Der Fragebogen besteht aus 32 Items mit 5-stufigen Likert-Skalen (stimmt genau – stimmt nicht) und erfasst sozialstatistische Angaben und Angaben zu Lehrbefähigungen.

(1) Die Makroebene als Ebene des Bildungssystems schafft über Reglementarien und Gesetze die institutionellen Rahmenbedingungen von Schule. Für die Fragebogenstudie interessante Fragen sind, inwieweit aus Sicht der Lehrenden das Fach NWuT einen Beitrag zur allgemeinen Kompetenzentwicklung im gymnasialen Bildungsgang leistet (vertiefte Allgemeinbildung, wissenschaftspropädeutische Bildung) und welche Stellung dem Fach innerhalb des naturwissenschaftlichen Fächerkanons zukommen sollte (vgl. Abbildung 1).

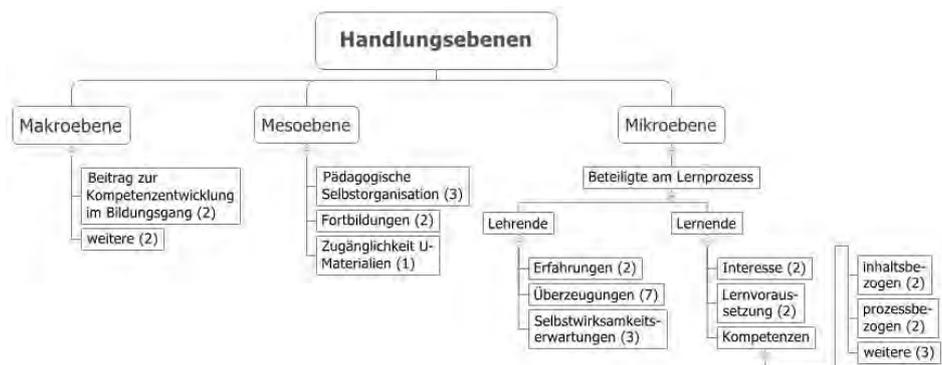


Abb. 1: Struktur des Fragebogens. Anzahl generierter Items in Klammer

(2) Auf der Mesoebene, der Ebene der Einzelschule als Handlungseinheit, interessieren v. a. schulinterne Handlungsabläufe. Im Mittelpunkt stehen hier Fragen zur pädagogischen Selbstorganisation, dem Zugang zu Unterrichtsmaterialien und dem Fortbildungsverhalten der Lehrenden.

(3) Auf der Mikroebene, der Ebene des Unterrichts, wurden 23 Items entwickelt, die sich sowohl auf die Lernenden und als auch auf die Teilnehmer dieser Fragebogenstudie selbst beziehen. Items unter der Kategorie Lehrende stellen ab auf die Erfahrung mit fächerübergreifendem Unterricht, die selbstbezogenen Überzeugungen hinsichtlich des professionellen Lehrwissens sowie Selbstwirksamkeitserwartungen hinsichtlich der zu erwartenden Herausforderungen, die die Einführung von NWuT mit sich bringt. Unter der Kategorie Lernende sind Einschätzung zur Steigerung von Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen, zu Lernvoraussetzungen für das Fach NWuT sowie Einschätzungen zur Förderung von inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen zugeordnet.

### Gesamtprojekt

Die Studie ist Teil eines Promotionsprojekts zur wissenschaftlichen Begleitung der Erprobungsphase des Unterrichtsfachs NWuT in Thüringen. Die Entwicklung und Erprobung binnendifferenzierender Lernmaterialien ist ein wesentlicher Bestandteil des Projekts. Dabei sind vor allem die Fragen zu klären, inwieweit ein fächerübergreifender Unterricht geeignet ist, das Interesse der Lernenden an naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu erhöhen und welchen Beitrag binnendifferenzierende Lernmaterialien zur Förderung der naturwissenschaftlichen Teilkompetenzen „naturwissenschaftliche Fragen identifizieren“, „naturwissenschaftliche Phänomene erklären“ sowie „naturwissenschaftliche Evidenz nutzen“ (vgl. Rönnebeck et al., 2010, S. 179) leisten. Zur Sicherung der Praxisnähe orientiert sich die Vorgehensweise an den Ideen der partizipativen Aktionsforschung. Dazu werden alle am Lernprozess Beteiligten (Lehrende und Lernende der Partnerschulen in Jena und Erfurt) in die Planungs-, Entwicklungs-, Erprobungs- und Evaluationsphase mit einbezogen. Zur Sicherung der Validität der Forschungsergebnisse wird die Erprobungsphase mithilfe einer Kombination an Forschungsmethoden wissenschaftlich begleitet: Fragebögen, standardisierte Beobachtungen, Videografie, problemzentrierte Interviews. Abbildung 2 konkretisiert die Vorstudie des Projekts, welche im Herbst 2013 beginnen soll. Für die Hauptstudie ist der Zeitraum von September 2014 bis Juli 2015 angesetzt.



Abb. 2: Ablauf der Vorstudie (September 2013 bis Juli 2014)

### Literatur

- Deutscher Bildungsrat (1969). Einrichtung von Schulversuchen mit Gesamtschulen. Empfehlungen der Bildungskommission, Bonn: Deutscher Bildungsrat.
- Graube, G., Mammes, I., Tuncsoy, M. (2013). Natur und Technik in der gymnasialen Orientierungsstufe. Zur Notwendigkeit eines interdisziplinären Ansatzes, MNU, 66(3), 176-177.
- Holtappels, H. G. (2005). Bildungsqualität und Schulentwicklung, In H. G. Holtappels & K. Höhmann (Hrsg.), Schulentwicklung und Schulwirksamkeit. Systemsteuerung, Bildungschancen und Entwicklung der Schule, Weinheim/München: Juventa Verlag, 27-47.
- Kremer, A., & Stäudel, L. (1997). Zum Stand des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Bundesrepublik Deutschland. Eine vorläufige Bilanz, ZfDN, 3(3), 52-66.
- Rönnebeck, S., Schöps, K., Prenzel, M., Mildner, D., & Hochweber, J. (2010). Naturwissenschaftliche Kompetenz von PISA 2006 bis PISA 2009, In E. Klieme, C. Artelt, J. Hartig, N. Jude, O. Köller, M. Prenzel, W. Schneider & P. Stanat, P. (Hrsg.), PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt, Münster/New York/München/Berlin: Waxmann, 177-198.
- TMBWK – Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (2013). Lehrplan für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife. Wahlpflichtfach. Naturwissenschaften und Technik. Erprobungsfassung. 2013, [http://thillm.rz.tu-ilmnau.de/get.aspx?mid=3702&did=22300&file=Neu\_LP\_WPF\_NWuT\_GY\_18\_06\_2013\_TMBWK\_End\_Fsg.pdf&usage=2&sid=2d644d2d-d265-4757-851d-f5ecc1c5924e], 09.10.2013.

## **Professionsbezogene Einstellungen von Studierenden des Grundschullehramts zum Fach „Integrierte Naturwissenschaften“**

### **1 Einleitung**

Folgt man der „Theory of Planned Behavior“ (Ajzen, 2012), dann prägen unsere Einstellungen unser Verhalten. Demzufolge müsste das Unterrichtsverhalten eines Lehrers/einer Lehrerin von professionsbezogenen Einstellungen – z. B. von seinen/ihren Einstellungen bzgl. integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts – beeinflusst sein. So gesehen ist nach Ajzen (2012) davon auszugehen, dass je positiver bzw. aufgeschlossener z. B. ein Lehrer/eine Lehrerin diesem Konzept gegenüber eingestellt ist, desto wahrscheinlicher wird er oder sie im Sinne dieser Unterrichtskonzeption Naturwissenschaften integriert unterrichten. Mit Blick auf die wissenschaftliche Begleitung der Einführung des Studienfachs „Integrierte Naturwissenschaften“ an der FU Berlin (Bolte & Ramseger, 2012) und dessen Evaluation lag es daher nahe, u. a. professionsbezogene Einstellungsentwicklungen zum Unterricht im Fach Integrierte Naturwissenschaften auf Seiten der Studierenden zu untersuchen.

### **2 Theoretische Grundlagen**

Um professionsbezogene Einstellungen von angehenden Lehrer/-innen zum Fach Integrierte Naturwissenschaften zu rekonstruieren, nutzen wir neben der „Theory of Planned Behavior“ (s.o.) das Modell der „Stages of Concern (SoC)“ von Hall und Hord (2011). Mit Hilfe des SoC-Modells ist es möglich, Einstellungen und Bedenken (sog. „concerns“) von angehenden Lehrer/-innen zum Fach Integrierte Naturwissenschaften zu analysieren und Entwicklungen von Einstellungsveränderungen nachzuzeichnen (Schneider & Bolte 2012). Das SoC-Modell prognostiziert, dass (angehende) Lehrer/-innen im Laufe der Implementierung von Innovationen sieben verschiedene „Stages of Concern (SoC)“ durchlaufen:

1. SoC A: „Bewusstsein“,
2. SoC B: „Informationsbedürfnis“,
3. SoC C: „Persönliche Betroffenheit“,
4. SoC D: „Aufgabenmanagement“,
5. SoC E: „Auswirkungen auf Lernende“,
6. SoC F: „Kooperationsbereitschaft“ und
7. SoC G: „Optimierung/Revision“ (Hall & Hord, 2011).

Des Weiteren sind mit Hilfe des SoC-Modells spezifische Einstellungsprofile identifizierbar, die als SoC-Profile bezeichnet werden, z.B. das SoC-Profil „Kooperierer“, das SoC-Profil „Gegner“ oder das SoC-Profil „Non-User“ (Bitan-Friedlander, Dreyfus & Milgrom 2004; Hall & Hord, 2011). Die Bestimmung der Ausprägung der einzelnen SoC-Skalen und die Rekonstruktion der jeweiligen SoC-Profile zu verschiedenen Zeitpunkten auf Seiten derer, die das Studienfach Integrierte Naturwissenschaften gewählt haben, müssten also Auskunft darüber geben, wie es um die professionsbezogenen Einstellungen dieser Personen bestellt ist und wie sich ihre professionsbezogenen Einstellungen im Verlauf des Studiums entwickeln.

Um einen normativen Bezugspunkt für die Interpretation unserer Befunde zu erhalten, planen wir außerdem, die Studierenden mit Hilfe des SoC-Fragebogens zu untersuchen, die ebenfalls das Fach Grundschulpädagogik als Kernfach studieren, die aber ein anderes Begleitfach (also *nicht* das Studienfach „Integrierte Naturwissenschaften“) gewählt haben. Unsere Forschungsfrage lautet daher: *Welches SoC-Profil zeigen die Studierenden, die das*

Studienfach Integrierte Naturwissenschaften (nicht) gewählt haben, und welche Veränderungen zeigt das Profil dieser Studienkohorte(n) im Verlauf des Studiums?

### 3 Methode und Design

Um einen Einblick in die professionsbezogenen Einstellungen zu erhalten, adaptieren wir einen deutschsprachigen SoC-Fragebogen (Schneider & Bolte, 2011; in Anlehnung an Pant, Vock, Pöhlmann & Köller, 2008 sowie Hall & Hord, 2011). Die für diese Untersuchung modifizierte SoC-Fragebogen-Version fokussiert auf angehende Grundschul-Lehrer/-innen und auf „Integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht“. Wie von Hall und Hord (2011) vorgeschlagen, ist jedem Item eine siebenstufige Rating-Skala (von 1: „trifft zurzeit gar nicht auf mich zu“ bis 7: „trifft zurzeit völlig auf mich zu“) zugewiesen. Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit, die Kategorie 0: „zurzeit nicht relevant“ anzukreuzen. Das Design unserer wissenschaftlichen Begleitforschung sieht vor, diesen Fragebogen zu verschiedenen Messzeitpunkten (MZP) in der Interventions- und in einer Kontrollgruppe einzusetzen. Die Studienveranstaltungen, die diese Studierenden besuchen, fassen wir als Intervention auf.

Neben dem skizzierten Design sieht unser Forschungskonzept eine Längsschnittuntersuchung vor, wobei wir drei Messzeitpunkte (MZP) und zwei Studien-Kohorten (die Studienjahrgänge 2011/12 und 2012/13) anvisieren. Der jeweils erste MZP ist zu Beginn des Studiums angesetzt (Okt./Nov. eines Jahres), der zweite ist zum Ende des 2. Semesters anberaumt (Juni/Juli eines Jahres), die dritte Erhebung ist zum Ende des 4. Semesters vorgesehen (Juni 2013 bzw. 2014). Hinsichtlich beider Untersuchungskohorten planen wir *alle* Studierende der Grundschulpädagogik des jeweiligen Jahrgangs in die Studie einzubinden.

Für beide Untersuchungsgruppen und für jede SoC-Skala berechnen wir die jeweiligen Skalen-Mittelwerte. Durch das gemeinsame Auftragen der jeweils sieben zu unterscheidenden Skalen-Mittelwerte und durch das Verbinden der Punkte durch Linien erhalten wir die Einstellungsprofile der beiden zu untersuchenden Gruppen.

### 4 Empirie

Im Folgenden konzentrieren wir uns auf die Analysen von zwei Jahrgangskohorten<sup>1</sup> zu zwei Messzeitpunkten (MZP1 und MZP2). Abbildung 1 zeigt die SoC-Profile der Interventionsgruppe (IG) und die der Kontrollgruppe (KG) zu den beiden Messzeitpunkten. Für die Analysen der SoC-Profile wurden nur die Daten der Studierenden berücksichtigt, die jeweils an beiden Daten-Erhebungen teilgenommen haben ( $N_{IG}=38$ ;  $N_{KG}=76$ ).

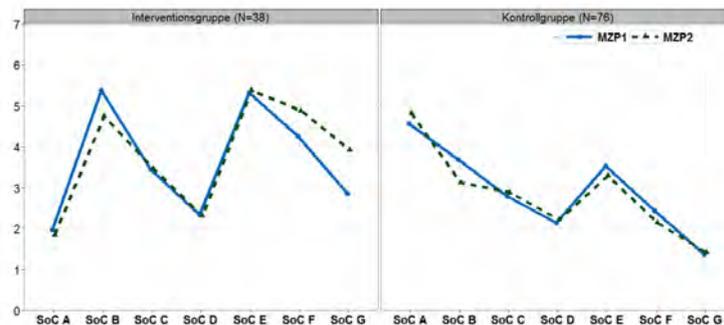


Abb. 1: SoC-Profile der Interventionsgruppe (links) und der Kontrollgruppe (rechts) zu MZP 1 (Okt./Nov. 2011 und 2012) und MZP 2 (Juni/Juli 2012 und 2013)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Die stichprobenspezifischen Analysen zu MZP1 zeigten, dass die Ergebnisse der beiden Interventionsgruppen (IG) wie auch die der beiden Kontrollgruppen (KG) zusammengefasst werden können.

<sup>2</sup> Zur Benennung der SoC-Skalen siehe Kap. 2. Achtung: Hinsichtlich der Skala SoC A „Bewusstsein“ ist zu beachten, dass hier ein kleiner Skalenmittelwert ein ausgeprägtes Bewusstsein zum Ausdruck brächte.

## 5 Diskussion und Ausblick

Auf Seiten der Interventionsgruppe ist zu beiden Messzeitpunkten (MZP1 und MZP2) ein SoC-Profil zu identifizieren, das einen M-förmigen Verlauf zeigt. Dieses Profil zeigte sich bereits in anderen Studien (z. B. Pant et al., 2008; Schneider & Bolte, 2012). Personen bzw. Personengruppen, die dieses SoC-Profil aufweisen, werden als „Kooperierer“ bezeichnet. Darüber hinaus wird deutlich, dass bei den Studierenden der Interventionsgruppe, die zum MZP 2 bereits Erfahrungen mit dem Fach Integrierte Naturwissenschaften sammeln konnten, das Informationsbedürfnis (SoC B) erkennbar gesunken ist und dass in dieser Gruppe die Bereitschaft gewachsen ist, mit anderen Studierenden zu kooperieren (SoC F). Die Veränderung bzgl. der Skala SoC G (Optimierung/Revision) deutet darauf hin, dass die Studierenden des Faches Naturwissenschaften anscheinend Kenntnisse darüber gewonnen haben, wie man integrierten, naturwissenschaftlichen Unterricht optimieren könnte. – Entwicklungen, wie diese, sind laut Hall und Hord (2011) als positiv zu beurteilen; im Verlauf des ersten Studienjahres ist offensichtlich das Bedenken hinsichtlich der SoC-Skala B gesunken und die Handlungsintentionen hinsichtlich der SoC-Skalen F und G angestiegen.

Ein Blick auf das SoC-Profil der Kontrollgruppe zeigt, dass es sich bei diesem Profil nicht um den typischen Verlauf eines 'Kooperierers' handelt. Das Profil der Kontrollgruppe unterscheidet sich (statistisch signifikant) in vielen Fällen von dem der Interventionsgruppe.

Der Vergleich der beiden SoC-Profile verdeutlicht, dass die Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht sichtlich positiver zugewandt und offener gegenüber eingestellt ist, da insbesondere der Mittelwert der SoC-Skalen A in der Interventionsgruppe (statistisch signifikant) positiverer ausgeprägt ist. Auch die Bedenken hinsichtlich der Auswirkung des Konzepts auf die Lernenden (SoC-Skala E) und die Bereitschaft zur Kooperation (SoC-Skala F) sind bei der Interventionsgruppe (in statistisch signifikanter Weise) unterschiedlich ausgeprägt und positiver konnotiert als die der Kontrollgruppe.

Fassen wir unsere Ergebnisse zusammen, so kann konstatiert werden, dass es im Rahmen des Studiums im Studienfach "Integrierte Naturwissenschaften" allen Anschein nach gelungen ist, ein Studienprogramm anzubieten, das professionsbezogene Einstellungen der Studierenden in positiver Weise verändert hat. Die Einstellungsprofile auf Seiten der Studierenden, die Naturwissenschaften ausschließlich im Rahmen des Lernbereichs Sachunterricht absolvieren, erachten wir als kritisch.

## Danksagung

Dieses Forschungsprojekt wird von der Deutschen Telekom Stiftung im Rahmen ihres Projekts „Hochschulwettbewerb MINT-Lehrerbildung“ gefördert.

## Literatur

- Bolte, C., & J. Ramseger (2012). „Integrierte Naturwissenschaftliche Bildung“ als Studienfach. NiU - Chemie. Velber: Pädagogischer Zeitschriften Verlag bei Friedrich, 23(130/131), 92-94.
- 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), 607–619.
- Hall, G. E., & S.M. Hord (2011). *Implementing change: Patterns, principles, and potholes* (3. ed.). Pearson Education.
- Pant, H. A., Vock, M., Pöhlmann, C., & Köller, O. (2008). Offenheit für Innovationen. Befunde aus einer Studie zur Rezeption der Bildungsstandards bei Lehrkräften und Zusammenhänge mit Schülerleistungen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(6), 827-845.
- Schneider, V., & Bolte, C. (2011). *Stages of Concern-Fragebogen*. FUB: Berlin.
- Schneider, V., & Bolte, C. (2012). Professional Development regarding Stages of Concern towards Inquiry-Based Science Education. In C. Bolte, J. Holbrook & F. Rauch (Hrsg.). (2012). *Inquiry-based Science Education in Europe: First Examples and Reflections from the PROFILES Project*. University of Klagenfurt (Austria), 71-74.

## **Naturwissenschaftliche Grundbildung in der LehrerInnenbildung**

### **Ausgangslage**

Aktuell wird in verschiedenen Bundesländern über einen integrativen naturwissenschaftlichen Unterricht (z.B. NaWi, NWT, etc.) diskutiert bzw. dieser eingeführt. Dieses bringt neue Herausforderungen für Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer mit sich. Zum einen stehen diese vor der Herausforderung, im integrativen naturwissenschaftlichen Unterricht nun nicht nur Aspekte der eigenen Disziplin, sondern auch die anderer naturwissenschaftlicher Fächer (die sie in der Regel nicht studiert haben) zu vermitteln; zum anderen ihren Unterricht anhand fachübergreifender Kontexte zu gestalten. Als Konsequenz aus den zu beobachtenden Unsicherheiten und Defiziten (oder zumindest selbst wahrgenommenen Defiziten) erscheint es daher verstärkt notwendig, zukünftige Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer für die Planung und Umsetzung entsprechender Unterrichtssequenzen zumindest grundsätzlich vorzubereiten.

Zum Wintersemester 2013/14 werden an der Universität Flensburg neue Studiengänge für das Lehramt an Grundschulen und das Lehramt an Gemeinschaftsschulen (Sek I) eingeführt. In diesen Studiengängen bildet das interdisziplinäre Arbeiten über alle Fächer hinweg ein zentrales Element. Im Zuge der Neuordnung der Lehramtsstudiengänge wurde an der Universität Flensburg ein optional wählbares interdisziplinäres Modul „Naturwissenschaftliche Grundbildung“ entwickelt. Hierdurch können Lehramtsstudierende der Fächer Biologie, Chemie oder Physik auf die oben genannten neuen Herausforderungen eines integrativen naturwissenschaftlichen Unterrichts gezielter vorbereitet werden bzw. die auch bei diesen zu beobachtenden Unsicherheiten reduziert werden.

### **Ziele des Moduls „Naturwissenschaftliche Grundbildung“**

Im Rahmen des Moduls erscheint die Behandlung von drei Themenbereichen konstitutiv: Zum ersten ist es notwendig, dass sich die Studierenden übergreifend mit dem Bereich Nature of Science auseinandersetzen, um das eigene und fremde Bild von Naturwissenschaften (und den Spezifika der naturwissenschaftlichen Teildisziplinen) reflektieren zu können. Gleichzeitig sollen sie in die Lage versetzt werden, sich wesentliche Fragen zu dem, was Naturwissenschaften kennzeichnen, erarbeiten zu können. Zum zweiten erscheint es notwendig, die Studierenden gezielt auf das Arbeiten an fachübergreifenden Themenstellungen vorzubereiten. Die Studierenden sollen Gelegenheit erhalten, die ihnen vertraute Fachdisziplin, deren Inhalte und Methoden in fachübergreifenden Themenstellungen zu entdecken und die ihnen bekannten Begriffe, Vorstellungen und Theorien der eigenen Fachdisziplin aus anderen Perspektiven zu reflektieren. Zum dritten erscheint es notwendig, dass die Studierenden einen Einblick in die anderen naturwissenschaftlichen Fächer erhalten und deren grundlegenden Ideen, Konzepte und Zugangsweisen kennenlernen. Verbunden damit ist die aus fachdidaktischer Perspektive wesentliche Thematisierung der jeweiligen Präkonzepte. Dabei ist es selbstverständlich, dass die Studierenden innerhalb des Moduls nicht die Kompetenzen eines entsprechenden Teilstudiums im Bereich der Lehrerbildung erwerben können. Dieses ist nicht Ziel des Moduls; vielmehr sollen die Studierenden einen exemplarischen Einblick in die anderen Fächer erhalten und dadurch Ängste und Hemmschwellen (auch im Hinblick auf ein Arbeiten mit Kolleginnen und Kollegen dieser Fächer) abgebaut werden.

Insofern besteht ein zentrales Ziel dieses Moduls darin, dass die Studierenden die Kompetenz erwerben, grundlegende Strukturen des eigenen Faches gegenüber Personen mit

anderen naturwissenschaftlich-technischen Schwerpunkten darzustellen. Hierzu ist es erforderlich, über Kenntnisse grundlegender wissenschaftstheoretisch begründeter Herangehensweisen im eigenen und in den anderen Fächern zu verfügen. Die Studierenden lernen spezifische Zugangsweisen der anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen in exemplarischer Weise kennen. Die Studierenden erwerben die Kompetenz, ihnen geläufige Herangehensweisen vor dem Hintergrund ausgewählter Basiskonzepte anderer Fächer zu reflektieren.

### Konzeption des Moduls „Naturwissenschaftliche Grundbildung“

Das Modul hat einen Umfang von 10 ECTS und besteht aus drei Teilmodulen. Die Veranstaltungen des Moduls erstrecken sich auf die Vorlesungszeit als auch auf die vorlesungsfreie Zeit (siehe Abbildung 1).

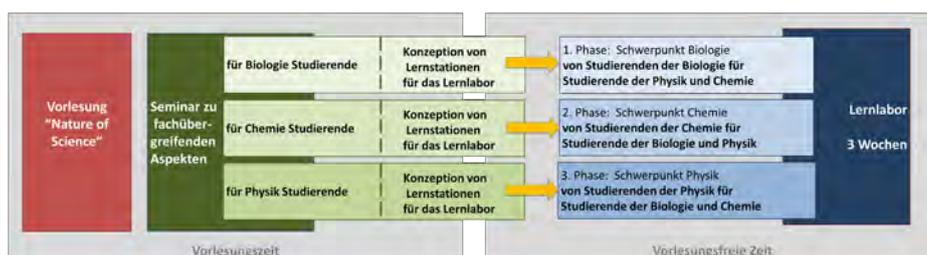


Abb. 1: Struktur des Moduls „Naturwissenschaftliche Grundbildung“

#### • Teilmodul „Nature of Science“

Das Teilmodul umfasst eine Veranstaltung im Umfang von 3 ECTS, die in der Vorlesungszeit angeboten wird. Hierbei wird zunächst eine überblicksartige Einführungsvorlesung in den Bereich Nature of Science gegeben; diese wird dann an verschiedenen Fallstudien (etwa zu Beri-beri, zur „Entdeckung“ des Sauerstoffs oder zur historischen Entwicklung von Modellen im Bereich Astronomie und Atomvorstellung) in Seminarform entsprechend vertieft. Ebenso werden auch spezifische Aspekte aus der in den jeweiligen Disziplinen etablierten Fachdidaktiken thematisiert und verglichen, um so neben Aussagen zu Naturwissenschaften und ihren Eigenschaften auch Spezifika der einzelnen Disziplinen zu thematisieren.

#### • Teilmodul „Fachübergreifende Aspekte in den Naturwissenschaften“

Im Seminar, das ebenfalls 3 ECTS umfasst, erfahren die Studierenden konkret, wie exemplarisch ausgewählte Themen aus unterschiedlichen Fachperspektiven beschrieben und geklärt werden können (Beispiele: Atomkonzept aus der Sicht der Chemie und der Physik, Sinneswahrnehmung aus der Sicht der Biologie und der Physik, Ökosysteme aus Sicht der Biologie und der Chemie). Die offen gelegten, disziplinär unterschiedlichen Zugangsweisen zu ausgewählten Themen heben den aspekthaften Charakter eines Faches hervor. Hiermit wird die Diskussion der Perspektiven im Hinblick auf interdisziplinäre Unterrichtssequenzen im Rahmen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung angestrebt. Dieses Seminar dient darüber hinaus dazu, dass die Studierenden die sich anschließende Blockphase des Lernlabors vorbereiten.

#### • Teilmodul „Lernlabor“

Das Lernlabor umfasst 4 ECTS und wird geblockt über 3 Wochen in der vorlesungsfreien Zeit angeboten. In diesem Teilmodul fungieren die Studierenden als Expertinnen und Experten ihres (studierten) Fachs.

Es wird jeweils zumindest eines der zentralen Basiskonzepte der beteiligten Fächer thematisiert. Hierbei können die Studierenden der jeweils anderen Fächer konkret mit diesen Konzepten arbeiten. Eckpunkte für die Veranstaltungsform sind a) hoher Praxisanteil und b) Studierende des eigenen Faches als ExpertInnen bei der Vermittlung von Basiskonzepten. Dies ist möglich, wenn die Veranstaltung Lernstationen oder Lernzirkel in den Mittelpunkt stellt. In den ersten vier Tagen können die Stationen unter Betreuung durch die Fachstudierenden bearbeitet werden. Am Ende jedes Blocks (fünfter Tag) erfolgt eine Reflexion.

### Erste Erfahrung und Evaluation

Im Sommersemester 2013 wurde das Modul erstmals als freiwillige Wahlveranstaltung für Studierende der bisherigen Bachelor- und Masterstudiengänge erprobt. Es haben insgesamt 18 Studierende teilgenommen. Sowohl die Teilmodule wie auch das gesamte Modul wurden mit Fragebögen evaluiert. Dabei zeigte sich, dass das Modul insgesamt sehr positiv wahrgenommen wurde, auf einer elfstufigen Skala von 0-100 ergab sich folgende Einschätzung:

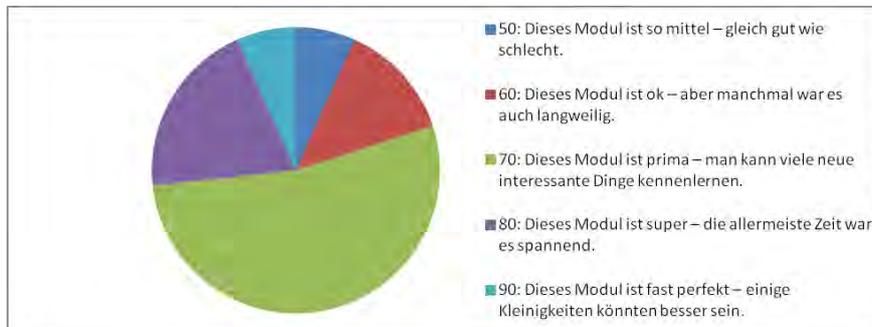


Abb. 2: Evaluation des Gesamtmoduls „Naturwissenschaftliche Grundbildung“

In den Ergebnissen zeigt sich, dass vor allem die experimentelle Arbeit im Lernlabor sehr positiv wahrgenommen wurde und Ängste in Hinblick auf das Experimentieren in den nicht studierten naturwissenschaftlichen Fächern abgebaut werden konnten.

Als Verbesserungspotential wurde insbesondere vorgeschlagen, dass die Studierenden auf die fachfremden Lernlabore inhaltlich Einfluss nehmen können wollen. Insgesamt kann der Ansatz als erfolgreich aus der Sicht der teilnehmenden Studierenden gesehen werden.

### Ausblick

In den nächsten Semestern soll das Modul „Naturwissenschaftliche Grundbildung“ zunächst regelmäßig als Wahlmodul angeboten werden. Zukünftig ist es als Wahlpflichtmodul der im Wintersemester 2013/14 startenden lehrerbildenden Studiengänge im fünften Semester des Bachelorstudiengangs verankert.

Der Fragestellung nach der Förderung der Studierenden in Hinblick auf Kompetenzen sowie affektive Faktoren soll in weiteren formativen Evaluationen nachgegangen werden.

Anke Schürmann<sup>1</sup>  
 Vincent Schneider<sup>1</sup>  
 Manja Erb<sup>1,2</sup>  
 Claus Bolte<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Freie Universität Berlin  
<sup>2</sup>Schiller-Gymnasium Berlin

## **Kompetenzen von Studierenden im Bereich „naturwissenschaftliches Arbeiten“**

### **Einleitung**

Im Wintersemester 2011/12 wurde an der Freien Universität Berlin (FUB) das neue Studienfach „Integrierte Naturwissenschaften“ als (60 LP umfassendes) Zweitfach innerhalb des Bachelor-Studiengangs Grundschulpädagogik eingeführt (Bolte & Ramseger, 2012; FUB, 2011). Mit Blick auf Berlin wurde mit der Etablierung dieses neuen Studienfachs eine Lücke in der universitären Lehramtsausbildung geschlossen: Denn obwohl das Unterrichtsfach Integrierte Naturwissenschaften in den Jahrgangsstufen 5 und 6 bereits im Schuljahr 2004/05 verbindlich für alle Berliner Schulformen eingeführt worden war, gab es in der universitären Lehramtsausbildung bisher kein entsprechendes Studienangebot, das die Studierenden für dieses Unterrichtsfach qualifiziert hätte. Ziel der Projektgruppe MINT-Lehrerbildung an der FUB war und ist es dementsprechend, mit dem Studienfach „Integrierte Naturwissenschaften“ ein Angebot zu schaffen, das die Lehramtsstudierenden berufsfeldorientiert qualifizieren soll, das Fach Naturwissenschaften in den Jahrgangsstufen 5-10 integriert unterrichten zu können (Bolte & Ramseger, 2012; FUB, 2011).

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitforschung zur Einführung dieses Studienfachs untersucht eine Arbeitsgruppe der Didaktik der Chemie der FUB in einer im Längsschnitt geplanten Studie zwei ausgewählte Aspekte der Professionalisierung von Studierenden des Grundschullehramts mit bzw. ohne Studienfach „Integrierte Naturwissenschaften“. Zum einen untersuchen wir Kompetenzentwicklungen auf Seiten der Studierenden bzgl. ausgewählter naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen (Scientific Inquiry), zum anderen versuchen wir, professionsbezogene Einstellungen von Studierenden systematisch nachzuzeichnen (vgl. Schneider, Schürmann & Bolte, in diesem Band).

### **Theorie**

Von den vier Kompetenzbereichen, die in den nationalen Bildungsstandards für die Fächer Biologie, Chemie und Physik genannt sind (KMK, 2007), konzentrieren wir uns in unserem Forschungsprojekt auf den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung mit dem Schwerpunkt des naturwissenschaftlichen Arbeitens.

Während die nationalen Bildungsstandards den verbindlichen Rahmen für den Mittleren Bildungsabschluss festlegen, fehlen bisher verbindliche Standards für den Übergang zwischen den Jahrgangsstufen 4/5 bzw. 6/7 (KMK, 2007). Die im Berliner Rahmenlehrplan für das Fach Naturwissenschaften 5/6 im Bereich des naturwissenschaftlichen Arbeitens formulierten Standards orientieren sich jedoch an den nationalen Bildungsstandards (SenBJS o.J.). Demnach sollen die Schülerinnen und Schüler im Bereich des naturwissenschaftlichen Arbeitens am Ende der Jahrgangsstufe 6 unter anderem (SenBJS o.J., S. 19ff.):

- Phänomene beobachten und mit Hilfe der Alltags- und Fachsprache beschreiben,
- naturwissenschaftlichen Fragen und Vermutungen entwickeln,
- Experimente entwickeln und durchführen und dabei konstante und variable Bedingungen unterscheiden,
- bei naturwissenschaftlichen Aussagen zwischen Beobachtungen und Erklärungen unterscheiden.

Die Aneignung dieser Standards stellt nicht nur hohe Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler dar, sondern setzt auch voraus, dass die unterrichtenden Lehrerinnen und Lehrer selbst über diese Kompetenzen verfügen. Eine qualifizierte Ausbildung im Bereich des naturwissenschaftlichen Arbeitens ist deshalb als Ziel in der Studien- und Prüfungsordnung des neuen Studienfachs „Integrierte Naturwissenschaften“ explizit verankert (FUB, 2011). Mit dem Ziel, die Kompetenzentwicklung der Lehramtsstudierenden mit Fach „Integrierte Naturwissenschaften“ im Bereich des naturwissenschaftlichen Arbeitens zu untersuchen, lautet unsere Forschungsfrage: Über welche Stärken und Schwächen verfügen Studierende des Grundschullehramtes mit (bzw. ohne das) Studienfach „Integrierte Naturwissenschaften“ im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung mit dem Schwerpunkt ausgewählter Aspekte des naturwissenschaftlichen Arbeitens zu Beginn und im Verlaufe ihres Studiums?

### Methoden

In unserem Forschungsprojekt verwenden wir einen von Erb und Bolte (2009) entwickelten Fragebogen zur Untersuchung von Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung. Der Fragebogen umfasst die folgenden Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens in geschlossenen und offenen Aufgaben: 1. naturwissenschaftliche Beobachtungen, 2. naturwissenschaftliche Vermutungen, 3. naturwissenschaftliche Fragestellungen und 4. eigenständige Experimentplanung (Erb & Bolte, 2011, 2012a, 2012b).

Im geschlossenen Aufgabenteil werden die Studierenden aufgefordert, sechs Multiple Choice Aufgaben zu den Bereichen *naturwissenschaftliche Beobachtung* und *Vermutung* zu bearbeiten. Dabei sollen die Befragten beurteilen, ob es sich bei vorgegebenen Aussagen zu ausgewählten naturwissenschaftlichen Sachverhalten um sachlich zutreffende Beobachtungen bzw. Vermutungen handelt. Im Aufgabenbereich *naturwissenschaftliche Beobachtungen* wird eine Aussage als sachlich zutreffend bewertet, wenn sie weder eine Begründung, Erklärung noch eine Schlussfolgerung enthält. Entsprechend gelten Aussagen, die diese Kriterien nicht erfüllen, als sachlich unzutreffend. Im Aufgabenbereich *naturwissenschaftliche Vermutungen* gelten Aussagen als sachlich zutreffend, wenn sie in Abhängigkeit von der jeweiligen Aufgabe einen Bezug zur vorgegebenen naturwissenschaftlichen Fragestellung aufweisen bzw. durch einen vorgegebenen Versuch überprüft werden können. Entsprechend werden Aussagen, die diesen Kriterien nicht folgen, als sachlich unzutreffend bewertet.<sup>1</sup>

### Empirie

Seit der Einführung des neuen Studienfachs haben bislang zwei Jahrgänge den Bachelor-Studiengang Grundschulpädagogik mit Zweitfach „Integrierte Naturwissenschaften“ begonnen; die Studierenden dieser Fachrichtung bilden die Interventionsgruppe I und II (I: Studienbeginn WS 2011/12), II: Studienbeginn WS 2012/13). Da die Untersuchung als Längsschnittstudie im Interventions-Kontrollgruppen-Design angelegt ist, wurden zu den gleichen Zeitpunkten auch die Studierenden des Studiengangs Grundschulpädagogik befragt, die „Integrierte Naturwissenschaften“ nicht als Zweitfach gewählt hatten (Kontrollgruppe I und II; s.o.). Alle Teilnehmer/-innen wurden bisher zu zwei Messzeitpunkten (MZP; MZP1: Beginn des 1. Fachsemesters; MZP2: Ende des 2. Fachsemesters) mit dem oben genannten Fragebogen befragt.

In Tabelle 1 sind die relativen Lösungshäufigkeiten für den geschlossenen Aufgabenteil des Fragebogens zu den ersten beiden MZP differenziert nach den jeweiligen Aufgabebereichen *naturwissenschaftliche Beobachtungen* bzw. *Vermutungen* sowie nach den Kategorien ‘Erkennen sachlich zutreffender bzw. sachlich unzutreffende Aussagen’ dargestellt.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Die offene Aufgabe des Fragebogens umfasst mehrere, aufeinander aufbauende Schritte naturwissenschaftlichen Arbeitens (siehe Erb & Bolte, 2009, 2012a).

<sup>2</sup> Die stichprobenspezifischen Analysen zu MZP1 zeigten, dass die Ergebnisse der beiden Interventionsgruppen (IG) wie auch die der beiden Kontrollgruppen (KG) zusammengefasst werden können.

Tabelle 1: Relative Lösungshäufigkeiten korrekt identifizierter Aussagen [%]

	N <sub>IG</sub> =38		N <sub>KG</sub> =76	
	MZP1	MZP2	MZP1	MZP2
Gesamt naturwissenschaftliche Kompetenzen	67	78	72	68
- Gesamt naturwissenschaftliche Beobachtungen	69	83	77	77
-- Sachlich zutreffende Beobachtung	95	93	97	96
-- Sachlich unzutreffende Beobachtung	56	78	67	68
- Gesamt naturwissenschaftliche Vermutungen	65	74	68	60
-- Sachlich zutreffende Vermutung	87	85	83	79
-- Sachlich unzutreffende Vermutung	58	71	62	53

### Fazit

Zu Beginn unserer Untersuchung unterscheiden sich die Ergebnisse der Interventions- und Kontrollgruppe nicht in statistisch signifikanter Weise. Die Probanden beider Gruppen können bereits zum Studienbeginn sachlich zutreffende Aussagen – insbesondere sachlich zutreffende Beobachtungen – recht sicher identifizieren. Zum MZP2 sind statistisch signifikante Leistungsunterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe festzustellen. In der Kontrollgruppe zeichnet sich ein Leistungsrückgang bzgl. der korrekt identifizierten sachlich unzutreffenden Vermutungsäußerungen ab. Vor allem in diesem Bereich konnten sich die Studierenden der Interventionsgruppe (in statistisch signifikanter Weise) verbessern. Insgesamt kann konstatiert werden, dass sich die Studierenden mit Fach „Integrierte Naturwissenschaften“ im ersten Studienjahr bzgl. ihrer hier geprüften (Teil-)Kompetenzen in statistisch signifikantem Maße verbessern konnten. Ob die dabei erreichten Ergebnisse in allen Teilbereichen als zufriedenstellend zu bewerten sind – also: ‘ob das Glas zu  $\frac{3}{4}$  voll oder zu  $\frac{1}{4}$  noch leer ist’ – sei angesichts einer Ratewahrscheinlichkeit von 50% dem kritischen Betrachter überlassen.

### Danksagung

Dieses Forschungsprojekt wird von der Deutschen Telekom Stiftung im Rahmen ihres Projekts „Hochschulwettbewerb MINT-Lehrerbildung“ gefördert.

### Literatur

(Auswahl – weitere Referenzen sind insbes. in: Erb & Bolte (2012a) zu finden)

- Bolte, C., & Ramseger, J. (2012). „Integrierte Naturwissenschaftliche Bildung“ als Studienfach. Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie. Velber: Friedrich Verlag, 23(130/131), 92-94.
- Erb, M., & Bolte, C. (2011). Kompetenzdiagnostik im Bereich naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung. In D. Höttecke (Hg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Münster: Lit-Verlag. S. 140-142.
- Erb, M., & Bolte, C. (2012a). Kompetenzen von Grundschulkindern der Jahrgangsstufen 5/6 im Bereich „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ GDSU-Journal, 2(2), 11-22.
- Erb, M., & Bolte, C. (2012b). Kompetenzen von Grundschullehrer(inne)n im Bereich „naturwissenschaftliches Arbeiten“. In S. Bernholt (Hg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Münster: Lit-Verlag. S. 467-469.
- FUB (2011). Studienordnung und Prüfungsordnung für das 60-Leistungspunkte - Amtsblatt der Freien Universität Berlin 11/2011, 2. Mai 2011. S.136-148 und S.149-153. <http://www.fu-berlin.de/service/zuvdocs/amtsblatt/2011/ab112011.pdf?1307214270> (Zugriff: 20.09.2012, 13:55).
- KMK (2007). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Bildungsabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. Luchterhand Verlag. 37 S.
- SenBJS (Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin, o.J.): Rahmenplan Grundschule Naturwissenschaften. [http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-bildung/schulorganisation/lehrplaene/gr\\_natur.pdf?start&ts=1157974605&file=gr\\_natur.pdf](http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-bildung/schulorganisation/lehrplaene/gr_natur.pdf?start&ts=1157974605&file=gr_natur.pdf) (Zugriff 14.10.12, 12:40).

## Das Ende des MINT-Lehrermangels - ein Ansatz durch Nachwuchsförderung

Physik und Chemie gehören in vielen Bundesländern zu den sog. Mangelfächern, in denen der Bedarf an Lehrkräften durch die Zahl der Studienabsolventen seit Jahren nicht gedeckt wird. Dies liegt zum einen an einer geringen Zahl von Studieninteressenten, zum anderen an der häufig hohen Abbrecherquote unter den MINT-Lehramtsstudierenden (MINT = Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik). Nachwuchsförderprogramme für Schülerinnen und Schüler, die an einem MINT-Lehramtsberuf interessiert und dafür geeignet sind, können mittelfristig den Lehrkräftemangel mindern. Ein beispielhaftes Programm, das vom Verein MINT-EC und der RWTH Aachen initiiert wurde und von der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung finanziert wird, startet im Herbst 2013. Die Grundideen des Programms werden im Beitrag vorgestellt.

### Motivation

In vielen Bundesländern ist seit Jahren ein dramatischer Mangel an MINT-Lehrkräften zu verzeichnen (Korneck, 2010; Süßlin, 2012). In Schulen mit ausgeprägtem MINT-Schwerpunkt scheint die Lage trotz einer vermeintlich höheren Attraktivität dieser Schulen für MINT-Lehrkräfte noch schwieriger zu sein. Exemplarisch wurde dies für Schulen erhoben, die in dem Verein MINT-EC organisiert sind. MINT-EC steht dabei für den Verein mathematisch-naturwissenschaftlicher Excellence-Center an Schulen e.V. Der Verein umfasst aktuell deutschlandweit 184 weiterführende Schulen mit etwa 200.000 Schülerinnen und Schülern (SuS). In einer Umfrage des Vereins MINT-EC unter seinen Mitgliedsschulen im September 2012 gaben 50% der rückmeldenden Schulen an, dass bei ihnen Lehrkräfte im Fach Physik fehlen; ca. 30% benötigten Chemie-, Mathematik- oder Informatik-Lehrkräfte (MINT-EC, 2012). In der sog. Allensbach-Studie wurde für 15% bzw. 22% der Gymnasien ein Bedarf an Physik- bzw. Mathematiklehrern konstatiert (Süßlin, 2012).

Aus diesem Grund hat sich der Verein MINT-EC entschlossen, innerhalb seines Schulnetzwerks ein MINT-Lehrer-Nachwuchsförderprogramm zu initiieren. Die Konzeption des Programms und die Einwerbung der Fördermittel wurde gemeinsam mit der RWTH Aachen umgesetzt. Im Frühjahr 2013 hat sich die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung bereit erklärt, das MINT-Lehrer-Nachwuchsförderprogramm zu finanzieren, sodass im Herbst 2013 die ersten Schulen sowie Schülerinnen und Schüler in das sog. MILENa-Programm (MINT-Lehrer-Nachwuchs) aufgenommen werden konnten.

### Grundideen des Programms

Die Konzeption des Programmes beruht auf mehreren Grundideen:

- Am MINT-Lehramt interessierte, geeignet erscheinende Schülerinnen und Schüler sollen frühzeitig identifiziert und längerfristig in einer Lebensphase begleitet werden, in der Entscheidungen zu Studieninteressen gefällt und/oder gefestigt werden.
- Insbesondere sollen diesen Schülerinnen und Schülern Angebote unterbreitet werden, in denen sie sich als Lehrende im MINT-Bereich ausprobieren können.
- Es wurde vermutet, dass bereits an vielen Schulen Deutschlands MINT-Lehrernachwuchsfördermaßnahmen existieren, die es einerseits zu unterstützen, andererseits zu sammeln, zu sichten und evaluieren sowie in einem nächsten Schritt zu verbreiten gilt.

Das Netzwerk der MINT-EC Schulen schien aus verschiedenen Gründen ein optimaler Ort für die Suche nach potentiellen MINT-Lehramtsstudierenden zu sein: Schülerinnen und Schüler an diesen Schulen erleben einerseits besonders häufig engagierte MINT-Lehrkräfte

und damit positive Lehrervorbilder sowie andererseits einen MINT-Unterricht und MINT-Zusatzangebote, die bis zum Ende ihrer Schullaufbahn zu einem besonders fundierten voruniversitären Kenntnisstand im MINT-Bereich beitragen können. Zudem finden am MINT-Lehramt interessierte Schülerinnen und Schüler an diesen Schulen vielfältige Möglichkeiten vor, sich in MINT-Aktivitäten bei Lehrgelegenheiten auszuprobieren.

#### *Förderung von Schulen*

Deshalb richtet sich die Ausschreibung im Programm an Schulen des Vereins MINT-EC mit guten Ideen zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung. Alle sich bewerbenden Schulen müssen sich verpflichten, in jedem von drei aufeinanderfolgenden Jahrgängen 5 bis 10 Schülerinnen und Schülern aus der Jahrgangsstufe 10 (G8) ihrer Schule umfassende Gelegenheiten zu ersten Lehraktivitäten im MINT-Bereich anzubieten. Häufig ergeben sich hierzu Möglichkeiten bei MINT-Angeboten der weiterführenden Schulen für Grundschüler. Zudem bieten sich auch in Arbeitsgemeinschaften oder Projekten im MINT-Bereich sowie im Förderunterricht, die SuS der eigenen Schule adressieren, vielfältige Lehrgelegenheiten. Bei der Einbindung der am MILENa-Programm teilnehmenden SuS in die erwünschten Lehrgelegenheiten werden die Schulen finanziell unterstützt, wobei zweckgebunden alle Maßnahmen gefördert werden, die der Förderung des MINT-Lehrernachwuchses dienen. Zudem wurden die Schulen um Konzepte für Werbeaktionen für das MINT-Lehramt unter ihrer Schülerschaft gebeten, die ebenfalls finanzielle Unterstützung erfahren.

#### *Förderung von interessierten Schülerinnen und Schülern und Einbindung von Hochschulen*

Die als Teilnehmer am MILENa-Programm ausgewählten Schülerinnen und Schüler werden in ein zweijähriges Förderprogramm aufgenommen, in dem die oben erwähnten Lehrgelegenheiten mit weiteren Aktivitäten kombiniert werden. Hierzu zählen:

- sechs Veranstaltungen an einer ortsnahen Hochschule mit MINT-Lehramtsausbildung,
- ein einwöchiger Schüleraustausch mit einer Partnerschule im Netzwerk,
- eine zweitägige Exkursion zum Kennenlernen außerschulischer Lernorte sowie
- durchgehend vielfältige Möglichkeiten zur Vernetzung mit anderen am MINT-Lehramt interessierten SuS.

Das Programm startet zunächst in einer Pilotphase mit 4 Schulen, die von der RWTH Aachen, der Universität Duisburg-Essen und der Goethe-Universität Frankfurt betreut werden. Im Herbst 2014 sollen weitere sechs Schulen und zwei Hochschulstandorte hinzukommen. Da in jeder der Schulen drei Schülerjahrgänge aufgenommen werden, ergibt sich eine vorläufige Gesamtdauer des Programms von fünf Jahren. Je nach Teilnehmerzahl in den beteiligten Schulen können insgesamt zwischen 150 und 300 SuS das Programm durchlaufen. An jeder der vier Schulen der Pilotphase nehmen im ersten Jahrgang zwischen 8 und 10 SuS am Programm teil.

Die sechs Veranstaltungen an der Hochschule sollen den teilnehmenden SuS einerseits vielfältige Möglichkeiten zur Reflektion ihrer eigenen Lehrtätigkeiten und zur Vernetzung mit anderen am MINT-Lehramt interessierten Gleichaltrigen geben. Andererseits werden in den Veranstaltungen die weiteren Maßnahmen des Programms inhaltlich vorbereitet und erste kurze Einblicke in aktuelle Erkenntnisse der MINT-Didaktik vermittelt. Die Tabelle 1 enthält einen Überblick über die Themenschwerpunkte der Hochschulveranstaltungen. Die Themen wurden so ausgewählt, dass alle MINT-Fächer gleichermaßen adressiert werden. Bei der Auswahl der teilnehmenden Hochschulen finden aber nur Standorte mit einer Physik-Lehramtsausbildung Berücksichtigung. Alle Veranstaltungen sind so konzipiert, dass die SuS vielfältige Formen des handlungsorientierten Lehrens und Lernens selbst erleben. Insbesondere die Hochschul-Veranstaltungen 2 bis 4 dienen der Vorbereitung des einwöchigen Schüleraustausches, in dem Programmteilnehmer an einer Partnerschule

Tab. 1: Wichtige Inhalte der sechs Hochschulveranstaltungen im MLeNa-Programm

1	Kickoff-Meeting	Einführung in das Programm, Kennenlernen; Aufgaben, Chancen und Herausforderungen eines MINT-Lehrers
2	Was bedeutet Unterrichten?	Reflektion von ersten Lehrerfahrungen; soziale Kompetenzen eines Lehrers und Eigenschaften guten Unterrichts
3	Aspekte von Unterrichtsgestaltung I	Erstellung kognitiv aktivierender Aufgaben: Einführung in die Theorie und praktische Übungen
4	Aspekte von Unterrichtsgestaltung II	fächerübergreifender Unterricht, Alltagsbezug: Einführung in die Theorie und praktische Beispiele
5	Reflektion zum Schüleraustausch / außerschulische Lernorte	Reflektion zum Schüleraustausch; Vernetzung von Lehrkräften; Unterrichtsmaterialien - Quellen, Recherchen, Adaption für den eigenen Unterricht; außerschulische Lernorte
6	Das MINT-Lehrerstudium	Informationen zum MINT-Lehrerstudium, relevante Self-Assessments; Reflektion zum Programm

mehrere Tage lang MINT-Lehrer in ihrem Schulalltag begleiten und eigene kleinere Unterrichtsaufgaben in ihrer Vorbereitung und Durchführung übernehmen. Die Veranstaltung 5 bereitet u. a. die Exkursion zu außerschulischen Lernorten vor. Das zweijährige Förderprogramm endet mit der sechsten Veranstaltung in der Jahrgangsstufe 12 ausreichend lange vor den Abiturprüfungen. Dabei werden den Programmteilnehmern in dieser letzten Veranstaltung u.a. reichhaltige Informationen zu Lehramtsstudiengängen im MINT-Bereich angeboten.

#### **Evaluation des Programms und Verbreitung von *best practice***

Das MLeNa-Programm wird von der RWTH Aachen wissenschaftlich begleitet. Diese Begleitung umfasst auch eine Evaluation der durchgeführten Maßnahmen, die erstmals umfassend nach drei Jahren Laufzeit des Programmes erfolgen soll. Die RWTH Aachen initiiert zudem die Vernetzung der Programmpartner. Insbesondere ist die Bildung eines sog. Clusters im Netzwerk der MINT-EC-Schulen vorgesehen, um besonders erfolgreiche Maßnahmen des Förderprogramms zu identifizieren und innerhalb und außerhalb des MINT-EC Vereins zu verbreiten. Die für das Programm entwickelten Hochschulveranstaltungen können als Vorbild für die regionale Ausgestaltung einer MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung dienen, die auch entscheidende Impulse zur qualitativen Verbesserung der Basis potentieller MINT-Lehrerstudierender geben kann. Insofern können das Programm wie auch einzelne Maßnahmen daraus modellhaft für lehrerausbildende Hochschulen wirken.

#### **Danksagung**

Besonderer Dank gilt dem Programmpartner MINT-EC eV., der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die finanzielle Unterstützung sowie Heike Theyßen (Universität Duisburg-Essen) und Roger Erb (Goethe-Universität Frankfurt) für ihre Mitwirkung bei der Programmgestaltung.

#### **Literatur**

- Korneck, F., Lamprecht, J., Wodzinski, R., & Schecker, H. (2010). Quereinsteiger in das Lehramt Physik, Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.  
 Süßlin, W. (2012). Lehrer in Zeiten der Bildungsangst, Studie im Auftrag der Vodafone Deutschland Studie des Vereins MINT-EC, private Mitteilung.

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

## Validierung von Kodiermanualen zum Umgang mit Modellen & Experimenten

### Theoretischer Hintergrund

Das hier vorgestellte Projekt ist Teil der ProwiN-Videostudie im Fach Chemie. Die ProwiN-Videostudie ist ein Verbundprojekt der Fächer Biologie, Chemie und Physik sowie der Lehr-Lern-Psychologie. Hierbei stellt ProwiN das Akronym für Professionswissen in den Naturwissenschaften dar.

Das Professionswissen nach Shulman (1987) umfasst mehrere Wissensbereiche. In den letzten Jahren haben sich jedoch das pädagogische Wissen, das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen in der Forschung als wesentliche Wissensbereiche durchgesetzt (Baumert et al., 2010). Das pädagogische Wissen umfasst das Wissen über Strategien des „Classroom Managements“ sowie über die Unterrichtsorganisation und ist von fachlichen Inhalten unabhängig (König et al., 2011). Das Fachwissen und fachdidaktische Wissen bilden das fachspezifische Professionswissen. Hierbei lässt sich das Fachwissen als das Wissen über die Inhalte des Faches definieren (Kleickmann et al., 2013; Riese & Reinhold, 2009). Das fachdidaktische Wissen umfasst das Wissen, die Inhalte, Denk- und Arbeitsweisen eines Faches zu strukturieren, vernetzen, verständlich zu präsentieren und zu erklären (Krauss et al., 2008; Schmelzing et al., 2010). Als Repräsentationsformen spielen besonders im Fach Chemie Experimente und Modelle eine große Rolle, um die Inhalte verständlich darzustellen und diese zu vernetzen. Des Weiteren liefern Experimente und Modelle durch ihren Einsatz im Erkenntnisgewinnungsprozess einen Einblick in die Denk- und Arbeitsweisen des Faches Chemie.

Dem „Modell der Determinanten und Konsequenzen der professionellen Kompetenz von Lehrkräften“ von Kunter et al. (2011) ist zu entnehmen, dass die professionelle Kompetenz von Lehrkräften, unter die auch das Professionswissen fällt, sich auf das professionelle Verhalten von Lehrkräften, z. B. das Unterrichtshandeln, auswirkt. Das Handeln im Unterricht beeinflusst die Qualität des Unterrichts und damit auch den Lernerfolg der Schüler und Schülerinnen (Kunter et al., 2011; Schmelzing et al., 2010). Bisher haben nur wenige Studien den Zusammenhang zwischen dem professionellen Verhalten bzw. dem Unterrichtshandeln und dem Professionswissen sowie zwischen dem Unterrichtshandeln und dem Lernerfolg der Schüler und Schülerinnen untersucht, insbesondere im Fach Chemie kann hier eine Forschungslücke festgestellt werden.

### Ziele der Arbeit

- Es wird der Zusammenhang zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von gymnasialen Chemielehrkräften und der Qualität des Einsatzes von Experimenten und Modellen im Chemieunterricht untersucht.
- Es soll der Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Experimenten und Modellen und dem Lernerfolg der Schüler und Schülerinnen untersucht werden.

### Studiendesign und Methoden

Die Beurteilung der Qualität des Einsatzes von Experimenten und Modellen im Chemieunterricht soll mithilfe einer Videoanalyse erfolgen. Hierzu werden im Schuljahr 2013/2014 in der achten Jahrgangsstufe zwei aufeinanderfolgende Unterrichtsstunden aus der Unterrichtseinheit „Atombau und Periodensystem“ von jeweils vierzig nordrhein-westfälischen gymnasialen Chemielehrkräften gefilmt. Die Themen und Inhalte der

gefilmten Stunden sind den Lehrkräften freigestellt und sollten sich lediglich auf die oben genannte Unterrichtseinheit beziehen. Zur Erfassung des Einsatzes von Experimenten und der Qualität des Einsatzes wird das für diese Studie adaptierte Kodiermanual von Schulz (2011) verwendet. Das Kodiermanual nutzt niedrig- und hoch-inferente Kategorien, um den Unterricht zu analysieren. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf den experimentierspezifischen Qualitätsmerkmalen. Anhand der Qualitätsmerkmale nach Schulz (2011) werden Kategorien entwickelt, die ebenfalls für Modelle spezifische Qualitätsmerkmale erfassen (vgl. Abb. 1).

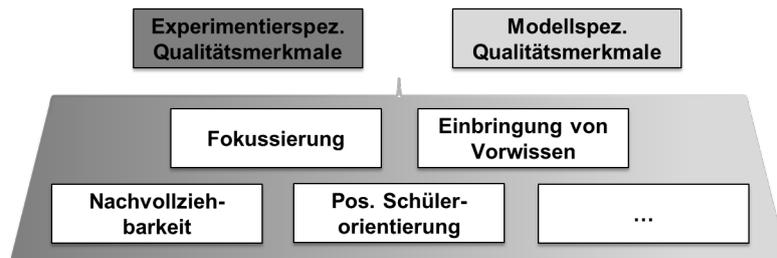


Abb. 1: Beispiele für experimentier- und modellspezifische Qualitätsmerkmale

Die modellspezifischen Qualitätsmerkmale werden zum Teil spezifisch auf die Kategorien Modellentwicklung, Modellkritik und Modellnutzung des Kategoriensystems „Umgang mit Modellen“ (vgl. Abb.2) zugeschnitten. Die drei genannten Kategorien werden durch Unterkategorien weiter ausdifferenziert und dienen der genaueren Erfassung des Einsatzes von und Umgangs mit Modellen.

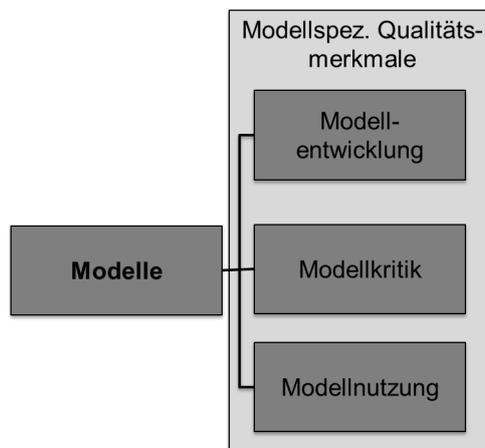


Abb. 2: Übersicht über das Kategoriensystem „Umgang mit Modellen“

Zusätzlich zu der Videoanalyse wird das fachspezifische Professionswissen der Lehrkraft mittels zweier Papier-Bleistift-Tests erfasst. Dabei handelt es sich zum einen um den in der ersten Phase des ProWiN-Projekts entwickelten chemiespezifischen Professionswissensfragebogen von Dollny (2011) und zum anderen um den in dieser Projektphase entwickelten Fragebogen zum fachdidaktischen Wissen über Modelle, der durch Aufgaben zum Erkenntnisgewinnungsprozess von Tepner, Backes & Sumfleth (unveröffentlicht) ergänzt wird.

Um den Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Modellen und Experimenten im Chemieunterricht und dem Lernerfolg der Schüler zu untersuchen, wird im Prä-Posttest-

Design vor und nach der Unterrichtseinheit das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler und das Professionswissen der Lehrkräfte mit den Schwerpunkten Modelle und Experimente mittels Papier-Bleistift-Tests erfasst. Die Modell-Aufgaben wurden in dieser Phase entwickelt und evaluiert. Das Wissen der Schülerinnen und Schüler über das experimentelle Problemlösen wird mithilfe des Strukturierungstests von Koenen (in Vorb.) erfasst.

### **Ausblick**

Die entwickelten und adaptierten Videokodiermanuale sollen mit bereits aus dem ProWiN-Projekt vorhandenen Videos validiert werden. Dazu werden mindestens zwei Rater die Videos kodieren, um anschließend die Interrater-Reliabilität zu bestimmen.

### **Literatur**

- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., & Jordan, A. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133-180.
- 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.
- König, J., Blömeke, S., Paine, L., Schmidt, W. H., & Hsieh F.-J. (2011). General Pedagogical Knowledge of Future Middle School Teachers: On the Complex Ecology of Teacher Education in the United States, Germany, and Taiwan. *Journal of Teacher Education*, 62(2), 188-201.
- Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., & Kunter, M. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 29(3/4), 223-258.
- 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 (Hg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann, 55-68.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2009). Fachbezogene Kompetenzmessung und Kompetenzentwicklung bei Lehramtsstudierenden der Physik im Vergleich verschiedener Studiengänge. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2(1), 104-125.
- Schmelzing, S., Wüsten, S., Sandmann, A., & Neuhaus, B. (2010). Fachdidaktisches Wissen und Reflektieren im Querschnitt der Biologielehrerbildung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 189-207.
- Schulz, A. (2010). *Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht*. Berlin: Logos Verlag.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the new Reform. *Harvard Educational Review*, 51(1), 1-22.

## Diagnosekompetenz von Physiklehramtsstudierenden

### Ausgangslage und Ziele des Projekts

Der Kompetenzbereich Diagnose und Förderung gehört zu den Zielen universitärer Lehrerausbildung. Als zugehörige Facetten nennen die KMK-Bildungsstandards (2004) Differenzierung, Integration und Förderung sowie Diagnostik, Beurteilung und Beratung. Insbesondere in Bezug auf die Facette Beurteilen sollen bereits im universitären Ausbildungsabschnitt Teilaspekte der Lernprozessdiagnostik vermittelt werden. Um die Diagnosekompetenz von Physiklehramtsstudierenden zu erheben, soll diese Kompetenz modelliert und ein valides, handlungsnahes Videotestinstrument entwickelt werden. Im Mittelpunkt steht dabei die beobachtungsbezogene Diagnosekompetenz in Bezug auf die Vorwissenseinschätzung von SuS. Mit weiteren, bereits vorhandenen Testinstrumenten soll ein möglicher Zusammenhang zwischen Diagnosekompetenz, fachdidaktischem und fachwissenschaftlichem Wissen betrachtet werden. Ergänzend soll mit den Ergebnissen das Erreichen der in den Bildungsstandards festgelegten Kompetenzen nachgeprüft und Konsequenzen für die Qualitätsverbesserung der universitären Lehrerausbildung abgeleitet werden.

### Theoretischer Hintergrund

Weinert definiert diagnostische Kompetenz als „*ein Bündel von Fähigkeiten, um den Kenntnisstand, die Lernfortschritte und die Leistungsprobleme der einzelnen Schüler [...] im Unterricht fortlaufend beurteilen zu können, sodass das didaktische Handeln auf diagnostische Einsichten aufgebaut werden kann*“ (Weinert, 2000, S.19). Während er damit kognitive Merkmale in den Mittelpunkt stellt, erweitert Schrader diagnostische Kompetenz auf „*lern- und leistungsrelevante Personenmerkmale von Schülerinnen und Schülern*“ (ebd., S. 237), schließt also auch affektive Merkmale mit ein. Helmke (2009) grenzt darüber hinaus die reine diagnostische Kompetenz (Genauigkeit der Beurteilung) und die diagnostischer Expertise (zusätzliches methodisches, prozedurales und konzeptuelles Wissen) voneinander ab.

Bezogen auf den Unterricht kann diagnostische Kompetenz auf verschiedenen Zeitskalen betrachtet werden: Auf der Makroebene befinden sich Diagnosen für Schullaufbahneempfehlungen sowie Benotungen, Beurteilungen und Lernerfolgskontrollen. Ebenfalls spielt diese Kompetenz bei der mittel- und langfristigen Unterrichtsplanung (Mesoebene) eine entscheidende Rolle, wie aus den zuvor zitierten Definitionen deutlich hervorgeht. Darüber hinaus können auf der Mikroebene verschiedene Situationen, in denen die diagnostische Kompetenz von Lehrkräften von Bedeutung ist, in den Blickpunkt genommen werden: Zum einen kann die gesamte Klasse bzw. Lerngruppe hinsichtlich bestimmter lern- und leistungsrelevanter Merkmale im Unterrichtsgeschehen beurteilt werden. Dies kann in (Unterrichts-) Gesprächen, aber auch in Schülerarbeitsphasen geschehen. Zum anderen können einzelne Schüler/innen weiter in den Vordergrund rücken, indem beispielsweise bei individuellen Erklärungen fortlaufend beurteilt wird, ob der Lernende diese nachvollziehen kann und inwieweit der Erklärende diese verändern muss (siehe dazu Beitrag von E. Tomczyszyn, in diesem Band). In diesem Projekt soll die (beobachtungsbezogene) diagnostische Kompetenz bei folgenden Situationen auf der Mikroebene untersucht werden: Durch Beobachtungen einzelner SuS in Arbeits- und Gruppenphasen können individuelle Diagnosen von der Lehrkraft gebildet werden. Diese geben einerseits Rückmeldung über die vorangegangenen Unterricht und dem damit verbundenen Vorwissen sowie den Lernstand der einzelnen

Schüler/innen; ebenso können durch diese beobachtungsbezogene Diagnosen Informationen für weitere adaptive und individuell fördernde Lehrerreaktionen und -handlungen sowie für die weitere Stunden- und Unterrichtsplanung gesammelt werden.

Die (beobachtungsbezogene) diagnostische Kompetenz und im Besonderen die Beurteilung des Vorwissens von SuS sind bislang wenig systematisch erforscht. Es existieren mehrere Studien im Bereich der Einschätzung und Benotung von kognitiv erbrachter Leistung, beispielsweise Schrader und Helmke (1897), Helmke (1997), Brunner et al. (2011), Südkamp et al. (2008), Karing (2009) und Ley (dieser Band). Dabei besagen die empirischen Befunde durchgängig, dass Lehrkräfte die Leistung ihrer eigenen SuS bei der Rangordnungskomponente gut bis sehr gut einschätzen können; bei weiteren Vergleichskomponenten und der Beurteilung anderer lern- und leistungsrelevanter Merkmale fallen die Ergebnisse weit weniger gut aus. Spinath (2005) bestätigt die Ergebnisse von Schrader & Helmke, dass Lehrkräfte affektive Merkmale nur mäßig genau einschätzen können und die verschiedenen Komponenten der Diagnosegenauigkeit relativ unabhängig voneinander sind.

### **Modellentwicklung**

In den gängigen Strukturmodellen des Professionswissens hat sich in Anlehnung an Shulman (1986, 1987) eine Einteilung in die Dimensionen Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches-psychologisches Wissen etabliert (vgl. Abell, 2007; Borowski et al., 2010; Riese, 2009; Baumert et al., 2011). Folgt man Weinert (2000), der die diagnostische Kompetenz neben Fachwissen, fachdidaktischem Wissen, pädagogischem Wissen als eine der Schlüsselqualifikationen für eine hohe Unterrichtsqualität ansieht, müsste in den gängigen Strukturmodellen eine weitere Dimension eingefügt werden. Schrader (2009) weist allerdings darauf hin, dass eine isolierte Erfassung diagnostischer Kompetenz kaum möglich sei, und plädiert für eine direkte Erfassung von weiteren Merkmalen wie Fachwissen und fachdidaktischen Wissen der Lehrpersonen. Auf diese Weise bettet auch das Projekt COACTIV (Brunner et al., 2011) für das Fach Mathematik eine Modellierung der diagnostischer Kompetenz in das Modell der professionellen Handlungskompetenz ein.

Vor dem Hintergrund dieser Ansätze und weiteren Aspekten aus der Unterrichtsqualitätsforschung (z. B. Helmke, 2009; Vogelsang & Reinhold, 2010) soll das Konstrukt der diagnostischen Kompetenz modelliert werden. Dabei wird das pädagogisch-psychologische Wissen als Dimension des Professionswissen nicht weiter in den Blick genommen, da Aspekte der Unterrichtsgestaltung für konkrete Beobachtungssituationen weniger relevant erscheinen als Fachwissen und fachdidaktisches Wissen.

### **Testentwicklung**

Annahme der meisten Untersuchungen, die mit schriftlichen Tests arbeiten, ist, dass theoretisches Wissen entscheidend für das professionelle Handeln in realen Situationen sei. Der tatsächliche Einfluss ist jedoch noch nicht geklärt. Hier versucht diese Untersuchung anzusetzen, indem die (beobachtungsbezogene) diagnostische Kompetenz in einer standardisierten, aber möglichst realitätsnahen Situation analysiert werden soll. Hierzu werden mittels Expertenbefragung geeignete Situationen während Schülerarbeitsphasen im Physikunterricht ermittelt und Videomaterial modellkonform entwickelt. Die Validierung erfolgt mit einer kategorienbasierten Inhaltsanalyse. Zudem wird der Zusammenhang des diagnostischen Wissens mit dem physikalischen Fachwissen und dem deklarativ-analytischen fachdidaktischen Wissen untersucht. Für die Erfassung dieser beiden Wissensarten werden die bereits bestehenden Pen-and-Paper-Tests von Gramzow, Riese und Reinhold (siehe dazu Beitrag in diesem Band) und Woitkowski, Riese und Reinhold (2011) genutzt.

### Literatur

- Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S.K. Abell (Ed.), *Handbook of research on science education* (pp. 1105–1149).
- Borowski, A., et al. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 341-349.
- Brunner et. al. (2011). Diagnostische Fähigkeiten von Mathematiklehrkräften. In J. Baumert, et al. (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Waxmann.
- Hascher, T. (2009). Lernprozessdiagnostik als Schlüssel zur Begleitung individuellen Lernens. In S. Weyringer & F. Oswald (Hrsg.), *ECHA-Österreich – ein Markenzeichen für Begabungsförderung und Schulentwicklung*. Wien: Lit.
- Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Kallmeyer in Verbindung mit Klett, Seelze-Velber.
- Helmke, A. (2007). Unterrichtsqualität und Unterrichtsentwicklung: Wissenschaftliche Erkenntnisse zur Unterrichtsforschung und Konsequenzen für die Unterrichtsentwicklung: Bertelsmann.
- Helmke, A., et al. (2002). Diagnostische Kompetenz: Unterrichts- und lernrelevante Schülermerkmale und deren Einschätzung durch Lehrkräfte in der Unterrichtsstudie SALVE. In M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*. *Zeitschrift für Pädagogik* (45. Beiheft). Weinheim: Beltz 2002, S. 65 – 82.
- Hesse, I., & Latzko, B. (2011). *Diagnostik für Lehrkräfte*. Verlag Barbara Budrich.
- Karing, C. (2009). Diagnostische Kompetenz von Grundschul- und Gymnasiallehrkräften im Leistungsbereich und im Bereich Interessen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(3-4), 197-209.
- KMK (2004). Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004.
- Riese, J., & Reinhold, P. (2009). Struktur und Entwicklung professionellen Wissens angehender Physiklehrer. In D. Höttecke (Hrsg.), *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehrerbildung*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. Münster: LIT-Verlag, S. 125-127.
- Schrader, F.-W. (2009). Anmerkungen zum Themenschwerpunkt diagnostischer Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(3-4), 237-245.
- Schrader, F.-W. (2008). Diagnoseleistung und diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. *Teacher Judgment an Diagnostic Competencies*. In Schneider et. al. (Hrsg.), *Handbuch der pädagogischen Psychologie*. Band 10. Hogrefe.
- Schrader, F.-W., & Helmke, A. (2001). Alltägliche Leistungsbeurteilung durch Lehrer. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S.45-58). Beltz.
- Schrader, F.-W., & Helmke, A. (1987). Diagnostische Kompetenz von Lehrern: Komponenten und Wirkungen. *Empirische Pädagogik*, 1, 27-52.
- Shulman, L. (1986). Those who understand. *Knowledge growth in teaching*. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Shulman, L. (1987). *Knowledge and teaching: foundations of the new reform*. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.
- Spinath, B. (2005). Akkuratheit der Einschätzung von Schülermerkmalen durch Lehrer und das Konstrukt der diagnostischen Kompetenz. *Zeitschrift Pädagogische Psychologie*, 19, 85-95.
- Südkamp, A. (2008). Der Simulierte Klassenraum. Eine experimentelle Untersuchung zur diagnostischen Kompetenz. *Zeitschrift Pädagogische Psychologie*, 22, 261-276.
- Vogelsang, C., & Reinhold, P. (2010). Handlungsvalidierung eines Instruments zur Kompetenzdiagnose. In D. Höttecke (Hrsg.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik - Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik - Jahrestagung in Dresden 2009*. Berlin: LIT Verlag. S. 371-373.
- Woitkowski, D., Riese, J., & Reinhold, P. (2011). Kompetenzniveaus beim Fachwissen angehender Physiklehrkräfte. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010, S. 66-68. Münster: Lit.
- Weinert, F.E. (2000). *Lehren und Lernen für die Zukunft – Ansprüche an das Lernen in der Schule*. *Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz*, 2, 1-16.

Holger Tröger<sup>1</sup>  
Elke Sumfleth<sup>1</sup>  
Oliver Tepner<sup>2</sup>

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

## **Umgang mit Fachsprache und Schülervorstellungen im Chemieunterricht**

### **Theoretischer Hintergrund**

Das Professionswissen von Lehrkräften gilt als ein Qualitätsmerkmal von Unterricht und ist vermutlich mitverantwortlich für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schülern. Nach der ersten Kategorisierung des Professionswissens durch Shulman (1987) haben sich in der Forschung die drei Dimensionen Fachwissen (CK), pädagogisches Wissen (PK) und fachdidaktisches Wissen (PCK) als Untersuchungsschwerpunkte etabliert (Baumert & Kunter, 2006).

Der Umgang mit und auch die Kenntnis von Fachsprache gelten als Voraussetzungen für das Fachlernen und sind untrennbar damit verbunden (Özcan, 2013). Daraus kann abgeleitet werden, dass das Wissen um den Umgang mit Fachsprache als Teil des PCK für das Professionswissen der Lehrkräfte und damit die Unterrichtsqualität relevant ist.

Obwohl die Fachsprache für den Unterricht als wichtig erachtet wird, liegt keine einheitliche Definition des Begriffs „Fachsprache“ vor. In der Forschung werden jedoch gemeinsame Merkmale von Fachsprachen herausgestellt, anhand derer eine Operationalisierung vorgenommen werden kann. Dabei wird angeführt, dass Fachsprache über eine spezifische Lexik (Wortschatz) verfügt, eine hohe Verständlichkeit der Fachinhalte zum Ziel hat (Fluck, 1996; Rincke, 2007).

Neben dem Umgang mit der Fachsprache im Unterricht werden zudem Präkonzepte, in diesem Projekt als Schülervorstellungen aufgefasst, als hochrelevant für den Lernprozess erachtet (Duit, 2010). Schülervorstellungen zu kennen, gilt als Kernkompetenz fachdidaktischen Wissens (Van Dijk & Kattmann, 2010); daraus kann abgeleitet werden, dass der Umgang mit Schülervorstellungen ebenfalls als Facette fachdidaktischen Wissens erachtet werden kann, die relevant für den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler ist.

### **Forschungsgegenstand und Ziele**

In der Chemie besteht ein Forschungsdesiderat zum Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Lehrkräften, ihrem unterrichtlichen Handeln und dessen Zusammenhang zum Lernerfolg ihrer Schülerinnen und Schüler. Im Rahmen dieser Studie soll diese Forschungslücke verkleinert und das fachspezifische Professionswissen von Chemielehrkräften hinsichtlich der Facetten „Umgang mit Fachsprache“ und „Umgang mit Schülervorstellungen“ untersucht werden. Dabei stehen die Fragestellungen im Fokus, inwieweit ein Zusammenhang zwischen dem fachspezifischen Professionswissen der Lehrkraft und ihrem Unterrichtshandeln hinsichtlich der o.g. Facetten des fachdidaktischen Wissens besteht und inwieweit ein Zusammenhang der o.g. Facetten des fachdidaktischen Wissens der Lehrkraft zum Lernerfolg ihrer Schülerinnen und Schüler besteht.

### **Studiendesign**

Mit dieser Zielsetzung wird im Rahmen des Projektes im Schuljahr 2013/2014 der Unterricht von 40 Chemielehrkräften an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen untersucht, indem je Lehrkraft zwei Unterrichtsstunden zum Thema „Atombau und Periodensystem der Elemente“ (8./9. Jgst.) videographiert und hinsichtlich des Umgangs der Lehrkraft mit Schülervorstellungen und Fachsprache analysiert werden. Den Lehrkräften wurden keine

inhaltlichen Vorgaben über die konkrete Ausgestaltung der Unterrichtsstunden gemacht; sie wurden jedoch gebeten, in zumindest einer der Stunden ein Experiment oder Modell einzusetzen oder zu thematisieren. Vor der Videographie der angesprochenen Stunden wird ein schriftlicher Prä- und nach Ende der Unterrichtseinheit ein Post-Test für die Schülerinnen und Schüler eingesetzt (vgl. Abb.1).



Abb. 1: Studiendesign

Zum Ende jeder Unterrichtsstunde werden die aktuelle Motivation der Schülerinnen und Schüler und zum Ende der Unterrichtseinheit in einem Post-Test das Fachwissen der Lernenden erhoben. Darüber hinaus bearbeiten die Lernenden einen Fragebogen zum Lehrerverhalten, der Hinweise auf Handlungsmuster geben soll, die in nur zwei gefilmten Unterrichtsstunden vielleicht nicht sichtbar wurden. Zur Kontrolle werden außerdem die kognitiven und sprachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler erfasst. Die Lehrkraft bearbeitet zum Prä-Zeitpunkt einen Test zum fachspezifischen Professionswissen und pädagogischen Wissen. Zum Post-Zeitpunkt bearbeitet sie einen eigens entwickelten Fragebogen zum fachdidaktischen Wissen, der u. a. dezidiert den Umgang mit Fachsprache thematisiert. Die Analyse der Videodaten erfolgt durch ein hoch-inferentes Rating anhand dezidiert für die Facetten durch entwickelte Kategoriensysteme.

### Kategoriensysteme

Das Kategoriensystem zum Umgang mit Fachsprache beschreibt Äußerungen von Lehrkräften und SuS auf inhaltlicher und sprachlicher Ebene. Dabei wird auf inhaltlicher Ebene die fachliche Richtigkeit und Komplexität (Kauertz et al., 2011; Lau, 2011) kodiert. Auf sprachlicher Ebene erfolgt in Anlehnung an die inhaltliche Komplexität eine Kodierung der sprachlichen Komplexität hinsichtlich ihrer Struktur in mehreren Abstufungen. Darüber hinaus werden die mediale Repräsentation der Äußerung und der Sprechakt festgehalten.

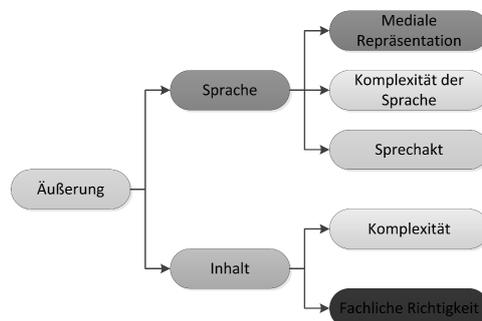


Abb. 2: Kategoriensystem Umgang mit Fachsprache, Ebene 1

Der Umgang mit Schülervorstellungen kann nur mittelbar untersucht werden, da Schülervorstellungen nicht manifest beobachtbar sind. Aus diesem Grund wird der Umgang der Lehrkraft mit Schülerfehlern anhand des Stundenmanuskripts kodiert. Dazu erfolgt eine hoch-inferente Bewertung, ob der Schülerfehler Rückschlüsse auf eine „Fehlvorstellung“ (Barke, 2006) zulässt. Im Folgenden wird der Umgang der Lehrkraft mit Schülerfehlern, die ein Indiz auf eine „Fehlvorstellung“ geben, in eine Prozessgrafik (Walpuski et al., 2012) übertragen und ausgewertet.

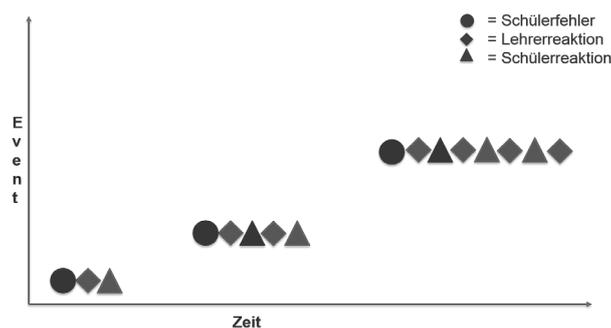


Abb.3: Prozessgrafik Umgang mit Schülerfehlern

Anhand der Prozessgrafik (vgl. Abb. 3) kann beschrieben werden, ob die Lehrkraft Schülerfehler aufgreift und einen Impuls zur Korrektur erteilt und ob ein Mitglied der Lerngruppe, im Idealfall derjenige, der den Fehler äußerte, den Fehler korrigiert. Darüber hinaus kann beschrieben werden, ob die Lehrkraft Schülerfehler länger thematisiert oder aber nur abhandelt, vielleicht gar ignoriert. Die Kategoriensysteme wurden in einem ersten Entwurf entwickelt; eine Evaluation anhand von vorhandenem Videomaterial wird in Kürze erfolgen.

#### Literatur

- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin: Springer.
- Fluck, H.-R. (1996). *Fachsprachen*. Tübingen: Francke.
- Dollny, S. (2011). *Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften*. Berlin: Logos.
- Duit, R. (Hrsg.). (2010). Piko-Brief Nr. 1: Schülervorstellungen und Lernen von Physik. Verfügbar: [www.ipn.uni-kiel.de/projekte/piko/pikobriefe032010.pdf](http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/piko/pikobriefe032010.pdf) [9.2.2011].
- Heller, K.A., & Pereleth Ch. (2000). *Kognitiver Fähigkeits-Test (rev.) für 5.-12. Klassen (KFT 5-12+ R)*. Göttingen: Beltz-Testgesellschaft.
- Kauertz, A., Fischer, H.E., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 155-166.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften*. Waxmann: Münster.
- Lau, A. (2011). *Passung und Vertikale Vernetzung im Chemie- und Physikunterricht*. Logos: Berlin.
- Özcan, N. (2013). *Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie*. Berlin: Logos.
- Rincke, K. (2007). *Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht: Sprache und Kommunikation bei der Einführung in den Kraftbegriff*. Berlin: Logos.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Van Dijk, E.M., & Kattmann, U. (2010). Evaluation im Unterricht: Eine Studie über fachdidaktisches Wissen von Lehrerinnen und Lehrern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 7-21.
- Walpuski, M., Tepner, O., Sumfleth, E., Dollny, S., Hostenbach, J., & Pollender, T. (2012). Multiple perspectives on students' scientific communication & reasoning in chemistry education: VISIONS 2011: Teaching. *Acta Didactica Norge*, 6(1). Verfügbar unter: <http://adno.no/index.php/adno/article/view/206> [4.7.2012]

Marvin Krüger  
Lars Oettinghaus  
Friederike Korneck  
Laura Drobnak  
Mareike Kunter

Goethe-Universität Frankfurt am Main

## Schüler- und Peerbefragungen zu komplexitätsreduzierten Sequenzen

Im Rahmen der mehrperspektivischen Untersuchung von Unterrichtsmerkmalen, insbesondere der Qualität von Unterricht, wie sie im Rahmen des Projektes *Factio* (vgl. Korneck et al., 2014) vorgenommen wird, um Zusammenhänge zu Überzeugungen von Lehrkräften zu untersuchen, spielt neben der Videographie die Erhebung mittels Fragebögen eine zentrale Rolle. Deren Entwicklung sowie eine erste Auswertung stehen im Fokus dieses Beitrags.

### Entwicklung des Instruments und Pilotierung

Der Entwicklung des Instruments zur Messung der Unterrichtsqualität mittels Schüler- und Peerbefragungen liegen die Items der COACTIV-Studie zugrunde (Baumert et al., 2009). Mit der Wahl dieser Items ging die Entscheidung einher, die drei Dimensionen von Unterrichtsqualität, wie sie in der COACTIV-Studie Anwendung finden, als Grundlage der Unterrichtsbeurteilung zu verwenden. Es handelt sich dabei um Classroom-Management (CM) im Sinne einer effektiven Klassenführung, Kognitive Aktivierung (KA), die aus einem klaren und strukturierten Unterricht resultiert, sowie Konstruktive Unterstützung (KU), die sich in einem lernförderlichen Klima und einer angemessenen Schülerorientierung manifestiert (vgl. Helmke, 2011). Da diese Aspekte zunehmend konsensual für die Beurteilung von Unterrichtsqualität verwendet werden, wird in diesem Kontext mittlerweile auch von Basisdimensionen gesprochen (Klieme, 2006).

Da die vorliegenden Items in einem anderen Kontext entwickelt worden sind, war eine entsprechende inhaltliche Adaption unabdingbar. Aufgrund des speziellen Settings (vgl. Korneck et al. 2013), das nur eine Erhebungsdauer von zwei Minuten erlaubt, war es zudem nötig, die Anzahl der Items auf ein adäquates Maß zu reduzieren. Basis der Entscheidung für ein Item war seine Relevanz für die Bewertung einer komplexitätsreduzierten Sequenz. Insbesondere globale soziale Komponenten spielen in diesem Zusammenhang eine geringe Rolle und blieben daher unberücksichtigt. Es wurden Fachspezifika der Mathematik gegen solche der Physik getauscht und Formulierungen angepasst. Daraus resultierte zunächst ein Instrument mit 22 Items.

Tab. 1: Entwicklung der Skalen und deren Umfang

Skala	CM	KA	KU
0. COACTIV-Manual	10	13	16
1. Inhaltliche Adaption	7	7	8
2. Kurzversion nach Pilotierung	5	4/6	4

Dieser Fragebogen wurde bei den ersten sechs Erhebungsblöcken erfolgreich eingesetzt, die erhobenen Daten bilden die Grundlage der folgenden Auswertung. Für diese Auswertung sowie im Sinne der Ökonomie zukünftiger Erhebungen wurde eine Pilotierung auf Basis des ersten Erhebungsblockes durchgeführt. Dabei wurden Items, die entsprechend festgelegte Gütekriterien für die Reliabilität innerhalb ihrer Skala nicht erreicht haben, entfernt. Daraus resultierten eine erneute Kürzung und ein entsprechend kompaktes Instrument. Einen Über-

blick über die Größe des Instruments bietet Tab. 1, in der die Anzahl der Items zum jeweiligen Entwicklungsschritt dargestellt ist. Die Pilotierung implizierte dabei für die Items der Skala KA eine Differenzierung zwischen der SuS- und der Peer-Version, die linke Anzahl bezieht sich auf die SuS-Daten, die rechte auf die der Peer.

### **Struktur der erhobenen Daten**

Aufgrund der Pilotierung verbleiben nunmehr fünf Erhebungsblöcke in der Datengrundlage für die Auswertung. Die komplexe Struktur der Erhebungsblöcke ergibt sich aus dem vorliegenden Lehr-Lern-Arrangement, in dessen Rahmen erhoben wird.

Jeder Block besteht aus zwei mal sechs Sequenzen, die im Mittel von elf Peers und zwölf Schülern geratet werden. Daraus resultiert eine Gesamtzahl von 1380 Ratings, die aufgrund von Missings letztlich geringer ist. Dass jeder Peer zwölf und jeder Schüler sechs Sequenzen einschätzt, bleibt dabei momentan unberücksichtigt.

### **Auswertemethodik**

Da es in diesem Bereich bisher keine Erfahrungen gibt, war die zentrale Frage der ersten Auswertung zunächst, ob es überhaupt möglich ist, Unterrichtsqualitätsmerkmale in komplexitätsreduzierten Sequenzen von 15 Minuten Länge mit einem zweiminütigen Rating zu erheben. Dies würde wiederum eine sehr effiziente Erhebungsmethodik bedeuten.

Um die Berücksichtigung der hierarchischen Datenstruktur sowie das weitere Forschungsinteresse zu vereinen, basiert die Auswertung auf der Verwendung von Mehrebenenmodellen (konfirmatorisch-faktoranalytische Mehrebenenstrukturgleichungsmodelle) im Rahmen der Software *Mplus*. Dies eröffnet die Möglichkeit, zu einem späteren Zeitpunkt weitere Regressionen oder Korrelationen in das Strukturmodell zu integrieren, um etwa den Einfluss der Schule auf die Schülereinschätzungen zu modellieren.

Bis dahin wird für die Peers und Schüler je ein Zwei-Ebenen-Modell auf Basis der Skalen geschätzt, wie sie aus der Pilotierung hervorgegangen sind. Auf den beiden Ebenen (Ratingebene mit  $n=520/662$ , Sequenzebene mit  $n=58$ ) wird jeweils ein identisches Modell verwendet. Im Messmodell werden die Items ihrer latenten Dimension zugeordnet, im Strukturmodell werden nur die Korrelationen zwischen diesen drei Dimensionen berücksichtigt.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Es lässt sich feststellen, dass sich die drei latenten Konstrukte Classroom Management, Kognitive Aktivierung und Konstruktive Unterstützung zuverlässig in den entsprechenden Items manifestieren, da bis auf wenige Ausnahmen sämtliche Faktorladungen hoch signifikant sind. Dazu kommen Werte für die Modellpassungen, die die üblichen Gütekriterien wie  $\chi^2/df$ , RMSEA, CFI oder SRMR mindestens im akzeptablen Maß erfüllen. Die SRMR der Sequenzebenen bilden dabei eine Ausnahme, die Daten der Schüler sind dabei sogar noch etwas schlechter als die der Peer. Da diese Kriterien jedoch für Mehrebenenmodelle ohnehin vorsichtiger zu interpretieren sind und dieser Wert im Rahmen vergleichbarer Auswertungen ebenfalls der schlechteste ist (vgl. Kunter et al., 2011), widerlegt dies nicht die Implikation, dass die verwendeten Modelle auf die vorliegenden Daten passen und demnach eine derartige Erhebung sowie Auswertung legitim und angemessen ist.

### **Intraklassenkorrelation**

Bei der Verwendung aggregierter Daten wie bei der oben genannten Sequenzebene ist es von großer Bedeutung, dass ein signifikanter Anteil der Gesamtvarianz auf Unterschiede zwischen den Gruppen zurückgeführt werden kann, da die aggregierten Daten sonst zu sehr von der Uneinigkeit der Beobachter beeinflusst würden.

Zur Quantifizierung der Beobachterübereinstimmung können unterschiedliche Indizes herangezogen werden. Es wurden in diesem Fall neben den Intraklassenkorrelationen ICC(1)

bzw. ICC(2), die auf den Varianzen der Strukturgleichungsmodelle basieren, für die drei Dimensionen der Schüler und Peers jeweilig auch die klassischen Maße der Beobachterübereinstimmung  $r_{WG(j)}$  sowie  $AD_{M(j)}$  berechnet. Letztere erfüllen im Mittel alle die üblichen Grenzwerte, betrachtet man die Sequenzen einzeln, so erreichen auch hier mindestens 49 von 58 die entsprechende Grenze. Lediglich bei den Skalen CM und KA der Schüler ist die Beobachterübereinstimmung nicht groß genug, um in Anbetracht der geringen Gruppengröße ( $k=11,5$ ) die geforderte Güte für die ICC(2) zu erreichen. Bei den Peers ist dies trotz noch geringerer Gruppengröße ( $k=9$ ) jedoch unproblematisch.

### Fazit

Die gewonnenen Erkenntnisse lassen zusammenfassend den Schluss zu, dass das Instrument der COACTIV-Studie in einer entsprechend adaptierten Form auch für komplexitätsreduzierte Unterrichtssequenzen von 15 Minuten Länge und bei einer Erhebungsdauer von nur zwei Minuten sowohl für Schüler- als auch für Peer-Ratings zuverlässig funktioniert. Letztere zeichnen sich dabei sogar durch eine verbesserte Modellpassung und eine höhere Beobachterübereinstimmung aus und sind dadurch ein Mehrwert für die Beurteilung von Unterrichtsqualität.

### Ausblick

Aus der Erhebung im Rahmen einer Lehrveranstaltung, die jedes Semester angeboten wird, resultiert die kontinuierliche Erweiterung der Datengrundgrundlage um jährlich mindestens sechs Erhebungsblöcke, die für zukünftige Auswertungen berücksichtigt werden sollen. Nachdem gezeigt wurde, dass das Instrument in seiner gekürzten sowie die Auswertemethodik in ihrer umfassenden Form funktionieren, soll als nächstes der Schritt in Richtung der eigentlichen Forschungsfrage des Projektes gemacht werden. Es sollen erstmalig Aussagen über die Qualität des Unterrichts einer einzelnen Lehrperson getroffen werden, um Zusammenhänge zu ihren Überzeugungen untersuchen zu können. Dazu wird nicht mehr zwischen den einzelnen Sequenzen, sondern zwischen den einzelnen Lehrkräften unterschieden. Unberücksichtigt blieb auch die Trennung von Rater und Rating, da alle Ratings als unabhängig betrachtet worden sind. Tatsächlich bewertet eine Person jedoch mindestens sechs andere, sodass Effekte unberücksichtigt worden sind, die zukünftig noch modelliert werden. Die Verschlinkung der zunächst möglichst flexibel gewählten Auswertemethodik ist eine Möglichkeit, die in Betracht gezogen werden kann, insbesondere wenn es realisiert werden soll, Schüler- und Peerratings in einem gemeinsamen Modell zu schätzen.

### Literatur

- Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U. et al. (2009). *Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente (Materialien aus der Bildungsforschung Nr. 83)*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Dubberke, T., Kunter, M., McElvaby, N., Brunner, M., & Baumert, J. (2008). Der Einfluss der Erhebungsbedingungen auf die Validität der COACTIV-Erhebungsinstrumente. *Zeitschrift für Pädagogik*, 22, 193-206.
- Helmke, A. (2011). Forschung zur Lernwirksamkeit des Lehrerhandelns. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 630-643). Münster: Waxmann.
- Klieme, E. (2006). Empirische Unterrichtsforschung: aktuelle Entwicklungen, theoretische Grundlagen und fachspezifische Befunde. Einführung in den Thementeil. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(6), 765-773.
- Korneck, F., Kunter, M., Oettinghaus, L., Lamprecht, J., & Sach, M. (2014). Analyse von Unterrichtshandeln in komplexitätsreduzierten Sequenzen, in diesem Band.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (2011). *COACTIV: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Lütke, O., Trautwein, U., Kunter, M., & Baumert, J. (2006). Analyse von Lernumwelten. Ansätze zur Bestimmung der Reliabilität und Übereinstimmung von Schülerwahrnehmungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20, 85-96.

## Typische Experimente im Physikunterricht

### Ausgangslage

Das Experimentieren ist eine grundlegende Methode des naturwissenschaftlichen Unterrichts, dessen Einsatz im physikalischen Fachunterricht, wie auch in den anderen naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern, unumstritten ist. Zur Steigerung der Unterrichtsqualität ist es laut Tesch (2005) besonders wichtig, Experimente im Unterricht richtig einzubetten. Für eine geeignete Einbettung ist es jedoch notwendig, dass Lehrkräfte mögliche Funktionen von Experimenten kennen und diese gezielt einsetzen. In der Literatur werden zahlreiche Ziele aufgeführt, die ein Experiment aus naturwissenschaftlicher und aus fachdidaktischer Sicht erfüllen kann. Aus physikdidaktischer Sicht lassen sich experimentelle Handlungen zu vielen unterschiedlichen funktionalen Zwecken einsetzen, je nachdem welche unterrichtlichen Ziele die Lehrkraft erreichen möchte (Kircher et al., 2009; Muckenfuß, 1995). Bei einer internationalen Expertenbefragung zum Einsatz des Experimentes in der Sekundarstufe II und im ersten universitären Ausbildungsjahr, zeigte sich, dass Lehrpersonen das Hauptziel beim Einsatz von Experimenten in der Verbindung von Theorie und Praxis sehen (Welzel et al., 1998). Auch in Fallanalysen in England zeigte sich, dass Lehrkräfte eher experimentieren, um Fachinhalte zu vermitteln, als um experimentelle Arbeitsweisen oder naturwissenschaftliche Denkweisen zu vermitteln.

Bisherige Untersuchungen dazu wurden unabhängig vom gegebenen Unterricht und unabhängig eines konkreten Experiments durchgeführt. Es bleibt also ungeklärt, welche Ziele Lehrkräfte mit bestimmten Experimenten im realen Physikunterricht verfolgen.

### Untersuchungsinteresse

Im Folgenden werden zwei Teile unserer Studie (Karaböcek & Erb, 2013) vorgestellt, die den Einsatz von Experimenten im Physikunterricht und die damit verbundenen Unterrichtsziele untersucht.

1. Eine wesentliche Aufgabe des Projekts ist es, die Ziele von Lehrkräften beim Experimentieren in der Unterrichtspraxis zu erheben. Ebenfalls untersucht werden soll die Häufigkeit des Einsatzes von Experimenten durch die Lehrkräfte und deren Einstellungen gegenüber dem Experimentieren im Unterricht.
2. Die Untersuchung soll in einem zweiten Teilprojekt weiter einen Eindruck der Experimentierpraxis im Physikunterricht geben. So ist unbekannt, welche Experimente tatsächlich und in welcher Häufigkeit in Deutschlands Schulen durchgeführt werden. Gibt es beispielsweise typische Experimente für ein Themengebiet des Physikunterrichts? Es wird bezweckt, eine möglichst umfassende Übersicht des Inventars der Experimente im Physikunterricht der Sekundarstufe I und II zu erstellen.

Die Forschungsfragen zu diesen beiden Teilen der Studie lauten somit:

- *An welchen Zielen orientieren sich Lehrerinnen und Lehrer bei der Gestaltung des experimentellen Physikunterrichts im Schulalltag?*
- *Welche konkreten Experimente setzen Lehrkräfte in den Themengebieten des Physikunterrichts in der Sekundarstufe im Rahmen ihres täglichen Unterrichts ein?*

### Studiendesign & Methoden

Zur Ergänzung der Erkenntnisse bisheriger Studien, die qualitativ mit kleineren Stichproben gearbeitet haben, wird bei unserer Untersuchung in Teilstudie 1 mit Fragebögen gearbeitet, um eine große Stichprobe von Lehrenden und durchgeführten Experimenten untersuchen zu

können. Diese Fragebögen sind von Lehrkräften der Sekundarstufe über einen mehrwöchigen Zeitraum – mindestens über acht aufeinanderfolgende Unterrichtsstunden – auszufüllen. Dabei werden Variablen wie Experimentierhäufigkeit, Unterrichtsthema, durchgeführtes Experiment und dessen Klassifizierung und Ziele des Einsatzes erhoben. Jedes Experiment, das von der befragten Lehrkraft in diesem Zeitraum im Unterricht eingesetzt wird, wird im Fragebogen dokumentiert. Um die Ziele des Einsatzes zu erheben, haben Lehrkräfte die Möglichkeit, zu jedem Experiment aus einer Liste von 40 möglichen Zielen des Experimentierens auszuwählen, wobei Mehrfachantworten möglich sind. Die genannte Liste mit möglichen Zielen wurde durch eine Analyse fachdidaktischer Literatur erstellt. Für eine strukturelle Übersicht, wurden die Ziele theoriegeleitet in Zieldimensionen eingruppiert. Grundlage hierbei bildeten die drei Hauptziele naturwissenschaftlichen Unterrichts nach Hodson (1993), Kategorien nach Hofstein und Lunetta (2004) und Kategorien von Welzel et al. (1998). Abbildung 1 zeigt die fünf Zieldimensionen und die Aufteilung der Ziele auf diese.



Abb. 1: Zieldimensionen des Experimentierens

### Ergebnisse der Pilotstudie

Zur Testung des Verfahrens wurde im Frühjahr 2013 eine Pilotstudie angelegt. An 38 Lehrerinnen und Lehrern mit dem Fach Physik aus dem Rhein-Main Gebiet wurden Fragebögen in Lehrerfortbildungen verteilt. Die Rücklaufquote betrug ca. 19%; diese bilden die Grundlage der ersten Angaben. Auswertbar sind dabei 41 durch die Lehrkräfte dokumentierte Experimente. Abbildung 2 fasst die wichtigsten Ergebnisse zusammen. Bei den Zielen des Experimentierens wurden fünf der zehn häufigsten Angaben aus der Dimension „Vermittlung von Fachinhalten“ gewählt. Stark vertreten sind unter den zehn häufigsten auch affektive Ziele und Ziele zur Vermittlung sozialer Kompetenzen. Ziele zu experimentellen Kompetenzen wurden dagegen nur selten angegeben. Die Dimension „Wissensüberprüfung“ wurde nicht gewählt, sodass beim überarbeiteten Einsatz des Fragebogens diese Dimension nicht mehr berücksichtigt wird. Zu Einzelheiten dieser Erhebung kann im Rahmen der Pilotierung keine Angabe gemacht werden. Zu dieser Fragestellung soll die im November 2013 anstehende Hauptstudie Informationen liefern.

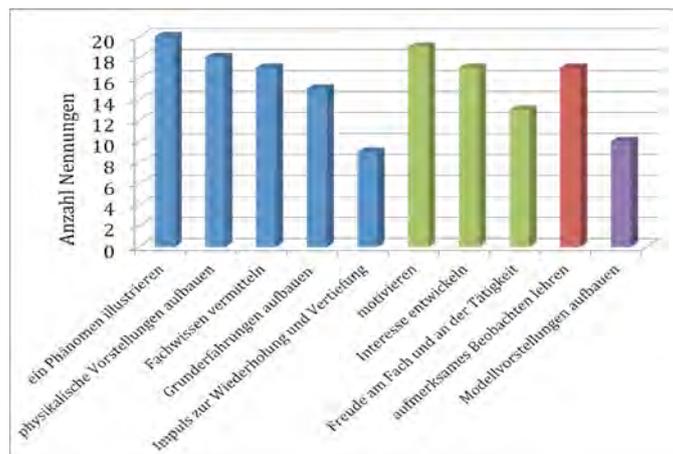


Abb. 2: Die zehn häufigsten angegebenen Ziele des Experimentierens

### Survey Experimente

Die Übersicht der Experimente soll durch den oben bereits erwähnten zweiten Teil der Studie ergänzt werden. Dieser Teil wird im Folgenden „Survey Experimente“ genannt. Zur umfassenden Darstellung der Experimentierpraxis in diesem Survey wurde ein Verfahren entwickelt, welches ohne größeren zeitlichen Aufwand der Lehrkräfte eine Erfassung der von ihnen durchgeführten Experimente ermöglicht. Hierfür erfolgt die Eingabe der Experimente in einem Online-Fragebogen. Diesem Fragebogen liegt eine Datenbank mit bisher ca. 600 Experimenten für die Sekundarstufe zugrunde. Geordnet sind die Experimente in einem mehrstufigen Kategoriensystem, welches eine fachliche Orientierung bietet. Teilnehmende Lehrerinnen und Lehrer können während der Befragung auf diese Weise durch wenige Klicks durch die Kategorien zu dem Experiment gelangen, das sie angeben möchten. Auch eine Suchfunktion für die Datenbank erleichtert die Eingabe. Zusätzlich steht eine Erweiterungsfunktion zur Verfügung, wodurch nach Kontrolle der Versuchsleitung die Datenbank der Experimente erweitert werden kann. Eine mehrmalige Eingabe der durchgeführten Experimente ist für jede teilnehmende Lehrkraft möglich und ausdrücklich erwünscht. Angedacht ist, durch den kurzen Zeitaufwand zur Eintragung der Experimente Lehrerinnen und Lehrer dazu anzuregen, die Eintragung möglichst für viele behandelte Experimente durchzuführen. Neben der thematischen Einordnung der eingetragenen Experimente ist auch eine Klassifizierung (Kircher, 2009) dieser wichtig. Hierzu werden im Online-Fragebogen weitere Variablen erhoben, die Auskunft über die Art und Weise des Experimentierens geben.

### Ausblick

Der beschriebene Online-Fragebogen wird derzeit fertiggestellt und im November 2013 pilotiert, sodass spätestens im Januar 2014 die Haupterhebung beginnen kann. Im Frühjahr 2014 sollen erste Ergebnisse des Survey Experimente vorliegen.

Ebenfalls im November 2013 startet die Haupterhebung zu Zielen des Experimentierens im Physikunterricht. Zuvor wird der Katalog der Ziele im Fragebogen überarbeitet und reduziert, welches nach einer ausführlichen konfirmatorischen Faktorenanalyse geschehen soll.

### Literatur

- Hodson, D. (1993). Re-thinking Old Ways: Towards A more Critical Approach To Practical Work. In: *Studies in Science Education*, 22 Leeds: Routledge 1993, 85-142.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- Karaböcek, F., & Erb, R. (2013). Experimentieren im Physikunterricht: Welche Ziele verbinden Lehrkräfte mit dem Experimentieren? In: H. Grötzenbauch & V. Nordmeier (Hrsg.), *PhyDid B – Didaktik der Physik*, Beitrag DD, 17-43.
- Kircher, E., Girwitz, R., & Häußler, P. (Hg.). (2009). *Physikdidaktik. Theorie und Praxis*. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Berlin: Cornelsen.
- Tesch, M. (2005). *Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*. Zugl.: Kiel, Univ., Diss. Berlin: Logos-Verl (Studien zum Physik- und Chemielernen, 42).
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Paulsen, A., Robinault, K., & von Aufschnaiter, S. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, (1), 29-44.

## Förderung des experimentellen Wissens von Chemie-Lehramtsstudierenden

### Theoretischer Hintergrund

Das Professionswissen von Lehrkräften kann für eine erfolgreiche Gestaltung unterrichtlicher Prozesse als relevant erachtet werden (Abell, 2008). Dieses lässt sich nach Baumert und Kunter in die drei Komponenten Fachwissen (content knowledge, CK), fachdidaktisches Wissen (pedagogical content knowledge, PCK) und allgemein pädagogisches Wissen (pedagogical content, PK) unterteilen (Shulman, 1987). Bisher gibt es in der chemiedidaktischen Forschung kaum Untersuchungen, die sich mit dem Zusammenhang zwischen dem experimentell-fachdidaktischem Wissen angehender Lehrkräfte und ihrem Handeln in unterrichtlichen Situationen befassen (Baumert & Kunter, 2006; Tepner et al., 2012). Um diese Forschungslücke zu schließen, wird ein universitäres Seminar zum schülerzentrierten Einsatz von Experimenten im Chemieunterricht entwickelt und evaluiert. Das Seminar folgt dem Modell der Learning Circles: 1. Lerngegenstand auswählen → 2. Pretests mit Schülern → 3. Planung der Unterrichtsstunde → 4. Durchführung der Stunde → 5. Posttests mit Schülern → 6. Analyse der videografierten Stunde → anschließend mehrmalige Wiederholung der Schritte 3. bis 6. Diese Art der Durchführung kann zu einer Verbesserung des PCK führen (Nilsson, 2013).

Je zwei Studierende sollen ihr eigens entworfenes Unterrichtskonzept an drei über das Semester verteilten Schülertagen im Lehr-Lern-Labor der Chemiedidaktik der Universität Regensburg mit jeweils unterschiedlichen Lerngruppen durchführen. Die Studierenden reflektieren ihren Unterricht anhand erstellter Videos mit Hilfe sogenannter Prompts. Diese unterstützen das Lernen von prozeduralem Wissen (Renkl, 2008; Schworm, 2007). Zudem lässt sich das fachdidaktische Wissen durch die Zusammenarbeit und den fachlichen Austausch mit anderen Lehrkräften fördern (van Driel & Berry, 2012).

### Ziele der Arbeit

- Entwicklung eines Seminarkonzepts zur Förderung des experimentell fachdidaktischen Wissens von Chemie-Lehramtsstudierenden
- Entwicklung eines Videokodiermanuals zur Erfassung des Unterrichtshandelns von angehenden Chemielehrkräften hinsichtlich des schülerzentrierten Einsatzes von Experimenten
- Aufklärung des Zusammenhangs zwischen dem experimentell fachdidaktischen Wissen von Chemie-Lehramtsstudierenden, ihrem Unterrichtshandeln und dem Lernzuwachs bzw. dem situationalen Interesse der Schülerinnen und Schüler
- Aufklärung des Zusammenhangs zwischen dem experimentell fachdidaktischen Wissen von Chemie-Lehramtsstudierenden, ihrem Unterrichtshandeln und dem Einsatz von offenen bzw. geschlossenen Prompts im Rahmen der Videoanalysen

### Design und Methoden

Der Ablauf des geplanten universitären Seminars ist in Abbildung 1 grafisch dargestellt. Zu Beginn des Seminars findet eine Vorerhebung durch Paper-Pencil-Tests statt. Neben fachdidaktischem Wissen und Fachwissen zum Thema Stofftrennung werden Zielorientierungen, fachspezifische Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden erhoben. Im Rahmen des Seminars folgt eine theoretische Einheit zur Planung von Unterricht. Im Anschluss daran entwickeln jeweils zwei Studierende ein 40-minütiges Unterrichtskonzept zum Thema Stofftrennung.

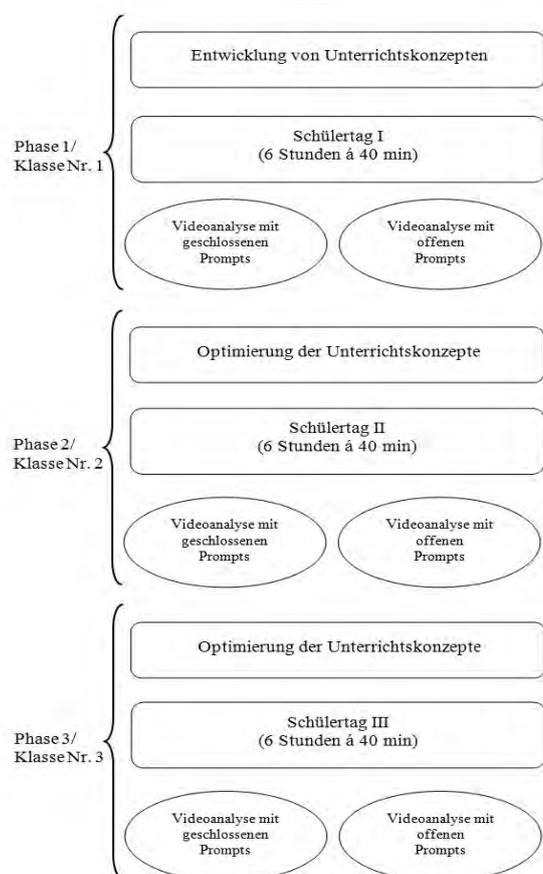


Abb. 1: Ablauf des geplanten universitären Seminars

Diese Konzepte werden am Schülertag I erprobt. Der Schülertag findet mit einer achten Klasse im Lehr-Lern-Labor der Chemiedidaktik der Universität Regensburg statt. In Pretests werden kognitive Fähigkeiten, Wissen über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, Fachwissen und das Fachinteresse der Schülerinnen und Schüler erfasst. Direkt nach jeder der sechs Unterrichtsstunden sollen die Schülerinnen und Schüler die angehenden Lehrkräfte mit je einer positiven und einer negativen Eigenschaft bewerten. In der Pilotstudie werden hier keine Auswahlmöglichkeiten vorgegeben. Des Weiteren werden von den Schülerinnen und Schülern sowohl das situationale Interesse als auch das Fachwissen in Form eines Kurztests erhoben.

Die Studierenden, die gerade nicht unterrichten, füllen Beobachtungsbögen zu den Stunden der unterrichtenden Studierenden aus. Zudem werden alle Unterrichtseinheiten videografiert. Im Anschluss an den Schülertag werden jeweils die Studierenden, die zusammen eine Unterrichtsstunde vorbereitet haben, gemeinsam interviewt.

Die Teilnehmer des studentischen Seminars werden in zwei Gruppen geteilt. Die eine Gruppe analysiert Videovignetten mit Hilfe geschlossener Prompts, die andere mit Hilfe von offenen. Ziel ist es in beiden Fällen, bis zum Schülertag II die einzelnen Unterrichtskonzepte im Hinblick auf Lehrerverhalten und Experimentierverhalten zu optimieren.

Schülertag II verläuft analog zu Schülertag I und wird mit einer anderen Lerngruppe durchgeführt. Es folgen erneut Interviews und Videoanalysen wie oben beschrieben. Anhand dieser Reflexion verbessern die Studierenden ihre Unterrichtskonzepte weiter. Es wird erwartet, dass bei den Schülerexperimenten der Fokus immer stärker auf dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg und auf die Selbststeuerung beim Durchführen der Experimente gelegt wird. Sowohl Schülertag III als auch die anschließende Analyse folgen dem bereits erläuterten Prinzip. In einer Nacherhebung am Ende des Seminars werden mit den Studierenden Posttests zum PCK und CK durchgeführt.

### **Erste Ergebnisse**

Bisher wurde ein Fachwissenstest zum Thema Stofftrennung (CK) entwickelt. Dieser setzt sich aus 26 Items mit jeweils fünf Antwortmöglichkeiten zusammen. Dabei beziehen sich zehn Items auf Wissen der Sekundarstufe I, acht Items auf Wissen der Sekundarstufe II und weitere acht auf Wissen des Grundstudiums Chemie. Zu den drei aufgezeigten curricularen Kategorien wurden jeweils Fragen zu den Unterkategorien deklaratives, prozedurales und konditionales Wissen erstellt. Im Rahmen der Präpilotierung wurden zehn Lehrkräfte, die an verschiedenen Gymnasien in Bayern unterrichten, befragt. Diese bewerteten auf einer fünfstufigen Likert-Skala die Relevanz der Aufgaben für den Unterricht und die Eindeutigkeit der Formulierung. Dadurch konnte die inhaltliche Validität der entwickelten Items bereits in diesem frühen Stadium der Testentwicklung sichergestellt werden.

Um den Schwierigkeitsgrad der Items zu ermitteln, wurde der Test mit zwölf Studierenden durchgeführt. Zu leichte und zu schwierige Items wurden aus dem Aufgabenpool entfernt.

Vor der anstehenden Pilotierung setzt sich dieser CK-Test aus 24 Items zusammen, von denen jeweils acht einer der drei curricularen Kategorien zugeordnet werden können. Jede Kategorie kann wiederum in drei Items zu deklarativem Wissen, drei Items zu prozeduralem Wissen und zwei Items zu konditionalem Wissen aufgeteilt werden.

Weitere oben beschriebene Testinstrumente konnten übernommen und adaptiert werden.

### **Ausblick**

Im Rahmen der Pilotstudie wird das beschriebene Seminar im Wintersemester 2013/14 zum ersten Mal erprobt. Im darauffolgenden Sommersemester 2014 und Wintersemester 2014/15 soll die Hauptstudie dieses Promotionsprojektes durchgeführt werden. Derzeit werden unter anderem Fragen und Inhalte der geplanten Interviews konzipiert. Des Weiteren wird ein Kodiermanual zur Auswertung der Videovignetten entwickelt.

### **Literatur**

- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469-520.
- Nilsson, P. (2013). Paper NARST 2013, Puerto Rico.
- Renkl, A., Berthold, K., & Eysink, T. H. S. (2008). Assisting self-explanation prompts are more effective than open prompts when learning with multiple representations. *Instructional Science*, 37(4), 345-363.
- Schworm, S., & Renkl, A. (2007). Learning Argumentation Skills Through the Use of Prompts for Self-Explaining Examples. *Journal of Educational Psychology*, 99(2), 285-296.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.
- Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., et al. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7-28.
- Van Driel, J. H., & Berry, A. (2012). Teacher Professional Development Focusing on Pedagogical Content Knowledge. *Educational Researcher*, 41(1), 26-28.

## Sachunterrichtsplanung in der zweiten Phase der Lehrerausbildung

### Theoretischer Hintergrund

Angehende Lehrkräfte erlernen im Rahmen der zweiten Phase ihrer Ausbildung, Unterricht selbstständig zu planen, durchzuführen und zu reflektieren. Dies stellt nämlich den Kern der Lehrertätigkeit dar (Sandfuchs, 2006a). An das hier beschriebene Teilprojekt, das sich auf die Unterrichtsplanung im Sachunterricht in der zweiten Phase der Ausbildung beschränkt, sind weitere Teilprojekte angeschlossen, in denen die Unterrichtsdurchführung und Unterrichtsreflexion untersucht werden (s. dazu Windt & Rumann, in diesem Band).

Unterrichtsplanung umfasst „alle dem Unterricht vorausgehenden Maßnahmen [...], die das Lehren und Lernen im Unterricht selbst optimieren“ (Sandfuchs, 2006a, S. 696). Durch das Schreiben von Unterrichtsentwürfen sollen sich die angehenden Lehrkräfte über ihre eigenen Unterrichtsziele und -absichten Klarheit verschaffen, ihr geplantes Vorgehen präzise durchdenken (Mühlhausen, 2007) und dieses methodisch und didaktisch begründet darlegen (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW, 2012). Des Weiteren muss sich laut Sandfuchs (2006b) die Unterrichtsplanung an den Qualitätskriterien für guten Unterricht, wie z. B. von Helmke (2009) formuliert, orientieren.

Basierend auf diesen Qualitätsmerkmalen haben Pietsch und Schulze (2008) ein Qualitätsstufenmodell des Unterrichts entwickelt. Es besteht aus vier aufeinanderfolgenden Stufen, in die der Unterricht, entsprechend seiner Qualität, eingeteilt werden kann. Die einzelnen Stufen werden durch spezifische Qualitätsmerkmale charakterisiert und stellen „jeweils unterschiedlich anspruchsvolle Anforderung[en] an die Gelingensbedingungen guten Unterrichts“ (Pietsch & Schulze, 2008, S. 52). Unterricht auf der Niveaustufe eins erfüllt nur die Qualitätsmerkmale *Klassenführung* und *Klarheit & Strukturiertheit*. Auf der zweiten Stufe wird die Unterrichtsqualität durch die zusätzliche Beachtung des Merkmals *Angebotsvielfalt* erhöht. Auf den ersten beiden Stufen liegt demnach der Fokus auf grundlegenden Aspekten der Unterrichtsorganisation und -strukturierung. Stufe drei erfordert das zusätzliche Einbeziehen der Merkmale *Lernförderliches Klima*, *Motivation* und *Schülerorientierung* und Stufe vier der Merkmale *Umgang mit Heterogenität* und *Aktivierung*. Ein weiterer Qualitätsanstieg und damit die Einteilung des Unterrichts zu Stufe drei und vier, wird demnach durch das Einbeziehen der individuellen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Interessen der Schülerinnen und Schüler, also der Individualebene, gewährleistet (Pietsch & Schulze, 2008).

Die in der Literatur aufgeführten Qualitätsmerkmale für guten Unterricht sind bislang nicht sachunterrichtsspezifisch formuliert. In einer sachunterrichtsbezogenen Unterrichtsplanung müssen allerdings sachunterrichtsspezifische Besonderheiten beachtet und im schriftlichen Unterrichtsentwurf umgesetzt werden. Das bedeutet, dass z. B. der Bildungsanspruch des Faches Sachunterricht, „die jungen Menschen zu kompetentem Handeln in gegenwärtigen und zukünftigen Lebenssituationen zu befähigen“ (Kahlert, 2006, S. 544), berücksichtigt werden muss. Des Weiteren deckt der Sachunterricht inhaltlich fünf Perspektivbereiche ab: die sozialwissenschaftliche, naturwissenschaftliche, geographische, historische und technische Perspektive (GDSU, 2013). Diese fünf genannten Perspektiven werden in dem Perspektivrahmen der GDSU zusammengefasst und spezifizieren den Bildungsauftrag des Sachunterrichts, der die Schülerinnen und Schüler dabei unterstützen soll, „ihre natürliche, kulturelle, soziale und technische Umwelt sachbezogen zu verstehen, sie sich auf dieser

Grundlage bildungswirksam zu erschließen und sich darin zu orientieren, mitzuwirken und zu handeln“ (GDSU, 2013, S. 9).

Im Bereich des Sachunterrichts liegen bisher nur prozessbezogene Studien vor, die beschreiben, *wie* Studierende, angehende Lehrkräfte sowie Lehrerinnen und Lehrer ihren Sachunterricht planen (vgl. u. a. Giest, 2002; Hedtke, Kahlert & Schwier, 1998; Tänzer, 2012). Die qualitative Veränderung der Unterrichtsplanung im Verlaufe der zweiten Ausbildungsphase wurde bislang nicht untersucht, sodass das Dissertationsprojekt an diesem Punkt ansetzt.

### **Forschungsfragen**

Vor diesem Hintergrund ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Wie verändert sich die Qualität der Unterrichtsplanung im Sachunterricht im Verlauf der zweiten Ausbildungsphase?
- Wie verändert sich die Qualität der Planung im Sachunterricht hinsichtlich einzelner Qualitätsmerkmale im Verlauf der zweiten Ausbildungsphase?

### **Methoden & Design**

Für die Untersuchung dieser Fragen sollen Unterrichtsplanungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Verlauf der zweiten Ausbildungsphase hinsichtlich ihrer Qualität bewertet werden. Zu diesem Zweck wird ein Kategoriensystem entwickelt, das die fächerübergreifenden Qualitätsmerkmale für guten Unterricht (Helmke, 2009) mit den spezifischen Besonderheiten der Sachunterrichtsdidaktik (vgl. hierzu u. a. Bartnitzky et al. 2009; GDSU, 2013; Kahlert, 2006; Kaiser, 2010) zu folgenden sechs Qualitätsmerkmalen zusammenführt: Klassenführung, Klarheit & Strukturiertheit, Aktivierung, Lernförderliches Klima, Umgang mit Heterogenität und Angebotsvielfalt. Die einzelnen Merkmale werden jeweils durch fünf bis zwölf Facetten spezifiziert.

In der Hauptstudie wird die Qualität der Sachunterrichtsplanung von 75 angehenden Lehrkräften eines Seminarstandortes in NRW zu drei Zeitpunkten anhand des entwickelten Kategoriensystems erfasst. Dazu werden ihre schriftlichen Unterrichtsentwürfe herangezogen, die sie im Rahmen von Unterrichtsbesuchen verfassen. Die Themen werden für die Unterrichtsbesuche im Sachunterricht nicht vorgegeben, um einen möglichst umfassenden Einblick in die sachunterrichtlichen Kompetenzen der angehenden Lehrkräfte zu erhalten.

Da die Unterrichtsbesuche Prüfungssituationen für die angehenden Lehrkräfte darstellen und die Unterrichtsplanung meist auf die Unterrichtsvorstellungen der Seminarleitung abgestimmt wird, werden diese Vorstellungen als Kontrollvariable erhoben. Zusätzlich werden auch der Ausbildungshintergrund der ersten Phase, die bis zum Vorbereitungsdienst gesammelte Erfahrung im Planen von Sachunterricht, das allgemeine Interesse an den Natur- und Gesellschaftswissenschaften, die Selbsteinschätzung bezüglich der eigenen sachunterrichtsspezifischen Unterrichtsplanung sowie die Zufriedenheit mit der aktuellen Unterrichtsplanung der angehenden Lehrkräfte kontrolliert. Diese Variablen werden zu Beginn der Studie durch einen Fragebogen erfasst. Die beiden zuletzt genannten Kontrollvariablen werden zu jedem Messzeitpunkt erhoben, um die Selbsteinschätzungen der angehenden Lehrkräfte bezüglich ihrer sachunterrichtsspezifischen Unterrichtsplanung mit der objektiv erhobenen Qualität der Unterrichtsplanung vergleichen zu können.

Der Erhebungszeitraum erstreckt sich längsschnittlich über die 1,5 jährige Ausbildungsphase in NRW.

### **Literatur**

Barnitzky, H., Brügelmann, H., Hecker, U., Heinzl, F., Schönknecht, G., Speck-Hamdan, A. (2009). Kursbuch Grundschule. Frankfurt a. M.: Grundschulverband.

- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.). (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Giest, H. (2002). *Entwicklungsfaktor Unterricht. Empirische Untersuchungen zum Verhältnis von Unterricht und Entwicklung in der Grundschule, dargestellt am Beispiel des Heimatkunde- und Sachkundeunterrichts*. Landau: Empirische Pädagogik e.V.
- Hedtke, R., Kahlert, J., & Schwier, V. (1998). *Umweltbildung, Unterrichtsvorbereitung und Internet. Wie nutzen Lehrerinnen und Lehrer Umweltinformationen im Internet?* Berlin: Unesco-Verbindungsstelle Umwelterziehung.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Klett-Kallmeyer.
- Kahlert, J. (2006). *Sachunterricht*. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Hrsg.), *Handbuch Unterricht*. (S. 543-551). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kaiser, A. (2010). *Neue Einführung in die Didaktik des Sachunterrichts*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW (2012). *Ordnung des Vorbereitungsdienstes und der Staatsprüfung für Lehramter an Schulen – OVP*. Frechen: Ritterbach Verlag.
- Mühlhausen, U. (2007). *Unterrichtsvorbereitung – wie am besten?* In P. Daschner & U. Drews (Hrsg.), *Kursbuch Referendariat*. (S. 40-58). Weinheim: Beltz.
- Pietsch, M., & Schulze, P. (2008). *Struktur und Entwicklung von Unterrichtsqualität. Das Qualitätsstufenmodell des Unterrichts der Schulinspektion Hamburg*. *Hamburg macht Schule – Zeitschrift für Hamburger Lehrkräfte und Elternräte*, 20(3-4), 52-53.
- Sandfuchs, U. (2006a). *Grundfragen der Unterrichtsplanung*. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Hrsg.), *Handbuch Unterricht* (S. 685-694). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Sandfuchs, U. (2006b). *Ebenen, Prinzipien und Situationen der Planung*. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Hrsg.), *Handbuch Unterricht* (S. 695-701). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Tänzer, S. (2012). *Wie bewältigen Lehramtsanwärterinnen die Planung von Sachunterricht? – Erste Ergebnisse aus einem Forschungsprojekt*. In H. Giest, E. Heran-Dörr & C. Archie (Hrsg.), *Lernen und Lehren im Sachunterricht. Zum Verhältnis von Konstruktion und Instruktion* (S.199-206). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

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> Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg

## **Problembasiertes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht - Fortbildungsverhalten und Fortbildungsbedarf von Lehrkräften**

### **Einleitung**

Problembasiertes Lernen (PBL) wird seit vielen Jahren in verschiedenen Studiengängen erfolgreich eingesetzt, um Handlungskompetenz und Problemlösekompetenz zu vermitteln. Da die Bildungspläne in Deutschland insbesondere auf solche Kompetenzen abzielen, könnte eine stärkere Integration von PBL in den Unterricht in diesem Bereich einen wichtigen Beitrag leisten. Hierzu sind zwei Schritte nötig. Erstens müssen praktikable Unterrichtsmaterialien zum einfachen Einsatz entwickelt werden, sodass die PBL-Einheiten unter den schulischen Rahmenbedingungen (z. B. Klassengröße) umsetzbar sind und dass sie das Erlernen bildungsplanbezogenen Stoffes gewährleisten. Zweitens müssen Lehrkräfte befähigt werden, die Methode PBL und die Unterrichtseinheiten auf ihre persönlichen Rahmenbedingungen anzupassen und im Unterricht zu verwenden. Wir haben entsprechende Lehrerfortbildungen durchgeführt und die TeilnehmerInnen anschließend befragt. Außerdem wird derzeit eine allgemeine Umfrage zu den Themen Methodenvielfalt und Fortbildungen durchgeführt. Insbesondere soll hierbei ermittelt werden, ob PBL schon bekannt ist, welche anderen Methoden eingesetzt werden und wie hoch die Bereitschaft der LehrerInnen ist, neue Methoden zu erlernen und welche Wege sie hierzu nutzen. Die Ergebnisse beider Umfragen sollen dazu genutzt werden, lehrergerechte PBL-Fortbildungen anzubieten, um so möglichst viele Lehrer dazu zu animieren, PBL erfolgreich in ihrem Unterricht einzusetzen.

### **Problembasiertes Lernen**

Problembasiertes Lernen wurde erstmals 1969 an der McMaster University in Kanada im Studiengang Medizin eingesetzt (McMaster; Albanese 1993). Ziel ist es bis heute, den Medizinstudenten anwendbares Wissen und Handlungskompetenz für den Berufsstart zu vermitteln. Dazu arbeiten die Studierenden in betreuten Kleingruppen an der Lösung eines konkreten Problems (z. B. Krankheitsbild). Die Lernenden handeln nach einem festgelegten Ablauf, bei dem sich Gruppendiskussionen und Selbststudienphasen regelmäßig abwechseln. Durch die erzielten Erfolge verbreitete sich PBL weltweit zunächst innerhalb des Studiengangs Medizin. Mittlerweile wurde PBL auf viele andere Studienfächer übertragen. Im englischsprachigen Raum findet man zunehmend auch Literatur zum Einsatz von PBL in der Schule (Delisle, 1997; Torp, 1998; Lambros, 2004).

### **PBL in der Schule**

Im Rahmen vorangegangener Arbeiten konnte bereits gezeigt werden, dass PBL prinzipiell auch für den Schulunterricht geeignet ist, dass SchülerInnen Schlüsselkompetenzen für lebenslanges Lernen vermittelt und somit die in den Bildungsplänen geforderten Kompetenzen gefördert werden (Knemeyer, 2008). Seitdem wurde die Umsetzung weiterentwickelt und speziell auf den Schulalltag angepasst. Neben strukturellen Veränderungen, z. B. Einführung von Abteilungsleiterkonzept und Mitarbeiterseminaren, wurden die PBL-Fälle in eine virtuelle Lernwelt ([www.lucycity.de](http://www.lucycity.de)) eingebettet (Marmé, 2011). Das heißt, die PBL-Fälle beziehen sich auf eine virtuelle Firma, die in Lucycity ansässig ist und deren Internetseiten den Hintergrund für den PBL-Fall liefern. Beispielsweise sind die SchülerInnen Mitarbeiter der Firma *Windhösel-Kraftwerke* ([www.windhoesel-](http://www.windhoesel-)

kraftwerke.lucycity.de) und müssen ein Modell eines Aufwindkraftwerkes planen und bauen (Jannack, 2011).

### **Verbreitung von Methoden und Fortbildungsverhalten von Lehrkräften**

Aktuell wird eine allgemeine Befragung bei Lehrkräften durchgeführt, um konkrete Informationen zu erhalten, welche Lehr-/Lernmethoden bekannt sind und welche tatsächlich im Unterricht eingesetzt werden. Außerdem werden Angaben zum Fortbildungsverhalten abgefragt. Obwohl bisher erst die Daten von 54 Lehrkräften aus Baden-Württemberg und Hessen zur Verfügung stehen und ausgewertet wurden, lassen sich erste Trends ablesen. Diese müssen allerdings noch durch eine größere Datenmenge abgesichert werden, um statistisch belastbare Aussagen treffen zu können.

#### *Bekannt und verwendete Methoden*

Obwohl jeweils über 75% der befragten Lehrkräfte mindestens 18 der vorgegebenen 27 Methoden kennen, werden nur folgende vier Methoden von mindestens zwei Drittel der Befragten regelmäßig eingesetzt: fragend-entwickelnder Unterricht, Frontalunterricht, Partner- und Gruppenarbeit, Referate. Diese Methoden eignen sich nur unzureichend zum Kompetenzerwerb, wie er in den Bildungsplänen gefordert wird. Viele Methoden, die wesentlich stärker auf die Förderung von Schlüsselkompetenzen abzielen, sind bei den Lehrkräften zwar prinzipiell bekannt, werden aber nur sehr selten eingesetzt. Dies könnte daran liegen, dass die LehrerInnen mit den Methoden nicht vertraut genug sind, um sie sicher in ihren Unterricht integrieren zu können, oder sie halten die Methoden für nicht praktikabel. Ein anderer Grund könnte auch das Fehlen ausgearbeiteter Unterrichtseinheiten sein, sodass die Methoden aufgrund zu langer Vorbereitungszeit nicht verwendet werden. PBL spielt im Unterrichtseinsatz mit einer regelmäßigen Anwendung von ca. 15% nur eine untergeordnete Rolle.

#### *Kennenlernen und Lernen von Methoden*

Ein weiterer Schwerpunkt der Umfrage besteht in der Untersuchung der Verbreitungsmöglichkeiten neuer Methoden. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass Lehrkräfte neue Methoden in der Regel über Fachliteratur, den Austausch mit Kollegen und bei Fortbildungen kennenlernen. Andere Informationswege, auch das Internet, spielen nur eine untergeordnete Rolle. Bei dieser Frage beschränkt sich das Kennenlernen der Methode darauf, von der Methode gehört zu haben und zu wissen, dass es sie gibt. Fragt man jedoch, wie die Lehrkräfte Methoden erlernen (Mehrfachnennungen möglich), spielt der persönliche Austausch (Gespräch mit Kollegen (45%) und Fortbildungen (65%)) eine zentrale Rolle. Dagegen werden Bücher, Fachzeitschriften und das Internet als weniger geeignet empfunden (jeweils unter 10%). Diese Angaben bestätigen die Wichtigkeit von Lehrerfortbildungen und die anschließende Diskussion im Kollegium für die Verbreitung neuer Methoden.

#### *Fortbildungsverhalten*

Bisher zeigt die Umfrage prinzipiell eine hohe Bereitschaft der LehrerInnen zur Fortbildung. 70% der Lehrkräfte nehmen jedes Schuljahr mindestens an einer Fortbildung teil (davon 20% sogar an drei oder mehr). Weitere 20% gehen alle zwei bis drei Jahre auf eine Fortbildung und nur 10% der Befragten geben an, höchstens alle vier Jahre an einer Fortbildung teilzunehmen. Hierbei handelt es sich in der Regel um ältere männliche Kollegen mit einer relativ geringen Restdienstzeit.

Fortbildungen dienen oft der Verbesserung der bereits bekannten Methoden, z. B. durch Vorstellung neuer Unterrichtsbeispiele. Fast die Hälfte der befragten Lehrkräfte hat aber auch Interesse an Fortbildungen zum Einsatz neuer Methoden im Schulunterricht. Der Anteil der an Fortbildungen interessierten Lehrkräfte war in der Altersklasse von 46-55 Jahren mit 70% mehr als doppelt so hoch, wie in den übrigen Altersklassen (ca. 30%). In der mittleren Altersklasse liegt die Ausbildung schon etwas zurück, aber die Restdienstzeit ist noch so lange, dass sich Weiterbildung lohnt. Sie haben erkannt, dass seit ihrer Ausbildung Neues

entwickelt wurde und sind bereit sich darauf einzulassen. Umgekehrt bedeutet dies aber auch, dass Methoden schon während des Studiums oder des Referendariats vermittelt werden sollten, um eine effiziente Verbreitung auch unter den jungen Lehrkräften zu gewährleisten.

### **Lehrerfortbildung zu PBL**

Insgesamt zeigen die bisherigen Daten der oben vorgestellten Umfrage, dass Fortbildungen das Mittel der Wahl zu sein scheinen, um einerseits den Bekanntheitsgrad der Methode PBL in der Schule zu steigern und andererseits die Methode den LehrerInnen so zu vermitteln, dass sie sich zutrauen, diese auch in ihrem Unterricht einzusetzen. Dafür wurden entsprechende Fortbildungen entwickelt und durchgeführt. Hier wird zunächst die Methode PBL und deren Anpassung auf die Schule inklusive der Lernwelt *Lucycity* vorgestellt. Anschließend nehmen die TeilnehmerInnen die Rolle der SchülerInnen ein und durchlaufen eine PBL-Aufgabe (in gekürzter Form), um die Methode mit all ihren Vorteilen und eventuellen Problemen zu „erfahren“. Die Befragung von bisher 38 TeilnehmerInnen zweier Fortbildungen ergab, dass 75% PBL als schultaugliche Methode einstufen, die restlichen 25% machten keine Angabe. Außerdem gaben alle Befragten an, dass sich PBL als Methode für interdisziplinäre Themen (die in immer mehr Bildungsplänen gefordert werden) eignet. Zwei Drittel der Befragten denken, dass PBL für SchülerInnen motivierend ist und sehen die Möglichkeit besonders Schülerinnen mit Hilfe von PBL im naturwissenschaftlichen Unterricht besser zu fördern/integrieren. 75% der Befragten können sich vorstellen PBL in der vorgestellten Form im Unterricht einzusetzen und haben Interesse bekundet an weiteren Fortbildungen auf diesem Gebiet teilzunehmen, um an weiteren Beispielen ihr Wissen zu vertiefen und mehr Sicherheit in der Umsetzung zu erlangen. Insgesamt lobten die TeilnehmerInnen den Praxisbezug der Fortbildungen und die direkte Anwendbarkeit für den Unterricht.

### **Ausblick**

Auf Grundlage der bisherigen Ergebnisse sollen weitere Fortbildungen durchgeführt und weitere Lehrkräfte befragt werden, um genauere Erkenntnisse zu erhalten und eine differenziertere Auswertung vornehmen zu können. Darüber hinaus ist geplant, Fortbildungsteilnehmer nach einiger Zeit über den Einsatz der neu erlernten Methode zu befragen, um auf eventuelle Probleme bei der Umsetzung reagieren und die Fortbildungen entsprechend anpassen zu können.

### **Literatur**

- Albanese, M. A., & Mitchell, S. (1993). Problem-based learning: A review of literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*, 68, 52-81.
- Bildungsplan (2004). Bildungsplan 2004 des Landes Baden-Württemberg. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport. Abrufbar unter [www.bildung-staerkt-menschen.de](http://www.bildung-staerkt-menschen.de).
- Delisle, R. (1997). How to use problem-based learning in the classroom. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Jannack, V., Seeberg, S., Knemeyer, J.-P., & Marmé, N. (2011). Windhösel Kraftwerke - ein Unterrichtsprojekt zum Thema Regenerative Energien. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie* (S. 312-314). Münster: LIT-Verlag.
- Lambros, A. (2004). *Problem-Based Learning in Middle and High School Classrooms: A Teacher's Guide to Implementation*. Thousand Oaks, California (Crowin Press), 2002/2004.
- Knemeyer, J.-P., Illert, S., & Marmé, N. (2008). Problembasiertes Lernen - eine geeignete Methode zur Förderung von Schlüsselkompetenzen bei Schülern. In D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung* (S. 386 - 388). Münster: LIT-Verlag.
- 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* (S. 303 - 305). Münster: LIT-Verlag.
- Mc Master University Hamilton, Ontario, Kanada. [www.fhs.mcmaster.ca/mdprog](http://www.fhs.mcmaster.ca/mdprog) (Stand: 24.09.2013).
- Torp, Linda & Sage, Sara (1998). *Problems as Possibilities: Problem-Based Learning for K-12 Education*. Association for Supervision & Curriculum Development, 2. Auflage, 1998/2002.

Annette Flechsig<sup>1</sup>  
 Verena Jannack<sup>1</sup>  
 Jens-Peter Knemeyer<sup>2</sup>  
 Nicole Marmé<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pädagogische Hochschule Heidelberg  
<sup>2</sup> Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg

## **Förderung von wissenschaftlichem Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht**

### **Theoretischer Hintergrund**

Das Schreiben in den Naturwissenschaften hat eine wichtige Funktion. Naturwissenschaftliche Forschung ist – wie jede andere Forschung auch – ohne Schreiben nicht vorstellbar (Becker-Mrotzek & Böttcher, 2011; Ebel & Bliefert, 1998). Das Schreiben von wissenschaftlichen Texten ist ein wichtiger Bestandteil der Kommunikationsfähigkeit und zählt daher zu den Schlüsselqualifikationen eines Naturwissenschaftlers (Bereich Lehre- Arbeitsstelle für Hochschuldidaktik, Universität Zürich, 2007). Tatsächlich beginnt das wissenschaftliche Schreiben schon in dem Moment, wo Ausarbeitungen, Präsentationen, oder (Kurz-)Referate aufbereitet werden müssen. Dies findet nicht erst in der Hochschule statt, sondern ist bereits fester Bestandteil der schulischen Ausbildung.

Das wissenschaftliche Schreiben bereits in der Schule zu fördern, lässt sich zudem durch die in den aktuellen Bildungsstandards (Bildungsplan Gymnasium, 2004) für das Land Baden-Württemberg geforderten überfachlichen Kompetenzen in den naturwissenschaftlichen Basisfächern (Biologie, Chemie, Geographie und Physik) sowie in dem Fach Naturwissenschaft und Technik (NwT) legitimieren. Unter dem Punkt 'Leitgedanken zum Kompetenzerwerb' werden folgende Kenntnisse, Kompetenzen und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf das Schreiben genannt (Bildungsplan Gymnasium, Naturwissenschaften und Technik, 2004):

- die Schülerinnen und Schüler betrachten komplexe Sachverhalte unter naturwissenschaftlichen und technischen Aspekten und wenden fachspezifische naturwissenschaftliche Sicht- und Analyseweisen an;
- die Schülerinnen und Schüler verstehen naturwissenschaftlich-technische, auch englischsprachige Texte;
- die Schülerinnen und Schüler verfassen naturwissenschaftlich-technische Texte und erwerben Fähigkeiten, um Hypothesen und Prognosen aus dem naturwissenschaftlich-technischen Bereich verbal auszudrücken und argumentativ zu untermauern.

Trotz dieser in den Bildungsstandards geforderten Richtlinien erhalten Schülerinnen und Schüler im Physik- und Chemieunterricht nur selten die Gelegenheit, eigenständig Texte zu verfassen. Die Schreibleistung beschränkt sich überwiegend auf das Notieren von diktierten Merksätzen oder die Übernahme von vorgegebenen Textbausteinen von der Tafel (Hanser, 1999). Da die Lernenden bei dieser Art der Textproduktion keine eigenen Gedankengänge entwickeln, erscheint das Schreiben in dieser Form als mühsame und sehr ungern ausgeführte Tätigkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht (Ryan & Deci, 2000). Laut Pohl (2007) ist die Ontogenese wissenschaftlichen Schreibens kein Automatismus. Deshalb sollten Faktoren wie eine problemorientierte Lernumgebung, der beständige Aufbau fachlichen Wissens, die regelmäßige Begegnung mit wissenschaftlicher Literatur, die Möglichkeit wiederholter und variiertes Schreibversuche sowie vor allem Entwicklungszeit für den Erwerb von Kompetenzen im wissenschaftlichen Schreiben berücksichtigt werden.

### **Hauptziel der Studie**

Vor diesem Hintergrund ergibt sich die wissenschaftliche Fragestellung, den Kompetenzzuwachs von Schülerinnen und Schülern im Schreiben von wissenschaftlichen Texten nach

dem Durchlaufen von verschiedenen Förderinstrumenten im Rahmen einer Studie zu evaluieren. Insbesondere soll die Studie dabei helfen, Antworten auf folgende Forschungsfragen zu finden:

- Lassen sich durch den Einsatz der virtuellen Lernumgebung Lucycity<sup>1</sup> und durch die Durchführung eines Schreibkurses die Einstellungen und Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern bezüglich wissenschaftlichen Schreibens verändern?
- Lässt sich durch eine problemorientierte Lernumgebung (Lucycity) die Motivation der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf (wissenschaftliches) Schreiben erhöhen?

### Design und Methoden der Studie

Zur Überprüfung der Forschungsfragen wird eine quasiexperimentelle Studie mit einer Interventions- und Kontrollgruppe durchgeführt (siehe Tab. 1). Die Interventionsgruppe erhält ein Schreibtraining und arbeitet danach im Unterricht mit der Lernplattform Lucycity. Darüber hinaus sollen die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe die Ergebnisse ihrer Lucycity-Forschungsprojekte in selbstständig verfassten wissenschaftlichen Texten fixieren, welche in der Wissenschaftszeitung „Lucycity Daily News“ oder der Zeitschrift „Lucycity Science Magazine“ auf der Lernplattform veröffentlicht werden. Die Kontrollgruppe 2 nimmt ebenfalls am Schreibtraining teil und hat danach regulären Fachunterricht. In der Kontrollgruppe 1 wird kein Schreibtraining durchgeführt, sondern regulär unterrichtet. Die zur Verfügung stehende Unterrichtszeit und der mit dem Lehrplan kompatible Unterrichtsstoff sind für alle Gruppen identisch, sodass die Rahmenbedingungen für die Unterrichtsdurchführung in allen Gruppen annähernd konstant gehalten werden.

Tab. 1: Ablauf der Studie

Kontrollgruppe 1 3 Klassen	Kontrollgruppe 2 3 Klassen	Interventionsgruppe 3 Klassen
ca. 300 Schüler/innen; Gymnasien; Jahrgangsstufe 9/10 im Fach NwT		
<b>Phase I: Erhebung</b>		
PRÄ (Fragebogen und Kompetenztest)		
<b>Phase II: Projekt</b>		
<b>regulärer Unterricht</b> 2 Wochen	<b>Schreibkurs</b> 2 Wochen	<b>Schreibkurs</b> 2 Wochen
POST (Fragebogen und Kompetenztest)		
<b>Regulärer Unterricht</b> 2 Wochen	<b>Phase III: Intervention</b>	
	<b>Regulärer Unterricht</b> 2 Wochen	<b>Intervention: Lucycity</b> 2 Wochen
	NwT-Unterricht	NwT-Unterricht: (Lucycity-Projekt)
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Treatment Schreibkompetenz, Motivation</div> <div style="font-size: 2em;">↓</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Treatment Schreibkompetenz, Motivation</div> </div>		
<b>Phase IV: Follow up</b> (Fragebogen und Kompetenztest)		

Die Effekte des Schreibtrainings hinsichtlich der Einstellungen und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler auf dem Gebiet, Texte zu verfassen, werden anhand eines Prä-/Post-Test-Designs mit Follow up-Erhebung erfasst. Hierzu wird die Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf ihre Fähigkeiten, Texte zu verfassen, mit einem Fragebogen (in Anlehnung an Proske, 2007) ermittelt. Darüber hinaus wird anhand einer Kurzskala die intrinsische Motivation (Wilde et al., 2009) der Schülerinnen und Schüler während des

<sup>1</sup> Weitere Informationen unter [www.lucycity.de](http://www.lucycity.de).

Schreibtrainings erhoben. Das Testinstrument zur Überprüfung des Kompetenzzuwachses im Verfassen von Texten befindet sich noch in der Entwicklung.

### Erste Ergebnisse

In einer Pilotphase wurde das Schreibtraining an 101 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 9 an Gymnasien in Heidelberg und Mannheim (Baden-Württemberg) getestet. Nach Auswertung der Kurzskala zur intrinsischen Motivation während des Schreibtrainings stufen die Schülerinnen und Schüler das Interesse am Schreibtraining mit der Gesamtnote 3 generell als mittelmäßig ein. Die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler fühlen sich während des Trainings nicht unter Druck gesetzt und haben ein relativ hohes Maß an Selbstbestimmung (siehe

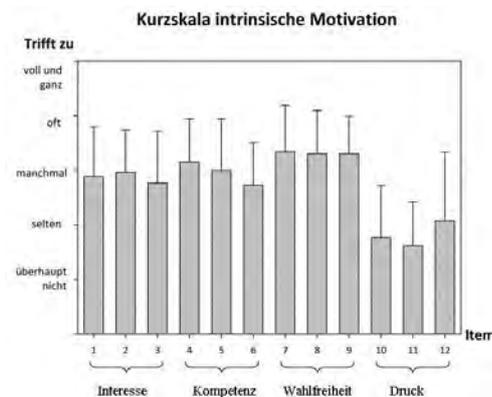


Abb. 2: Kurzskala Motivation

Nach Auswertung des Prä- und Post-Fragebogens bewerten die Schülerinnen und Schüler nach dem Schreibtraining ihre eigenen Fähigkeiten auf dem Gebiet Texte zu verfassen schlechter. Die Ursache hierfür ist noch Bestandteil der wissenschaftlichen Forschung.

### Ausblick

Die im Jahr 2014 geplante Hauptstudie soll Aufklärung darüber bringen, ob das Schreibtraining in Kombination mit der problemorientierten Lernumgebung Lucycity signifikante Effekte auf Interesse und Kompetenzzuwachs auf dem Gebiet Texte zu verfassen, hat. Darüber hinaus werden gezielt Leitfadenterviews mit Schülerinnen und Schülern nach dem Schreibtraining geführt und qualitativ ausgewertet, um ihre Selbsteinschätzung sowie Lernerfolge nachvollziehen zu können. Der in der Pilotphase getestete Fragebogen wird auch in der Hauptstudie eingesetzt.

### Literatur

- Becker-Mrotzek, M., & Böttcher, I. (2011). Schreibkompetenz entwickeln und beurteilen. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. 3. Auflage. Berlin: Cornelsen.
- Bereich Lehre- Arbeitsstelle für Hochschuldidaktik (2007). Dossier Wissenschaftliches Schreiben und studentische Lernen. Universität Zürich.
- Ebel, H., & Bliefert, C. (1998). Schreiben in den Naturwissenschaften. Weinheim: Wiley VCH.
- Hanser, C. (1999). Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bern, u. a.: Paul Haupt Verlag.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.). (2004). Leitgedanken zu Kompetenzerwerb für das Fach Naturwissenschaften (Gymnasium).
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.). (2004). Bildungsplan für das Gymnasium für das Fach Naturwissenschaft und Technik.
- Pohl, T. (2007). Studien zur Ontogenese wissenschaftlichen Schreibens. In A. Burkhardt et al. (Hrsg.), Reihe Germanistische Linguistik, 271 (524-526). Tübingen: Niemeyer.
- Proske, A. (2007). Wissenschaftliches Schreiben: Konzeption und Realisierung computerbasierter Trainingsaufgaben. VDM Verlag Dr. Müller.
- Ryan, R.M., & Deci, E.L. (2000). Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist* Volume, 55(1), 68-78.
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A., & Urhahne D. (2009). Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 31-45.

## Wie lernen Schüler/innen naturwissenschaftliches Arbeiten?

Fähigkeiten des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens sind ein wichtiger Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung und gehören, neben dem Aufbau fachinhaltlicher Kompetenzen, zu den zentralen Zielen des Physikunterrichts (KMK, 2005). Insbesondere im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen gibt es jedoch bisher nur wenige, häufig in der Primar- und (frühen) Sekundarstufe I verortete, Untersuchungen dazu, wie entsprechende Fähigkeiten aufgebaut werden können. Unklar ist zudem, durch welche Merkmale sich erfolgreiche Lernangebote in diesem Fähigkeitsbereich auszeichnen (Zimmerman, 2007). In einer Interventionsstudie sollen deshalb Schüler/innen der Einführungsphase (Klasse 11) bei der Bearbeitung von auf den Schwerpunkt „naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten“ gerichteten Lernaufgaben auf Video aufgezeichnet und die dabei dokumentierten Prozesse sowie deren Zusammenhänge mit spezifischen Personenmerkmalen analysiert werden.

### Konzeption der Studie

Die Studie ist in einem Treatment-Kontroll-Design angelegt (siehe Abb. 1). Die Intervention besteht aus drei Lerneinheiten zu unterschiedlichen Teilbereichen des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens mit einem Gesamtumfang von ca. 225 Minuten, die über einen Zeitraum von drei Wochen von Schüler/innen der Einführungsphase bearbeitet werden.

Die Bearbeitung der Lerneinheiten erfolgt in Kleingruppen von zwei bis drei Schüler/innen. In den Lerneinheiten der sechs Treatment-Klassen werden die angestrebten Konzepte aus dem Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen explizit adressiert. Die Lerneinheiten der sechs Kontroll-Klassen enthalten die gleichen fachlichen Inhalte und Experimente, adressieren jedoch nicht explizit Konzepte aus dem Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen.

Sowohl in den Treatment- als auch in den Kontrollklassen wird ein Teil der Schülergruppen bei der Bearbeitung der Lerneinheiten auf Video aufgezeichnet, um eine Analyse der Bearbeitungsprozesse zu ermöglichen.



Abb. 1: Anlage der Studie im Überblick

Vor und nach dem Einsatz der drei Lerneinheiten werden die Fähigkeiten der Schüler/innen im Bereich „naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten“ erhoben. Im Pre-Test werden darüber hinaus Skalen zur Erfassung des fachinhaltlichen Vorwissens, des Fachinteresses, der Selbstwirksamkeitserwartung und der kognitiven Fähigkeiten der Schüler/innen

eingesetzt. Im Rahmen des Post-Tests wird ein Teil der Schüler/innen außerdem eine Experimentieraufgabe bearbeiten und dabei ebenfalls auf Video aufgezeichnet werden, um Hinweise darauf zu erhalten, ob sich die im Paper-Pencil-Test erfasste Schülerleistung auch in vergleichbarer Weise in einer realen Experimentiersituation wiederfinden lässt.

### **Das Testinstrument „Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen (NDAW)“**

Um die Fähigkeiten der Schüler/innen im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen zu erfassen, wurde im Rahmen der Studie ein Testinstrument für Schüler/innen der Einführungsphase entwickelt und pilotiert.

#### *Aufbau des Testinstruments*

Das Testinstrument besteht aus insgesamt 39 Items zu drei verschiedenen Teilfähigkeiten des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens: Fragen und Hypothesen, Untersuchungen planen, Aufbereiten und Interpretieren. Ein Teil dieser Items wurde an bereits erprobte Instrumente wie beispielsweise den *Classroom test of scientific reasoning* (Lawson, 1978, 2000) oder den von Phan (2007) entwickelten *Test der experimentellen Kompetenzen im Fach Biologie* angelehnt.

Obwohl es für den Bereich der prozessbezogenen Kompetenzen bereits zahlreiche Testinstrumente gibt, war eine Ergänzung durch neu entwickelte Items notwendig. Dies liegt zum einen daran, dass trotz der auf den ersten Blick bestehenden Einigkeit über die zentralen Teilfähigkeiten des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens, die in diesen Teilfähigkeiten enthaltenen Konzepte stark divergieren (vgl. Aufschnaiter & Hofmann, im Druck 2013). Die Kompetenz „Eine naturwissenschaftliche Untersuchung planen“ kann dabei z. B. das Konzept „Das geplante Experiment muss Variablenkontrolle beachten“ und/oder das Konzept „Das geplante Experiment muss zur Frage/Vermutung passen“ benötigen, dementsprechend fallen zugehörige Testaufgaben unterschiedlich aus. Zum anderen sind viele der Testinstrumente nicht für die Sekundarstufe II konzipiert, was mitunter die oben beschriebene Divergenz erklärt, aber häufig auch eine Anpassung oder Ergänzung von Items notwendig macht.

#### *Ergebnisse der Pilotierung*

Die Pilotierung des Testinstruments erfolgte mit  $n = 101$  Schüler/innen der Einführungsphase (Klasse 11) einer hessischen Gesamtschule mit gymnasialer Oberstufe. Die 39 Items wurden auf zwei Testhefte mit insgesamt neun Ankeritems verteilt. Die Raschanalyse der Daten mit Winsteps lieferte folgende Ergebnisse:

- Die Testreliabilität (*Person Reliability*) ist mit .70 zufriedenstellend.
- Eins der 39 Items trägt nicht konstruktiv zur Messung der Personenfähigkeit bei (*Infit Mean-Square* > 1.50, vgl. Linacre (2013)) und wurde entfernt.
- Ein weiteres Item zeigt einen geschlechterspezifischen Bias (*DIF Contrast* > 0.5,  $p < .05$  vgl. Linacre (2013)) und wurde daraufhin noch einmal überarbeitet.
- Die Analyse der Item-Map zeigt, dass die Items im Mittel etwas zu schwer sind ( $M_{\text{Item}} = 0$ ,  $M_{\text{Person}} = -1.14$ ; Angaben in Logits). Die etwas zu hohe Itemschwierigkeit ist im Hinblick auf die Studie jedoch durchaus beabsichtigt, um einen Deckeneffekt im Post-Test zu vermeiden.
- Ein dreidimensionales Fähigkeitsmodell, entsprechend der oben beschriebenen Teilfähigkeiten gegliedert, zeigt bei einer Analyse mit Conquest keine bessere Passung als ein eindimensionales Fähigkeitsmodell ( $\chi^2$ -Test der *Final Deviance*, *AIC*)

Die Pilotierung des NDAW-Tests liefert erste Hinweise darauf, dass bereits aus der frühen Sekundarstufe I bekannte Schülervorstellungen zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten (vgl. Hammann et al., 2006) bis in die Sekundarstufe II hinein fortbestehen. So hatten die Schüler/innen, die an der Pilotierung des Testinstruments teilnahmen, z. B. häufig

Probleme mit Aufgaben, bei denen sinnvolle Bezüge zwischen einer Fragestellung, einer Vermutung/Hypothese und einem Experiment hergestellt werden sollten.

<b>3a)</b>	<b>Welche der folgenden Vermutungen könnte die Landwirtin im Rahmen der Fragestellung: „Hat die Luftfeuchtigkeit einen Einfluss auf die Gesundheit von ausgebrüteten Küken?“ überprüfen?</b> [Mehrere richtige Antworten möglich.]
<input type="checkbox"/>	Damit gesunde Küken ausgebrütet werden, benötigen die Brutkästen eine Temperatur von mindestens 38°C.
<input checked="" type="checkbox"/>	Bei feuchter Luft werden mehr gesunde Küken ausgebrütet als bei trockener Luft.
<input type="checkbox"/>	Der Autor der Fachzeitschrift kennt sich gut mit dem Ausbrüten von Eiern aus.
<input type="checkbox"/>	Wenn die Luftfeuchtigkeit hoch ist, dann legen die Hennen größere Eier.
<input type="checkbox"/>	Geringe Luftfeuchtigkeit führt dazu, dass das Ausbrüten der Eier länger dauert.

Abb. 2: Beispielaufgabe zur Verknüpfung von Fragestellung und Vermutung (Itemschwierigkeit 1.43 ( $M_{\text{item}} = 0$ , Angaben in Logits))

Die Schüler/innen bewerteten darüber hinaus beispielsweise den Erfolg eines Experiments häufig ausschließlich in Abhängigkeit davon, ob ein Effekt eingetreten ist und nicht im Hinblick darauf, ob mit dem Experiment eine Ursache-Wirkungs-Beziehung geprüft werden konnte. Insgesamt zeigt die Pilotierung des Testinstruments, dass auch Schüler/innen der Sekundarstufe II noch teilweise unangemessene Vorstellungen zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten haben.

### Ausblick

Die Pilotierungsergebnisse des NADW-Tests deuten darauf hin, dass auch Schüler/innen der Sekundarstufe II im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen noch Defizite haben. Durch die Verknüpfung einer videogestützten Analyse der Bearbeitung von Lernaufgabe mit der testbasierten Erfassung von fachlichem Vorwissen (und weiteren Personenmerkmale) leistet die geplante Studie einen Beitrag dazu, Kompetenzen und Lernwege im Bereich naturwissenschaftliches Denken- und Arbeiten aufzuklären.

### Literatur

- von Aufschnaiter, C., & Hofmann, J. (im Druck 2013). Kompetenz und Wissen. Wechselseitige Zusammenhänge und Konsequenzen für die Unterrichtsplanung. Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht.
- Hammann, M., Thanh Hoi Phan, T., Ehmer, M., & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht, 59(5), 292-299.
- KMK (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München: Luchterhand.
- Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. Journal of Research in Science Teaching, 15(1), 11-24.
- Lawson, A. E. (2000). Classroom test of scientific reasoning. Personal communication 10.04.2013.
- Linacre, J. M. (2013). A User's Guide to Winsteps Ministep Rasch-Model Computer Programs (3.80.0th ed.). Retrieved from <http://www.winsteps.com/winman/copyright.htm>
- Phan, T. T. H. (2007). Testing levels of competencies in biological experimentation. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. Developmental Review, 27(2), 172-223.

**Veränderung von Vorstellungen zu NAW mittels Lernstationen zum SFB 917****Motivation**

Ein gutes Verständnis der Natur der Naturwissenschaften (Nature of Science, NOS) ist ein zentrales Bildungsziel der Sekundarstufen I und II (Schulministerium NRW, 2008, 2013) und Grundlage für naturwissenschaftliche Allgemeinbildung. Tatsächlich weichen die Schülervorstellungen über NOS jedoch häufig stark von der Realität ab (Höttecke, 2001). So wird der typische Naturwissenschaftler oft als vorwiegend männlicher Einzelgänger betrachtet, dessen Hauptaufgabe darin besteht, alleine im Labor Messdaten aufzunehmen. Naturwissenschaftliches Wissen wird für das Abbild existierender Gesetzmäßigkeiten gehalten und somit als unanzweifelbare Wahrheit betrachtet. Zudem ist die Existenz der sozialen Dimension von naturwissenschaftlicher Wissensproduktion den meisten Schülerinnen und Schülern nicht bekannt. Dass in der Tat naturwissenschaftliche Forschung eine Aktivität in Expertengruppen ist und beim Physikstudium sogar ein beträchtlicher Wert auf die Förderung von Teamfähigkeit gelegt wird, um die Studenten angemessen auf die Arbeit im naturwissenschaftlichen Umfeld vorzubereiten, ist ein weitgehend unbekannter Fakt.

Diese althergebrachten und sehr stark stereotypen Vorstellungen von Naturwissenschaftlern und ihrer Arbeit senken die Attraktivität von naturwissenschaftlichen Studiengängen und halten viele Schülerinnen und Schüler von der Aufnahme eines solchen Studiums ab. In den TIMSS- und PISA-Studien konnte gezeigt werden, dass sich selbst Schülerinnen und Schüler mit guten Leistungen in Mathematik, Chemie, oder Physik häufig gegen ein naturwissenschaftlich/technisches Studium entscheiden (vgl. Prenzel et al., 2007; Baumert et al., 2000). Damit wird dieses Bildungsproblem ebenso zu einem volkswirtschaftlichen Problem, da der vielerorts beklagte Fachkräftemangel im MINT-Bereich durch die relativ niedrige Absolventenzahl nicht gedeckt werden kann (z. B. Anger et al., 2011).

Um den Einstieg in den MINT-Bereich attraktiver zu gestalten, muss den Schülerinnen und Schülern ein adäquates Bild naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen vermittelt werden. Dazu sollen im Rahmen dieses Projektes Lernstationen entwickelt werden, anhand derer sie die interdisziplinäre und kommunikative Zusammenarbeit eines aktuellen Forschungsprojekts erleben können. Die Lernstationen sind dabei an den Sonderforschungsbereich Nanoswitches (SFB 917) angelehnt.

**Merkmale des SFBs 917**

Im SFB 917 werden die Schalteigenschaften von Chalkogeniden zwischen verschiedenen Widerstandswerten untersucht und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit als elektronische Datenspeicher optimiert. Ziel ist es, die Weichen für die Herstellung universell einsetzbarer (sowohl in Computern, als auch in mobilen Elektronikanwendungen) Datenspeicher zu stellen. Dabei ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit eine ebenso notwendige Voraussetzung für den wissenschaftlichen Fortschritt, wie ein intensiver Austausch zwischen Teilprojekten des Forschungsbereichs. So arbeiten verschiedene Forschergruppen des SFBs an unterschiedlichen Teilbereichen des Forschungsgegenstands, der auf ihre jeweilige Expertise zugeschnitten ist. Ein übergreifendes Resultat kann nur dann erreicht werden, wenn die Experten der einzelnen Teilbereiche ihre Ergebnisse in einem Diskussionsprozess zusammenfügen und verknüpfen. Diese Merkmale sollen, als zentrale Elemente heutiger Naturwissenschaftsforschung, in den Lernstationen wiederzufinden sein und von den Schülerinnen und Schülern nachempfunden werden.

### **Ziele**

Das Durchführen der Lernstationen soll den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, typische Arbeitsweisen und -bedingungen in aktuellen Forschungsprojekten nachzuvollziehen. Dabei soll ihnen bewusst werden, dass Naturwissenschaftler keineswegs alleine arbeiten, sondern in interdisziplinären Teams, die sich gegenseitig zuarbeiten, Erfahrungen und Erkenntnisse austauschen und so voneinander lernen. Insbesondere für Schülerinnen ist es wichtig, Forschung als einen kommunikativen Prozess zu identifizieren. Auch sollen die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass dieser soziale Aspekt naturwissenschaftlicher Arbeit sich ebenso in der Interpretation von Ergebnissen und der Anerkennung der Ergebnisse in der Wissenschaftswelt wiederfindet.

Für eine unmittelbare Einbindung in den SFB 917 bietet es sich an, die Lernstationen im Rahmen eines Schülerlabors in den Räumen des SFBs zu realisieren. Dazu muss sichergestellt werden, dass die allgemeinen Schülerlabor-Kriterien eingehalten werden. Das beinhaltet die Förderung von naturwissenschaftlichem Interesse und Verständnis sowie Nachwuchsförderung im MINT-Bereich als primäre Ziele der Lernstation, und technische Voraussetzungen, wie die Verfügbarkeit eines gut ausgestatteten Labors mit genügend Arbeitsplätzen und die Möglichkeit zum schwerpunktmäßig eigenem Experimentieren der Teilnehmerinnen und Teilnehmer (Haupt et al., 2013).

Damit würde sich dieses Projekt in eine Reihe bereits existierender Schülerlabors, die im Rahmen von Sonderforschungsbereichen entwickelt wurden, eingliedern. Dazu zählen das Schülerlabor an der TU Ilmenau im Rahmen des SFBs 622 „Nanopositionier- und Nanomessmaschinen“, in dem Schülerinnen und Schüler der 5. bis 9. Klasse Experimente zu den Themen Elektronik, Mechanik, Wasser, Luft, Chemie und Optik durchführen können, das Schülerlabor „Klick!“ des SFBs 677 „Funktion durch Schalten“ am IPN in Kiel, bei dem durch Modellexperimente zu Schaltern Prinzipien der Foto-, Thermo- und Elektrochemie auf verständliche Weise nachvollzogen werden können, sowie das Schülerlabor „Science meets School“ der TU Bergakademie Freiberg, bei dem im Rahmen des SFB 799 ein authentisches Bild der Werkstoffwissenschaft und –technologie vermittelt werden soll.

### **Design**

Das vorläufige Forschungsdesign ist in Abbildung 1 skizziert. Eine als Vorbereitung in die Schule ausgelagerte Grundstation soll das Forschungsthema (Chalkogenide für zukünftige Elektronikanwendungen) des SFBs 917 motivieren und die Schülerinnen und Schüler mit Grundlagen der elektronischen Datenspeicherung vertraut machen. Hierbei wird die Forderung zahlreicher Studien nach einer Vorbereitung außerschulischer Lernumgebungen im Unterricht berücksichtigt. (z. B. Orion, 1993; Guderian, 2007).

An der Hochschule wird die Schülergruppe auf drei parallele Stationen aufgeteilt. Die Stationen spiegeln dabei drei Bereiche eines übergeordneten Themenkomplexes des SFBs wider. Hierbei könnten sowohl manche von den Forschern verwendete Apparaturen, als auch Analogieexperimente zum Einsatz kommen. Aus diesem Grund, ebenso wie zur Gewährleistung einer authentischeren Lernumgebung, werden diese Stationen für den Einsatz in den Labors des SFBs konzipiert. Ziel ist es, den Schülerinnen und Schülern eine adäquate Vorstellung über die Projektarbeit in der Forschung und die damit verbundene interdisziplinäre Teambildung zu vermitteln. In einer nachfolgenden Station werden die Ergebnisse der Parallelgruppen vorgestellt und gemeinsam erörtert sowie die gruppenteilige Erkenntnisgewinnung direkt und auf einer Metaebene diskutiert. Dabei soll den Schülerinnen und Schülern die Existenz einer ‚scientific community‘ bewusst gemacht und die Einsicht ermöglicht werden, dass naturwissenschaftliches Wissen kontrovers ist und der Anerkennung durch diese Wissenschaftsgemeinschaft bedarf. Diese Station dient gleichermaßen der Nachbereitung des Schülerlabors im Rahmen des Unterrichts.

Zur Evaluation wird vor und nach Durchführung der Lernstationen die Vorstellung über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen erhoben.

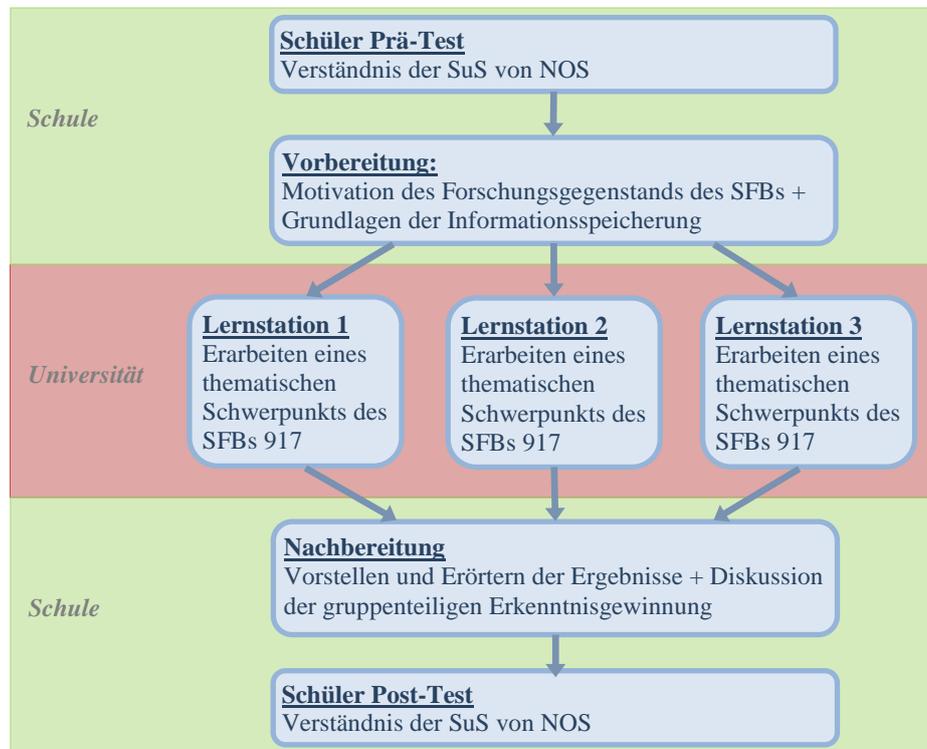


Abb. 1: Forschungsdesign

#### Literatur

- Anger, C., Koppel, O., & Plünnecke, A. (2011). MINT-Report 2011 – Zehn gute Gründe für ein MINT-Studium. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft.
- Baumert, J., Bos, W., & Lehmann, R. (Hrsg.). (2000). TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Bd. 1: Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Pflichtschulzeit. Opladen: Leske & Budrich Verlag.
- Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte: Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Dissertation. Berlin: Humboldt-Universität.
- 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.
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaften“. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 7, 7-23.
- Orion, N. (1993). A Model for the Development and Implementation of Field Trips as an Integral Part of the Science Curriculum. School Science and Mathematics, 93, 325-331.
- Prenzel, M., Schütte, K., & Walter, O. (2007). Pisa '06: Interesse an den Naturwissenschaften. PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.). Münster: Waxmann.
- Schulministerium NRW. (2008). Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Frechen: Ritterbach Verlag.
- Schulministerium NRW. (2013). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Entwurf Verbändebeiträge.

Janne Krüger<sup>1</sup>  
 Andreas Henke<sup>2</sup>  
 Dietmar Höttecke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Hamburg  
<sup>2</sup>Universität Bremen

## Schülervorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften

Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist u. a. das Ausbilden eines adäquaten Verständnisses der Natur der Naturwissenschaften (NdN), bspw. ihrer Eigenarten und Entwicklung als Wissensdomäne, Profession und Institution (McComas, 1998). SchülerInnen sollen zudem erkennen, dass Naturwissenschaften historisch geworden, formbar und offen sind und keineswegs Endpunkt einer zwingenden Erfolgsgeschichte. Vorstellungen in diesem Bereich scheinen im Vergleich zu anderen Aspekten der NdN tendenziell unangemessener (Kremer, 2010). Während epistemologische Überzeugungen zur Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens als Aspekt der NdN bereits gut untersucht sind, gibt es kaum Erkenntnisse über Schülervorstellungen zu weiteren Entwicklungsdimensionen der Naturwissenschaften. Henke und Höttecke (2013) konnten zeigen, dass diese zeichnungsbasiert erhoben werden können und durch Unterrichtskonzeptionen wie historisch orientiertem Unterricht oder forschendem Lernen positiv und qualitativ unterschiedlich beeinflusst werden. Die Vorstellungen zur NdN und das Lernen der SchülerInnen werden durch implizite Vorstellungen, so genannte Orientierungsrahmen, beeinflusst (Born, 2007). Es wird davon ausgegangen, dass Schüleräußerungen über die Entwicklung der Naturwissenschaften auf individuelle Orientierungsrahmen zurückzuführen sind. Diese sind atheoretisch, nur teilweise explizierbar, aber dennoch handlungsleitend (Bohnsack, 2007). Im hier vorgestellten Forschungsvorhaben werden die individuellen Orientierungsrahmen von SchülerInnen rekonstruiert, die deren Vorstellungen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften zu Grunde liegen.

### Forschungsdesign

Das Projekt gliedert sich in zwei Studien. In Studie 1 wurden mit 32 SchülerInnen im Alter zwischen 7 und 20 Jahren unterschiedliche Erhebungs- und Auswertungsverfahren erprobt. Ziel ist die Entwicklung eines validen Erhebungsinstrumentes, welches eine Schwerpunktlegung durch den Probanden selbst zulässt. In einer zweiten Studie soll das entstandene Instrument ab Winter 2013 bei ca. 45 SchülerInnen der 6., 9. und 12. Klasse eingesetzt werden. Ziel ist es dabei, deren Orientierungsrahmen möglichst umfassend zu beschreiben sowie mit Hilfe von Eckfällen das gesamte Milieu abzubilden und mögliche Typen zu identifizieren.

### Methodisches Vorgehen

Anders als bei etablierten Untersuchungen zu Schülervorstellungen werden hier ein offenes Erhebungssetting sowie eine qualitative und rekonstruktive Analyse umgesetzt. Die Probanden produzieren metaphorische Zeichnungen zur Entwicklung der Naturwissenschaften und erläutern diese in einem anschließenden Interview. Eine Verschriftlichung der eigenen Gedanken wird nicht gefordert, sodass Anforderungen der geschriebenen Sprache keinen Einfluss auf die Datenqualität nehmen.

*Zeichnung:* Die Probanden erhalten den Auftrag, ein Bild vom „Weg der naturwissenschaftlichen Forschung von früher bis heute“ zu zeichnen. Der Zeichenprozess der Probanden wird digital gespeichert, sodass Reihenfolge, Geschwindigkeit und Pausen für die Interpretation herangezogen werden können. Durch den freien Auftrag nähern sie sich dem sehr abstrakten Themenfeld `Wissenschaftsentwicklung` aus ihrer Perspektive heraus. Zudem kann im anschließenden Interview über einen konkreten Gegenstand gesprochen

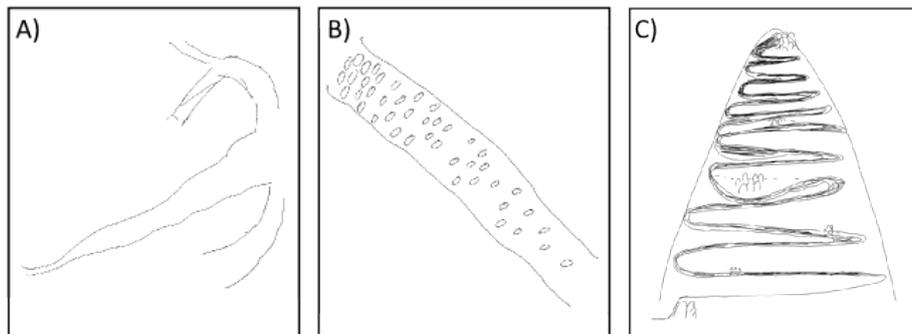
werden. Dies erwies sich in Studie 1 vor allem bei jüngeren SchülerInnen als hilfreich. Der Metaphernbereich `Weg` wurde dabei bewusst gewählt. Auch in Alltagssituationen werden abstrakte Zusammenhänge durch (sprachliche) Bilder greifbarer gemacht. Weg- oder Bewegungs-Metaphern in der Alltagssprache drücken Zeitlichkeit und Entwicklung aus: Man macht „die nächsten Schritte“, „leitet etwas in die Wege“, „entwickelt sich in eine bestimmte Richtung“ oder kommt „vom rechten Weg ab“. Zudem wird im Bild auch implizit vorliegendes Wissen verarbeitet (Moser, 2000).

*Interview:* Das anschließende fokussierte Interview richtet sich maßgeblich nach dem entstandenen Bild und greift die Schwerpunktlegung des Probanden auf. Die SchülerInnen erläutern ihre Zeichnung sowie die Bedeutung der einzelnen Bildelemente und weisen auf Probleme in der zeichnerischen oder metaphorischen Darstellung ihrer Ideen hin. Die/Der Interviewende schafft gezielt Erzählanlässe, da sich in Erzählungen am deutlichsten die Orientierungsrahmen manifestieren (Nohl, 2012). Allgemein wird davon ausgegangen, dass die Erhebungssituation einige Vorstellungen erst evoziert und diese sich im Interviewverlauf weiterentwickeln. Daher wird am Ende des Interviews die Möglichkeit geboten, das Bild zu verändern oder ein neues Bild zu zeichnen.

*Analyse:* Die Orientierungsrahmen der Probanden werden aus der Kombination von Zeichnung und Interviewdaten mit Hilfe der dokumentarischen Methode rekonstruiert (Bohnsack, 2007). Dabei eröffnet die Analyse der Sprech- und Zeichenweise den Zugang zum impliziten Wissen und damit zu den Orientierungsrahmen.

### **Erste Resultate aus Studie 1 - Methodische Erkenntnisse, Metaphorische Übertragung im Bild und Orientierungsrahmen von SchülerInnen**

Es zeigte sich, dass der Einsatz von metaphorischen Zeichnungen ab einem Alter von 11 Jahren möglich ist. Jüngere Kinder können die metaphorische Bedeutungsübertragung noch nicht umsetzen. Kein Proband zeigte Verunsicherung, bspw. aufgrund eines geringen zeichnerischen Selbstkonzeptes. Ganz im Gegenteil: alle setzten die Aufgabe individuell um, so dass ganz verschiedene Bilder entstanden (vgl. Abb. 1). Dies deutet darauf hin, dass die Erhebungsmethode ausreichend offen gestaltet ist.



*Abb. 1: drei Zeichnungen aus Studie 1: A) w, 10 Jahre, Gymnasium.; B) m, 13 Jahre, Gemeinschaftsschule; C) w, 13 Jahre, Gymnasium.*

*Zeichnung A:* Folgende Elemente der Forschung werden von der Probandin metaphorisch dargestellt und werden als Aspekte der zeitlichen Entwicklung immer wieder explizit angesprochen: Wegbreite als Menge an bekanntem Wissen, Wegsteigung als Steigerung der Qualität des Wissens („besseres und genaueres Wissen“) und Weggabelungen als inhaltliche Spezialisierung. Aus dem Interview konnten darüber hinaus folgende Orientierungsrahmen rekonstruiert werden, die sich nicht direkt im Bild zeigen: Spezialisierung und Wissensmenge gehen miteinander einher. Ab einem gewissen Punkt ist die Wissensmenge

so groß, dass eine Aufteilung erfolgen muss, um weiterhin erfolgreich forschen zu können. Dabei beeinflussen sich die Bereiche nicht mehr untereinander. Es wurde weiterhin deutlich, dass die Probandin eine Entwicklung von eher zufälligem Ausprobieren früher hin zu systematischem Vorgehen der Forschung heute sieht. Außerdem ist für sie Forschung unweigerlich mit technischen Erfindungen und der damit verbundenen Erleichterung/Verbesserung des Lebens verbunden.

*Zeichnung B:* Bei diesem Probanden stellt der Weg das zu erforschende Wissen dar. Die Steine entsprechen Wissenslücken und das Schwinden der Steine von oben nach unten symbolisiert das sukzessive Schließen dieser Wissenslücken. Als Orientierungsrahmen zeigt sich die Ansicht eines kumulativen Wissenszuwachses, der durch die Wissenslücken beschränkt ist. Durch das Füllen dieser Lücken wird immer mehr Wissen erschlossen, bis am Ende alles bekannt ist und die Forschung beendet werden kann.

*Zeichnung C:* Hier symbolisiert der Berg die Forschungsfragen und der Weg darauf den Fortschritt beim Klären dieser Fragen. Die Wegbreite symbolisiert die zur Verfügung stehenden technischen und finanziellen Mittel. Das Klären von Forschungsfragen ist manchmal nicht möglich, sodass der Weg wieder auf ein vorheriges Niveau absinkt. Die Steine oben am Berg stellen immer neue Fragen dar, sodass der Berg mit den Forschern mitwächst und die Forschung nie beendet sein wird. Im Interview zeigte sich außerdem als Orientierungsrahmen, dass Forscher auf vorhandenes Wissen zurückgreifen können, die eigene Arbeit aber immer kritisch hinterfragt werden muss, um die Qualität der Forschung zu sichern. Es findet stetig ein Wechsel zwischen Fortschritt und Rückschritt statt, der sich auf das Lösen von Problemen bezieht. Dabei sind Rückschritte Voraussetzung, um langfristig Fortschritt zu ermöglichen. Zentral für diese Probandin ist, dass mit der Zeit ein Etablierungsprozess und Institutionalisierung der Forschung stattgefunden hat und sie heute Teil unserer Gesellschaft ist.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

In Studie 1 ist es gelungen, ein offenes Erhebungsinstrument zu entwickeln und einzusetzen. Die Kombination aus Zeichnung und Interview hat sich als fruchtbar erwiesen. Die rekonstruierten Orientierungen dreier SchülerInnen sind komplex und vielseitig. Sie verdeutlichen exemplarisch, dass Vorstellungen zur Entwicklung der Naturwissenschaften nicht nur auf bekannte epistemologische Überzeugungen rekurrieren. Sie beinhalten auch eigenständige Ideen zu methodischen, sozialen, institutionellen und gesellschaftsbezogenen Veränderungsdimensionen von Forschung, die sich im Zeichenprozess offenbaren und verdichten. In Studie 2 soll dies detaillierter untersucht werden, um Typen zu identifizieren und so einen tieferen Einblick in vorhandene Orientierungsrahmen zu ermöglichen.

### **Literatur**

- Bohnsack, R. (2007). Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis – Grundlagen qualitativer Sozialforschung. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Born, B. (2007). Lernen mit Alltagsphantasien. Zur expliziten Reflexion impliziter Vorstellungen im Biologieunterricht. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Henke, A., & Höttecke, D. (2013). Entwicklung von Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften im Rahmen forschenden Lernens und historischer Fallstudien. In S. Bernholt (Hrsg.), Zur Didaktik der Chemie und Physik GDCP-Jahrestagung in Hannover 2012, 398-400.
- Kremer, K. H. (2010). Die Natur der Naturwissenschaften verstehen – Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I. Dissertation Universität Kassel
- McComas, W. F. (1998). The Nature of science in science education. Rationales and strategies. Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Moser, K. S. (2000). Metaphor Analysis in Psychology. In: Forum: Qualitative social Research. <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1090/2387>
- Nohl, A.-M. (2012). Interview und dokumentarische Methode – Anleitungen für die Forschungspraxis. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

## Untersuchungen über das Potential von Modellexperimenten im Chemieunterricht

### Stand der Forschung

In der fachdidaktischen Literatur wird den Modellexperimenten eine Erklärungs- und Veranschaulichungsfunktion zugeschrieben (Klaus, 1972; Kotter, 1976; Neuhäuser, 1975) Sie legitimiert den Einsatz von Modellexperimenten in Lehr-Lernprozessen als Erkenntnishilfen. Allerdings fehlen bislang empirische Studien, welche diese beabsichtigten Annahmen belegt haben. Der Begriff Modellexperiment wird in der Literatur unterschiedlich definiert. Nach Knoll (1976) stellen „*Modellexperiment(e) nicht beobachtbare Objekte oder Erscheinungen der Natur in vergrößerten, sinnlich unmittelbar wahrnehmbaren Analogievorgängen modellmäßig dar*“. Klaus und Buhr (1972) definieren das Modellexperiment als das am Modell durchgeführte Experiment; es stellt ein Bestandteil der Modellmethode dar „*mittels [dessen] anschließend neue Erkenntnisse [...] des Subjekts in Bezug auf das dem Modell analoge Original erworben werden*“. In allen Definitionen werden die Begriffe *Original* und *Modell* – vermittelt durch den Begriff *Analogie* – miteinander in Beziehung gesetzt. Im Zuge einer experimentellen Betrachtung erlangt das Modell den Status eines Modellexperiments (Klaus, 1972). Das Verhältnis zwischen Ziel- und Analogiebereich verdeutlicht Abbildung 1:

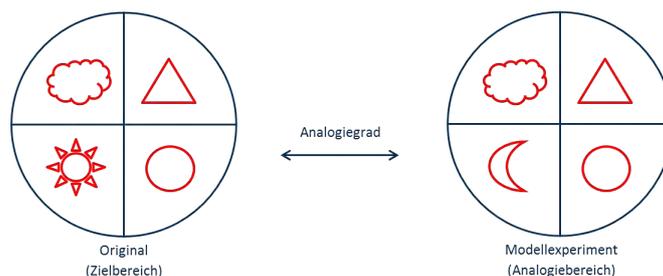


Abb. 1: Verhältnis zwischen Ziel- und Analogiebereich

Das Original enthält spezifische Merkmale, welche hier beispielhaft durch insgesamt vier Piktogramme gekennzeichnet werden. Das Modellexperiment weist grundsätzlich die gleichen Merkmale auf (gleiche Anzahl und Anordnung von Segmenten), die sich aber in der Ausprägung von dem Original (identische oder unterschiedliche Piktogramme) unterscheiden können. Aus den übereinstimmenden Merkmalen und dem Grad ihrer Ausprägung zwischen Original und Modellexperiment lässt sich nach Neuhäuser der Analogiegrad bestimmen. Bei einer hohen Merkmalsübereinstimmung zwischen Original und Modellexperiment ist der Analogiegrad groß. Ist die Merkmalsübereinstimmung zwischen Original und Modellexperiment gering, trifft Gegensätzliches zu. Clement (1987) fand heraus, dass der Versuch, Analogien im Unterricht zu verwenden, nicht zielführend sei. Die Schüler nehmen die vom Lehrer generierten Analogien nicht wahr oder verstehen sie falsch.

### Forschungsfragen

In einem Dissertationsvorhaben wird untersucht, ob Schülerinnen und Schüler die in Modellexperimenten eingesetzten Analogien zwischen einem Original und dem entsprechenden Modellexperiment erkennen und für den Analogieschluss nutzen können. Dabei fokussieren wir auf folgende zentrale Forschungsfragen:

- 1) Erkennen Schülerinnen und Schüler zwischen Originalen und den entsprechenden Modellexperimenten Analogien hinsichtlich spezifischer Merkmale?
- 2) Wie müssen diese Merkmale gestaltet sein, um einen Analogieschluss zu ermöglichen?

### Methoden

Für die Beantwortung der Forschungsfragen wurde zunächst eine Schulbuchanalyse durchgeführt. Die Stichprobe umfasst die fünf aktuellen Schulbücher des Faches Chemie für die Sekundarstufe I, die in Nordrhein-Westfalen als Lehrmittel zugelassen sind. Sie entstammen fünf verschiedenen Verlagshäusern. Die Datenanalyse erfolgte zunächst mit einem deduktiv entwickelten Bedingungskatalog. Der Bedingungskatalog ermöglicht die Unterscheidung zwischen Experiment und Modellexperiment. Ein Modellexperiment muss (1) eine experimentelle Tätigkeit generieren, (2) ein Original als Bezugsgröße haben und (3) mindestens ein Merkmal des Originals modelliert widerspiegeln. Im zweiten Schritt der Datenanalyse werden die Modellexperimente anhand ihrer Merkmale charakterisiert. Dazu wurde mittels qualitativer Inhaltsanalyse von Mayring (2010) deduktiv ein Kategoriensystem entwickelt, welches vier Merkmale (Kategorien) umfasst. Es handelt sich dabei um die Kategorien „Substanz“, „Material“, „Reaktionsbedingung“ und „Reaktionstyp“. Diese Kategorien werden in die Ebene des Originals und des Modells unterteilt, so dass sich bspw. die Unterkategorien *Originalsubstanz* und *Modellsubstanz* ableiten lassen. Die Kodierung erfolgt durch zwei unabhängige Kodierer, die Fachexpertise besitzen und vorab geschult wurden. Die Intercoderreliabilität wurde als Übereinstimmungskoeffizient für die Einordnung der vier Kategorien ermittelt. Sie liegt bei der Anwendung des Kategoriensystems bei  $R=0,70$ , was einen akzeptablen Wert darstellt.

### Ergebnisse

In den fünf Schulbüchern wurden insgesamt 1240 Experimente ermittelt. Von diesen Experimenten wurden 229 als Modellexperimente identifiziert. Bei einer näheren Charakterisierung der Modellexperimente kann gezeigt werden, dass sämtliche Unterkategorien in den identifizierten Modellexperimenten vertreten sind. Hier ist insbesondere hervorzuheben, dass die Modellmaterialien und die Modellsubstanzen einen hohen Stellenwert bei der Charakterisierung von Modellexperimenten einnehmen. Eine Untersuchung der Kombinationsmöglichkeiten einzelner Merkmale ergab, dass die meisten Modellexperimente 2-3 modellierte Merkmale aufweisen. Eine Einordnung der identifizierten Modellexperimente anhand der Inhaltsfelder des Kernlehrplans der Sekundarstufe I für Gymnasien des Landes Nordrhein-Westfalen ergab, dass mehr als 50% aller Modellexperimente in den Inhaltsfeldern „Metalle und Metallgewinnung“, „Energie aus chemischen Verbindungen“, „Organische Chemie“ und „Luft und Wasser“ verortet sind (vgl. Abb. 2). Darüber hinaus konnten auch verlagส์übergreifend Modellexperimente ermittelt werden, welche sich in unterschiedli-

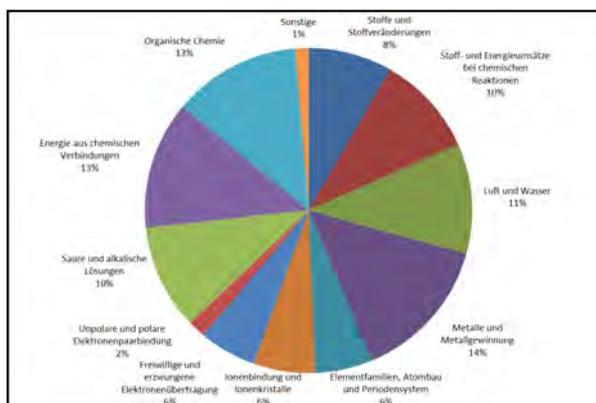


Abb. 2: Einordnung der identifizierten Modellexperimente anhand der Inhaltsfelder des Kernlehrplans Sek I (NRW)

chen Variationen auf einen identischen Zielbereich bezogen. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die „Top 3“ der in den Chemieschulbüchern aufgeführten Modellexperimente.

Tab. 1: Top 3“ der identifizierten Modellexperimente

Modellexperiment	Inhaltsfeld	Anzahl der Schulbücher
Funktionsweise eines Schaumfeuerlöschers	Stoff und Energieumsätze bei chemischen Reaktionen	5
Thermitverfahren	Metalle und Metallgewinnung	4
Darstellung von Roheisen	Metalle und Metallgewinnung	4
Treibhauseffekt	Nachhaltiger Umgang mit Ressourcen	3
Löschen eines Fettbrandes	Brände und Brandbekämpfung	3
Funktionsweise eines Ottomotors	Zukunftssichere Energieversorgung	3
Darstellung von Biogas	Zukunftssichere Energieversorgung	3
Erdöldestillation	Zukunftssichere Energieversorgung	3
Korrosion von Eisen	Freiwillige und erzwungene Elektronenübertragungen	3

### Diskussion

Das Schulbuch im Chemieunterricht spielt besonders bei der Unterrichtsvorbereitung der Lehrkräfte eine entscheidende Rolle. So sehen nach einer Studie von Beerenwinkel et al. (2007) über 85% der Chemielehrer den Lehrplan und das „Schulbuch als (eher) wichtig für die Gestaltung einer neuen Unterrichtseinheit an.“. Die Ergebnisse der Schulbuchanalyse – jedes 5. Experiment in Chemieschulbüchern der Sekundarstufe I ist ein Modellexperiment – lassen die Vermutung zu, dass Modellexperimente auch im Chemieunterricht zur Anwendung kommen und damit eine Bedeutung für den Chemieunterricht einnehmen können. Die potentielle Möglichkeit der Variation eines einzelnen Modellexperiments, durch den Einsatz z. B. unterschiedlicher Modellsubstanzen fokussiert umso deutlicher auf die Frage nach der erzielten Wirksamkeit der entsprechenden Modellexperimente, die sich in Anlehnung an Clement aus dem Nutzen der durch die Lehrkraft intendierten Analogien ergibt (Forschungsfrage 1). Die „Top 3“ der in Schulbüchern eingesetzten Modellexperimente kann in die Planung einer aktuellen Interventionsstudie einfließen, um möglichst authentische Implikationen für den Einsatz im Chemieunterricht ableiten zu können (Forschungsfrage 2). Die Ergebnisse dieser Interventionsstudie werden Mitte des nächsten Jahres erwartet.

### Literatur

- Beerenwinkel, A. et al. (2007). Chemieschulbücher in der Unterrichtsplanung – Welche Bedeutung haben Schülervorstellungen? *Chemkon*, 14(1), 7-14.
- Clement, J. (1987). Overcoming students' misconceptions in physics: The role of anchoring intuitions and analogical validity. *Cornell University Press*, Vol. 3, 84-97.
- Eschenhagen, K. et al. (2003). *Fachdidaktik Biologie*. Aulis Deubner Verlag Köln.
- Klaus, G., & Buhr, M. (1972). *Philosophisches Wörterbuch*, Band 2, Verlag des Bibliographischen Instituts, Berlin, 733.
- Knoll, K. (1976). Die zentrale Stellung des Experiments im Chemieunterricht. In F. Bukatsch., W. Glöckner, & L. Kotter (Hrsg.), *Fachdidaktisches Studium in der Lehrerbildung – Chemie* (S. 87-107). München: Oldenbourg Verlag.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* 11. Auflage, Beltz Verlag, Weinheim und Basel.
- Neuhäuser, A. (1975). Modellexperimente und Funktionsmodelle im Unterricht. *Chemie in der Schule*, 12(12), 538-545.
- Sommer, K., Klein, M., Steff, H., & Pfeifer, P. (2012). Modellexperimente – Zwischen Anschauungselement und Erkenntnisgewinnung. *Unterricht Chemie*, 23(132), 2-9.

Pitt Hild<sup>1</sup>  
 Susanne Metzger<sup>1</sup>  
 Ilka Parchmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PH Zürich  
<sup>2</sup>IPN Kiel

## Individuelle Förderung experimenteller Kompetenzen mit Lernaufgaben

### Motivation

In der fachdidaktischen Forschung werden zurzeit mehrere Modelle experimenteller Kompetenz genutzt (Hammann, 2007; Mayer, Grube, & Möller, 2008). Diese Modelle unterscheiden zwischen drei Experimentierphasen (Planung, Durchführung und Auswertung) und den dazugehörigen Teilprozessen (z. B. zu Planung: Hypothesen formulieren, Versuch planen) (Emden & Sumfleth, 2012).

Shavelson, Baxter und Gao (1993) argumentieren jedoch, dass die Leistungen der Schülerinnen und Schüler bei *hands-on* assessments stark von der experimentellen Aufgabenstellung, sprich von den unterschiedlichen Problemtypen (Vergleichen, Messen, Beobachten u.s.w.), abhängen. Auch Gut (2012) kommt bei der Auswertung der HarMoS-Daten zum gleichen Ergebnis: seine Analysen deuten darauf hin, dass es sich lohnen würde, für verschiedene Problemtypen unterschiedliche Kodiersysteme zu entwickeln.

Das Projekt ExKoNawi (Experimentelle Kompetenzen in den Naturwissenschaften) der PH Zürich versucht, in einem fächerübergreifenden Ansatz, diese Problemtypen genauer zu erfassen und zu beschreiben. Kompetenz wird hier als die auf transferfähigem Wissen basierte Problemlösefähigkeit angesehen (Gott & Duggan, 2002) und experimentelle Kompetenzen sind hier immer mit *hands-on* Aktivitäten verknüpft. Im neu entwickelten Modell zur Förderung und Diagnose experimenteller Kompetenzen im Natur und Technik-Unterricht der Sekundarstufe I (7. bis 9. Schuljahr) wurden in Anlehnung an frühere Arbeiten (z. B. Millar, Gott, Lubben & Duggan, 1996; Ruiz-Primo & Shavelson, 1996) vier Problemtypen postuliert: *kategoriengeleitetes Beobachten*, *skalenbasiertes Messen*, *fragengeleitetes Untersuchen* sowie *effektbasiertes Vergleichen* (Gut et al., in diesem Band). Im Rahmen einer ersten Validierung des Modells wurde mit Hilfe von *hands-on* Experimentiertests gezeigt, dass sich der Problemtyp *skalenbasiertes Messen* aus fünf unabhängigen Qualitätsstandards (QS) zusammensetzen lässt und dass folgende Entwicklung über alle untersuchten Kontexte (Reissfestigkeit eines Fadens, exothermes oder endothermes Auflösen eines Salzes im Wasser, Bestimmung der Fläche eines Laubblatts) vorzufinden ist: QS1 *präzise messen*, QS2 *Messreihe darstellen*, QS3 *adäquat auswerten*, QS4 *Wahl des Messinstrumentes begründen*, QS5 *Fehlerquellen oder Verbesserungsvorschläge angeben* (Metzger et al, in diesem Band).

Diese Qualitätsstandards sind der Ausgangspunkt für die Entwicklung neuer Lernaufgaben, die sich gezielt auf die experimentellen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I im Fachbereich Chemie konzentrieren werden. *Messungen vornehmen* gehört in den Schweizer Bildungszielen (Adamina, Labudde, Bazzigher, Bringold & Metzger, 2008), in den meisten kantonalen Lehrplänen sowie in der ersten Auflage des neuen Schweizer Lehrplans 21<sup>1</sup> zu den zu erreichenden Kompetenzen. Dennoch werden viele Aspekte des Messens wie z. B. Auseinandersetzung mit Messunsicherheiten (Hellwig, 2012) oder Suche nach Fehlerquellen, aber auch die Frage nach einer adäquaten Anzahl Messwiederholungen, im Unterricht meistens nicht behandelt. Dies könnte unter anderem an fehlendem brauchbarem Unterrichtsmaterial liegen.

<sup>1</sup> [www.lehrplan21.ch](http://www.lehrplan21.ch)

Aus diesem Grund sollen neue Lernaufgaben im Bereich *skalenbasiertes Messen* entwickelt werden, die unter anderem eine Differenzierung hinsichtlich der zu fördernden Qualitätsstandards ermöglichen. Gleichzeitig sollen die Handlungsanweisungen (Prompts) identifiziert werden, welche sich für die Förderung der entsprechenden Qualitätsstandards am besten eignen.

### **Individuelle Förderung der experimentellen Kompetenzen**

In der hier dargestellten Studie soll die Forschungsfrage untersucht werden, inwiefern individuelle Lernaufgaben einen Lernzuwachs der experimentellen Kompetenzen beim Problemtypen *skalenbasiertes Messen* fördern. Die dazu entwickelten Lernaufgaben haben alle den gleichen chemischen Kontext (Stoffgemische und Trennverfahren), enthalten immer einen *hands-on* Teil (mit vorgegebenem Material), unterscheiden sich aber in den zu fördernden Qualitätsstandards (QS1 bis QS5). Welche Qualitätsstandards bei den einzelnen Schülerinnen und Schülern gefördert werden, hängt davon ab, wie sie im Pretest mit validierten *hands-on* Experimentiertests (Chemie) abgeschnitten haben (siehe Forschungsdesign). Die angestrebte Förderung wird sich somit nicht nur an den leistungsschwächeren Jugendlichen orientieren, sondern ist individuell gestaltet.

### **Forschungsdesign**

Die Lernaufgaben werden in einem ersten Teil der Studie mit Hilfe von Videoaufnahmen (Einzellaborstudie) qualitativ untersucht (vgl. Brückmann & Bernholt, 2013; Brückmann & Duit, in press). Damit sollen im Haupttest vor allem Hindernisse auf einer begrifflich-konzeptuellen Ebene vermieden werden. Zudem soll herausgefunden werden, welche Handlungsanweisungen die Schülerinnen und Schüler zum Handeln anregen (vgl. Marschner, Thillman, Wirth & Leutner, 2012; von Aufschnaiter, 2007) und welches Feedback auf individueller Ebene für den Lernprozess förderlich ist. Solche Lernaufgaben stellen Anforderungen an die Jugendlichen, wie sie in typischen Lehrbuchaufgaben nicht auftreten (Wirth, Künsting & Leutner, 2009). Zudem werden viele wichtige Informationen zum Lösen der Aufgaben erst durch das Experimentieren selbst generiert (Rincke & Wodzinski, 2010).

Am Haupttest nehmen 12 Klassen teil. Alle Schülerinnen und Schüler lösen validierte *hands-on* Experimentiertests (Chemie, *skalenbasiertes Messen*), die es ermöglichen Kompetenzprofile zu erstellen und somit die Qualitätsstandards mit den größten Defiziten festzulegen. In der Interventionsphase (zirka vier Wochen) erhalten die Jugendlichen 4 bis 6 Lernaufgaben, mit welchen die experimentellen Kompetenzen gesteigert werden sollen. Eine Gruppe der Schülerinnen und Schüler (Experimentalgruppe) erhält Lernaufgaben, welche individuell nach den im Pretest diagnostizierten Kompetenzprofilen ausgewählt werden. Konkret heißt das, dass jede/r Lernende sich in Einzelarbeit mit den individuellen Lernaufgaben mit jenen Qualitätsstandards auseinandersetzt, bei welchen er/sie im Pretest Defizite aufwies. Die Kontrollgruppe erhält randomisierte Lernaufgaben, welche nicht spezifisch nach den Ergebnissen des Pretests ausgewählt werden. Eine weitere Kontrollgruppe erhält keine Lernaufgaben. Direkt anschließend und nach zirka zwei Monaten werden diese experimentellen Kompetenzen erneut gemessen (Posttest bzw. Langzeittest).

### **Zeitplan**

Die Lernaufgaben werden in den kommenden Monaten entwickelt. Eine Validierung der Lernaufgaben erfolgt im Frühling 2014 und die Interventionsstudie wird voraussichtlich im Herbst des gleichen Jahres stattfinden.

**Literatur**

- Adamina, M., Labudde, P., Bazzigher, L., Bringold, B., & Metzger, S. (2008). HarmoS Naturwissenschaften: Kompetenzmodelle und Vorschläge für Bildungsstandards (Wissenschaftlicher Schlussbericht). Bern.
- von Aufschnaiter, C. (2007). Videobasierte Analysen von Lern- und Lehrprozessen in physikalischen Kontexten. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich*. Berlin: LIT Verlag, 122-135.
- Brückmann, M., & Bernholt, S. (2013). Videobasierte Erfassung der Komplexitätsentwicklung im Chemie- und Physikunterricht. In U. Riegel und K. Macha (Hrsg.), *Videobasierte Kompetenzforschung in den Fachdidaktiken*. Münster: Waxmann, 79-96.
- Brückmann, M., & Duit, R. (in press). Videobasierte Analyse unterrichtlicher Sachstrukturen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden der naturwissenschafts-didaktischen Forschung*. Berlin: Springer.
- Emden, M., & Sumfleth, E. (2012). Prozessorientierte Leistungsbewertung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 65(2), 68-75.
- Gott, R., & Duggan, S. (2002). Problems with the assessment of performance in practical science: which way now. *Cambridge Journal of Education*, 32(2), 183-201.
- Gut, C. (2012). *Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz - Analyse eines large-scale Experimentiertests*. Berlin: Logos Verlag.
- Gut, C., Hild, P., Metzger, S., & Tardent, J. (in diesem Band). Projekt ExKoNawi: Modell für hands-on Assessments experimenteller Kompetenzen.
- Hamann, M. (2007). Das Scientific Discovery as Dual Search-Modell. Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), Springer Verlag, 187-196.
- Hellwig, J. (2012). *Messunsicherheiten verstehen. Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik*. Dissertation an der Fakultät für Physik und Astronomie der Ruhr-Universität Bochum.
- Marschner, J., Thillmann, H., Wirth, J., & Leutner, D. (2012). Wie lässt sich die Experimentierstrategie-Nutzung fördern? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 15, 77-93.
- Metzger, S., Hild, P., Gut, C., & Tardent, J. (in diesem Band). Projekt ExKoNawi: Aufgaben und erste Ergebnisse der hands-on Assessments.
- Millar, R., Gott, R., Lubben, F., & Duggan, S. (1996). Children's performance of investigative tasks in science: a framework for considering progression. In M. Hughes (Ed.), *Progression in learning*. Clevedon: Multilingual Matters, 82-108.
- Rincke, K., & Wodzinski, R. (2010). Schülerexperimente: Wege und Wirkungen von Unterstützungsmaßnahmen. In D. Höttecke (Hrsg.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, LIT, Münster, 242-244.
- 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.
- Shavelson, R. J., Baxter, G. P., & Gao, X. (1993). Sampling variability of performance assessments, *Journal of Educational Measurement*, 30, 3, 215-232.
- Wirth, J., Künsting, J., & Leutner, D. (2009). The impact of goal specificity and goal type on learning outcome and cognitive load. *Computers in Human Behavior*, 299-305.

### Nature of Science im Fachkontext Physik

Vor allem im anglo-amerikanischen Raum ist „Nature of Science“ (NOS) – also erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Aspekte der Naturwissenschaften und naturwissenschaftlichen Wissens – inhaltlicher Bestandteil gängiger Standards und Lehrpläne (McComas & Olson, 1998). Schülerinnen und Schüler haben allerdings meist ein unzureichendes und inadäquates Verständnis von NOS (Höttecke, 2001; Lederman, 2007). Aus fachdidaktischer Sicht sprechen hinsichtlich der Förderung einer naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung (scientific literacy) verschiedene Argumente für eine Thematisierung von NOS im Unterricht. So seien beispielsweise ein Verständnis der Natur und Eigenschaften naturwissenschaftlichen Wissens notwendig, um dieses im Alltag sinnvoll verstehen, anwenden und im Rahmen gesamtgesellschaftlicher Diskussionen mit naturwissenschaftlichem Hintergrund bewerten und einsetzen zu können (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996). Darüber hinaus kann aber auch ein „science learning argument“ (Driver et al., 1996, S. 20) für eine NOS-Thematisierung formuliert werden. Ein Verständnis der Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens könnte demnach beispielsweise die Bereitschaft zu einem Konzeptwechsel erhöhen (Duit & Treagust, 2003); es könnten auch abstrakte Konzepte wie der Energiebegriff als von Wissenschaftlern geschaffene künstliche Entitäten begriffen und so gegenüber einem alltagsweltlichem, naiven Energiebegriff klarer abgegrenzt werden (Papadouris & Constantinou, 2013). Insgesamt wird vor dem Hintergrund dieses science learning argument also angenommen, dass ein Verständnis von NOS den Erwerb physikalischen Fachwissens befördert (Driver et al., 1996). Untersuchungen aus dem Bereich der epistemologischen Überzeugungen – einem Konstrukt, das sich in vielerlei Hinsicht mit NOS überschneidet (Neumann & Kremer, im Druck; Priemer, 2006) – zeigten, dass sich ein elaboriertes Wissenschaftsverständnis positiv etwa auf Lernstrategien (Tsai, 1998) oder Wissensintegration (Songer & Linn, 1991) auswirkt. Speziell für den Zusammenhang zwischen NOS-Verständnis und Fachwissenserwerb konnte Peters (2012) zeigen, dass eine Gruppe mit expliziter NOS-Instruktion im Fachkontext Elektromagnetismus einer Kontrollgruppe ohne NOS-Instruktion bzgl. des Erwerbs von Fachwissen überlegen ist. Insgesamt gibt es allerdings bislang nur wenig empirische Evidenz zum science learning argument, sodass es weiterer Forschung bedarf, um die Rolle von NOS für fachinhaltliche Lernprozesse zu klären (Lederman, 2007; Peters, 2012). An diesem Punkt soll das hier vorgestellte Dissertationsprojekt ansetzen. Ziel ist es dabei, die Wirkung integrierter NOS-Instruktion auf das NOS-Verständnis sowie auf den Erwerb von Fachwissen zu untersuchen und so einen Beitrag zur systematischen Untersuchung des dargestellten science learning argument zu leisten. Im Folgenden sollen die theoretischen Hintergründe einer entsprechenden Interventionsstudie und das geplante Studiendesign dargestellt sowie ein Ausblick auf mögliche anschließende Fragen gegeben werden.

Um die Wirkung integrierter NOS-Instruktion zu untersuchen, ist zunächst ein physikalischer Fachinhalt zu identifizieren, der für eine Kontextualisierung von NOS geeignet ist. Für die geplante Studie scheint die Vermittlung des Energiebegriffs dabei besonders sinnvoll. Auf Grund der Abstraktheit des Konzepts „Energie“ und der historischen Entwicklung des Begriffs mit sukzessiver Weiterentwicklung der betreffenden Theorien bieten sich hier vielfältige Ansatzpunkte für die Thematisierung verschiedener NOS-Aspekte. Ein Verständnis der Entstehung, Natur und Bedeutung allgemeiner naturwissenschaftlicher Theorien, aber auch ihrer Vorläufigkeit, könnte dabei helfen, ein elaboriertes Verständnis des Energiebegriffs aufzubauen (Papadouris & Constantinou, 2013).

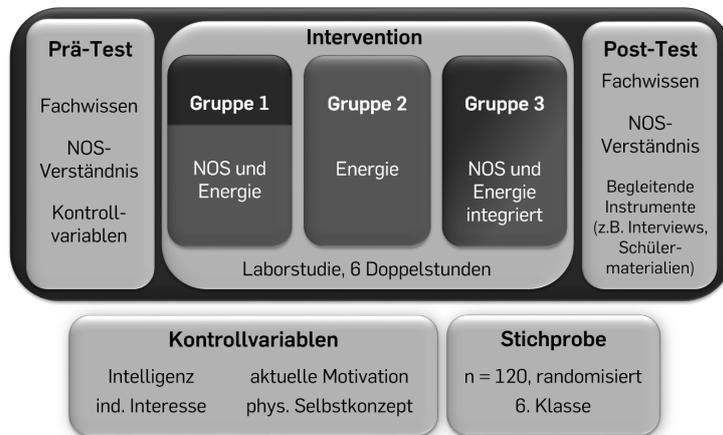


Abb. 1: Studiendesign zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen NOS-Verständnis und dem Erwerb von Fachwissen bzgl. Energie

Zur Elaboration eines Verständnisses der betreffenden NOS-Aspekte und somit zur Verbesserung von Lernvorgängen müssen naive, gegenüber Veränderungen z. T. resistente Überzeugungen revidiert werden. Hierbei reicht eine implizite Behandlung von NOS im Unterricht, etwa durch eigenes Experimentieren der Schülerinnen und Schüler, meist nicht für einen Konzeptwechsel hin zu einem adäquateren NOS-Verständnis aus (Abd-El-Khalick & Akerson, 2004; Clough, 2006). Vielmehr sollten inadäquate Vorstellungen durch explizite und reflexive Instruktion konfrontiert werden, damit sie zu Gunsten eines elaborierteren Wissenschaftsverständnisses aufgegeben oder zumindest überdacht werden (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Dies kann etwa mittels generischer, kontextunabhängiger Aktivitäten geschehen, die wichtige NOS-Aspekte veranschaulichen (z. B. Lederman & Abd-El-Khalick, 1998), aber auch über historische Fallbeispiele (z. B. Höttecke, 2012), epistemischen Diskurs (z. B. Papadouris & Constantinou, 2013) oder Inquiry-Aktivitäten (z. B. Akerson, Weiland, Pongsanon & Nargund, 2010). Für einen authentischen Zugang sollte NOS dabei kontextualisiert unterrichtet werden (Clough, 2006). Aus den Überlegungen zu einer kontextualisierten Thematisierung von NOS im Unterricht, sowie zum Aufbau des Energiekonzepts ergibt sich die Forschungsfrage, inwieweit ein Verständnis von NOS den Erwerb von Fachwissen in einem physikalischen Fachkontext beeinflusst. Dieser soll durch eine Interventionsstudie mit drei Gruppen nachgegangen werden (Abb. 1). Eine Gruppe durchläuft dabei zunächst eine Unterrichtseinheit zu NOS, geprägt durch generische NOS-Aktivitäten und losgelöst von einem fachlichen Kontext. Anschließend erhält die Gruppe an konventionellem Unterricht orientierte Instruktion zu Energie ohne explizite Thematisierung von NOS-Aspekten. Eine zweite Gruppe erhält inhaltsgleichen Unterricht zu Energie, ohne sich vorher mit NOS auseinanderzusetzen. Die zusätzliche Zeit wird in dieser Gruppe für festigende Übungen und Aktivitäten genutzt. Eine dritte Gruppe erhält schließlich eine integrierte, in den Kontext Energie eingebettete NOS-Instruktion. Diese orientiert sich an einer philosophiegeleiteten Unterrichtseinheit zu Energie, die von Papadouris und Constantinou (2013) bereits erfolgreich eingesetzt wurde. Teilaspekte des Energiekonzepts und NOS-Aspekte werden hier sinnvoll und aufeinander aufbauend miteinander verwoben. Die Interventionen sollen jeweils etwa sechs Doppelstunden dauern und im Rahmen einer Laborstudie in den Schulferien durchgeführt werden. Vor und nach den Interventionen werden jeweils das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler bzgl. Energie, sowie das NOS-Verständnis erhoben. Intelligenz, Interesse an

Physik, aktuelle Motivation sowie physikalisches Selbstkonzept sollen als Kontrollvariablen mit erhoben werden, da die Literatur zu NOS und epistemologischen Überzeugungen hier weitere Zusammenhänge erwarten lässt. Der bisher vorliegenden Literatur entsprechend wird erwartet, dass eine Thematisierung von NOS im Unterricht, insbesondere wenn diese in den Fachinhalt eingebettet erfolgt, den Erwerb von Fachwissen gegenüber Fachunterricht ohne NOS-Thematisierung befördert (G3>G1>G2).

Neben Energie bieten auch andere Inhalte des Physikunterrichts Ansatzpunkte für NOS-Aspekte, die Wirkung auf den Fachwissenserwerb könnte aber durchaus variieren. Anschlussuntersuchungen könnten daher klären, inwieweit eine NOS-Thematisierung auch in anderen Inhaltsfeldern wirkungsvoll ist und wie eine solche NOS-Instruktion ausgestaltet werden sollte, um möglichst effektiv Lernprozesse zu befördern. Entsprechende Studien würden so sukzessive zu einer weiteren Klärung des science learning argument beitragen.

#### Literatur

- Abd-El-Khalick, F. S., & Akerson, V. L. (2004). Learning as conceptual change: Factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of NOS. *Science Education*, 88(5), 785-810.
- Abd-El-Khalick, F. S., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Akerson, V. L., Weiland, I., Pongsanon, K., & Nargund, V. (2010). Evidence-based Strategies for Teaching Nature of Science to Young Children. *Journal of Kirsehir Education Faculty*, 11(4), 61-78.
- 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.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham [u.a.]: Open Univ. Press.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Höttecke, D. (2001). Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen: Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen. *Studien zum Physiklernen: Vol. 16*. Berlin: Logos.
- Höttecke, D. (2012). HIPST—History and Philosophy in Science Teaching: A European Project. *Science & Education*, 21(9), 1229-1232.
- 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.
- 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 (Ed.), *The Nature of science in science education. Rationales and strategies* (pp. 83-126). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standard documents. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of science in science education. Rationales and strategies* (pp. 41-52). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Neumann, I., & Kremer, K. H. (im Druck). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen - Ähnlichkeiten und Unterschiede. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19.
- Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2013). 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*, 1-28.
- Peters, E. 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.
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 159-175.
- Songer, N. B., & Linn, M. C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 761-784.
- Tsai, C.-C. (1998). An analysis of scientific epistemological beliefs and learning orientations of Taiwanese eighth graders. *Science Education*, 82, 473-489.

## Verwenden NaturwissenschaftslehrerInnen das Internet im Unterricht?

### Einleitung

Das Internet ist inzwischen zu einem festen Bestandteil des Alltags geworden. Bislang liegen noch keine empirischen Daten darüber vor, ob und wie das Internet von Lehrerinnen und Lehrern im naturwissenschaftlichen Unterricht oder zu dessen Vorbereitung eingesetzt wird. Diese Grunddaten wären die Voraussetzung, um den möglichen Einfluss des Internets auf Lernprozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht abzuschätzen, zu untersuchen und den Einsatz des Internets zur Unterstützung der Lernprozesse zu optimieren.

### Stand der Forschung

Heutzutage nutzen Jugendliche im Sekundarstufenalter das Internet täglich. Ihre Internetaktivitäten schließen dabei außerschulische Lernaktivitäten ein (vgl. Feierabend, 2012; vgl. Allensbach-Studie, 2013). Auch die Lehrkräfte verwenden das Internet: 75% bis 90% der Befragten geben an das World Wide Web regelmäßig zur Unterrichtsvorbereitung zu verwenden (vgl. Allensbach-Studie, 2013; vgl. Michel, 2008). Die Akzeptanz der Internetnutzung für die Schule ist demnach gegeben. Offen bleibt jedoch die Frage, ob und wie das World Wide Web und die neuen (digitalen) Technologien (z. B. Tablet-PCs und Smartphones), und damit einhergehend auch die neuen Zugangswege ins WWW, im naturwissenschaftlichen Unterricht zum Einsatz kommen. Um erste Anhaltspunkte von Lehrkräften der Naturwissenschaften über den Einsatz des Internets im Unterricht zu erhalten, wurden diese im Schuljahr 2012/13 hierzu befragt.

### Design, Stichprobe und Forschungsfragen

Die Befragung der Lehrkräfte erfolgte über einen Fragebogen, der zum größten Teil auf erprobte Fragen und Skalen zurückgreift, die auch in anderen Studien zur Internetnutzung verwendet werden. Die Erhebung erfolgte auf freiwilliger Basis zu einem Messzeitpunkt an Gymnasien und Realschulen des Bundeslandes Baden-Württemberg. Es handelt sich somit um keine Zufallsstichprobe. Bei der Ziehung der Stichprobe wurde darauf geachtet, unterschiedliche Regionen des Bundeslandes zu berücksichtigen. Die Stichprobe setzt sich aus N = 246 Lehrkräften (weiblich 47,4%, männlich 52,6%) zusammen, die sich wie folgt auf die Schularten und Fächer verteilen:

- Schulart: Gymnasium (N=151), Realschule (N=95)
- Biologie: N=60 (weiblich 60,0%, männlich 40,0%)
- Chemie: N=42 (weiblich 59,5%, männlich 40,5%)
- Physik: N=144 (weiblich 34,1%, männlich 65,9%)

Im vorliegenden Beitrag werden auf der Basis dieser Stichprobe folgende Forschungsfragen beantwortet:

- Wird und wenn ja wozu wird das Internet im naturwissenschaftlichen Unterricht oder zu dessen Vorbereitung eingesetzt?
- Unterscheidet sich die Häufigkeit des Einsatzes in den einzelnen Fächern?
- Gibt es altersspezifische Unterschiede im Nutzerverhalten der Lehrkräfte?

### Ergebnisse

*Unterrichtsvorbereitung:* Über 90% der befragten Lehrkräfte verwenden das Internet zur Vorbereitung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Damit stimmt die Häufigkeit der

Internetnutzung zur Unterrichtsvorbereitung in den naturwissenschaftlichen Fächern mit der Häufigkeit der Internetnutzung zur allgemeinen Unterrichtsvorbereitung überein.

*Einsatz im Unterricht:* Im Fachunterricht hingegen kommt das Internet seltener zum Einsatz. Nur etwas mehr als die Hälfte der Lehrkräfte (55,6%) gab an, das Internet regelmäßig im naturwissenschaftlichen Fachunterricht zu verwenden (s. Abbildung 1):

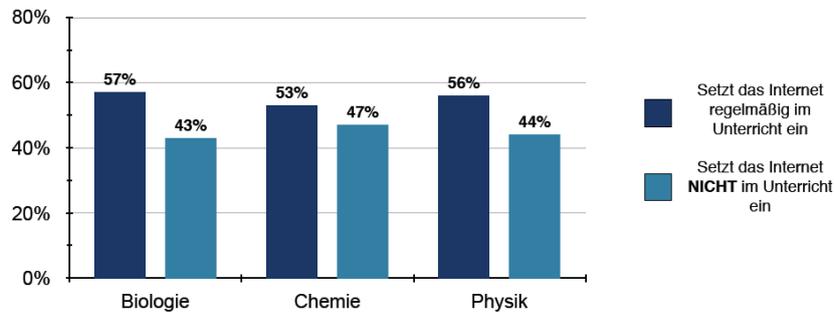


Abb. 1: Regelmäßige Verwendung des Internets im Fachunterricht der Naturwissenschaften, Angaben in %

Hoch der aktuellen Allensbach-Studie nutzen die Naturwissenschaftslehrkräfte das Internet im Unterricht im Mittel wie die Gesamtlehrerpopulation (57%). Ferner zeigen sich zwischen den Naturwissenschaften keine statistisch signifikanten Unterschiede (Chi-Square:  $\chi^2 = 0,577$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,752$ ). In einer Detailanalyse zum Einsatz des Internets im Unterricht wird gefragt, ob die Internetnutzung durch die Lehrperson selbst erfolgt, oder ob den Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit zur eigenständigen Verwendung des Internets gegeben wird. Etwa ein Drittel der Befragten, die das Internet im Unterricht nutzen, nutzen das Internet im Unterricht allein; die Schülerinnen und Schüler sind nicht selbst im Internet aktiv. 68,7% der Lehrkräfte, die das Internet im Unterricht nutzen, gaben an, das Internet im Fachunterricht sowohl selbst zu verwenden, es aber auch von den Schülerinnen und Schülern eigenständig nutzen zu lassen.

*Nutzungsmotive:* Abbildung 2 zeigt, wozu das Internet im naturwissenschaftlichen Fachunterricht eingesetzt wird:

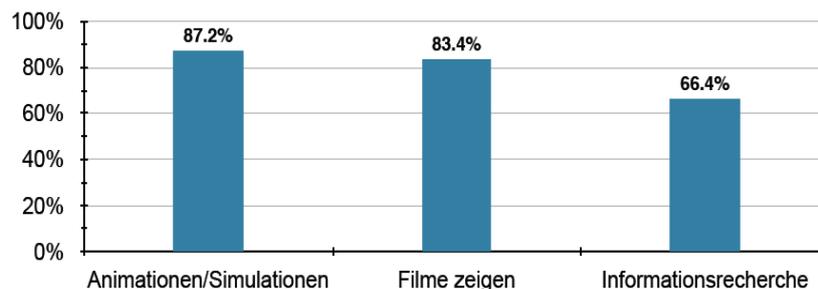


Abb. 2: Hauptmotive der Internetnutzung von Lehrkräften, Mehrfachnennungen, Angaben in %

Das Zeigen von Animationen und Simulationen und Filmen sowie die Informationsrecherche kristallisieren sich deutlich als Hauptmotive heraus. Auch hierin zeigt sich eine Übereinstimmung mit der aktuellen Allensbach-Studie. Das Nutzerverhalten von Lehrkräften in den Naturwissenschaften unterscheidet sich nicht von dem Nutzerverhalten in

anderen Unterrichtsfächern. Können sich die Schülerinnen und Schüler selbständig im Internet bewegen, so steht die Informationsrecherche an erster Stelle – wobei nicht klar ist, was genau sich hinter dieser Angabe verbirgt. Nur 5,1% der Befragten lassen die Schülerinnen und Schüler im Unterricht eigene Inhalte erstellen und strukturieren oder an Wikis arbeiten.

*Einsatz neuer Technologien und Zugangswege:* Neue digitale Technologien, z. B. Smartphones oder Tablets, werden im naturwissenschaftlichen Unterricht kaum verwendet. Bei über 80% der Befragten kommen diese Technologien und Zugangswege zum World Wide Web nicht zum Einsatz.

*Altersspezifische Unterschiede in der Internetnutzung:* Abbildung 3 differenziert die Nutzungshäufigkeit nach vier Altersgruppen. Die jüngeren Lehrkräfte setzen das Internet im naturwissenschaftlichen Unterricht häufiger als ihre älteren Kolleginnen und Kollegen ein. Die Unterschiede sind statistisch nicht signifikant (Chi-Square:  $\chi^2 = 6,816$ ;  $df = 3$ ;  $p = 0,078$ ).

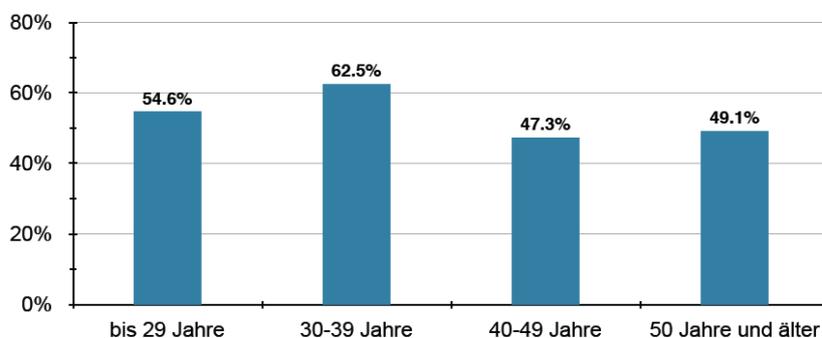


Abb. 3: Regelmäßige Verwendung des Internets im Fachunterricht der Naturwissenschaften differenziert nach dem Alter, Angaben in %

### Fazit

Die Studie zeigt, dass das Nutzerverhalten von Lehrkräften der naturwissenschaftlichen Fächer mit dem der Lehrkräfte anderer Fächer vergleichbar ist. Fast alle Befragten nutzen es zur Unterrichtsvorbereitung. Im naturwissenschaftlichen Unterricht selbst wird das Internet hingegen nur zurückhaltend eingesetzt.

### Hinweis

Gefördert durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst in Baden-Württemberg; Kooperatives Promotionskollegs „Effektive Lehr-Lernarrangements – Intervention und Evaluation in der pädagogischen Praxis“ der Universität Tübingen und der PH Ludwigsburg, sowie durch die Forschungsförderung der PH Ludwigsburg.

### Literatur

- Institut für Demoskopie Allensbach (2013). Digitale Medien im Unterricht – Die Sicht von Lehrkräften und Schülern. Online-Quelle: <http://www.telekom-stiftung.de/dtag/cms/contentblob/Telekom-Stiftung/de/2332730/blobBinary/Allensbach-Studie+Web-PDF.pdf> (Stand: 8/2013).
- Feierabend, S., Karg, U., & Rathgeb, T. (2012). JIM-Studie 2012. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hrsg.), Stuttgart. Online-Quelle: [http://www.mpfs.de/fileadmin/JIMpdf12/JIM2012\\_Endversion.pdf](http://www.mpfs.de/fileadmin/JIMpdf12/JIM2012_Endversion.pdf) (Stand: 8/2013).
- Michel, L. P. (2008). Digitale Schule – Wie Lehrer Angebote im Internet nutzen. Technischer Bericht, Institut für Medien- und Kompetenzforschung, Essen. [http://www.dlr.de/pt/Portaldaten/45/Resources/dokumente/bildungsforschung/MMB\\_Veroeffentlichung\\_Lehrer\\_Online\\_20080505\\_final.pdf](http://www.dlr.de/pt/Portaldaten/45/Resources/dokumente/bildungsforschung/MMB_Veroeffentlichung_Lehrer_Online_20080505_final.pdf) (Stand: 8/2013).

## **Kann Priming das Erlernen der Newtonschen Mechanik beeinflussen?**

### **Einleitung**

Priming ist eine Methode der Kognitionspsychologie, um die Verarbeitung von Informationen zu unterstützen. Beim Priming wird vor dem Verarbeitungsprozess eine Information dargeboten, der sogenannte Prime, der im weitesten Sinne „unbewusst“ wahrgenommen wird und einen nachfolgenden Verarbeitungsprozess beeinflusst (Brand & Markowitsch, 2004). Phänomenologisch betrachtet wird ein kognitiver Verarbeitungsprozess durch einen Prime beeinflusst, ohne dass dies für die Person, die den Verarbeitungsprozess vollzieht, erkennbar ist. Priming könnte prinzipiell auch zur Unterstützung von Lernprozessen eingesetzt werden. In den Didaktiken der Naturwissenschaften und der Mathematik findet Priming bislang keine Anwendung. In einer Studie der 60er Jahre zum Problemlösen von Geometrieaufgaben wurde eine Methode verwendet, die dem Priming ähnelt. Dreistadt (1969) konnte zeigen, dass Poster, die versteckte Lösungshinweise zu den Geometrieaufgaben enthielten, den Lösungserfolg positiv beeinflussten. Die indirekten Lösungshinweise auf den Postern können als Primes interpretiert werden. Als Grundfrage unseres Forschungsvorhabens soll untersucht werden, ob Priming das Physikklernen beeinflussen kann. Die fachdidaktische Aufgabe besteht insbesondere darin, wirksame Primes zu entwickeln. Aus unserer fachdidaktischen Perspektive ergeben sich zwei praktische Fragen: 1) Hat der Zeitpunkt des Primings, d. h. ob ein Prime vor, bei oder sowohl vor als auch bei dem Lernprozess dargeboten wird, einen Einfluss auf das Physikklernen? 2) Hat die Dauer des Primings einen Einfluss auf das Physikklernen?

### **Stand der Forschung und Forschungsfragen**

Priming lässt sich funktional präzise beschreiben: Ein erster Reiz, genannt Prime, wird dargeboten und unbewusst verarbeitet (Brand & Markowitsch, 2004). Nach dem Prime wird ein zweiter Reiz, genannt Target, gezeigt. Beeinflusst die Verarbeitung des Primes die darauffolgende Verarbeitung des Targets, wird dies als Priming bezeichnet (Asendorpf, 2007; Ratcliff & McKoon, 1988). In der genannten Studie von Dreistadt (1969) ist das Target schwer zu identifizieren: Es könnte im weitesten Sinne mit dem Problemlöseprozess der Geometrieaufgabe in Verbindung gebracht werden. Priming ist zurzeit stark umstritten, da u. a. Replikationen nicht gelingen (Kahneman, 2012). Allerdings sind die experimentellen Anforderungen an die Variablen-Kontroll-Strategien hoch. Kritiker des Primings stellen z. T. die Wissenschaftlichkeit der Untersuchungen in Frage, da das Kriterium der Objektivität vermeintlich oder tatsächlich nicht erfüllt ist. Die zentrale Aufgabe unseres Forschungsvorhabens sehen wir darin, wirksame Primes zu entwickeln. Brunstein (2001) untersuchte visuelle Gestaltungsmerkmale der Lösungshinweise, bspw. der Innenwinkel, der Geometrieaufgaben Dreistads. Im Unterschied zu den Hinweisen von Dreistadt, verwendete Brunstein geometrisch zusammengesetzte Figuren. Brunsteins Ergebnisse deuten darauf hin, dass insbesondere die visuelle Gestaltung der Lösungshinweise dafür entscheidend sein könnte, inwieweit der Lösungsprozess positiv beeinflusst werden kann. Folglich werden für unser Forschungsvorhaben vermutlich Fragen der strukturellen Ähnlichkeit von Prime und Target sowie die Verfremdung der Primes eine Rolle spielen. Für die praktische fachdidaktische Anwendung sind der Zeitpunkt und die Dauer des Primings offene Fragen. In kognitionspsychologischen experimentellen Grundlagenstudien, z. B. Klauer, Eder, Greenwald & Abrams (2007), dauert ein Prime nur wenige Millisekunden. Bei Dreistadt (1969) werden die vermeintlichen Primes während der gesamten Intervention angeboten. Da

die Wirksamkeit der Primes von Zeitpunkt und Dauer des Primings abhängen können, sind auch diese Aspekte bei der Entwicklung zu berücksichtigen. Im Augenblick tendieren wir dazu, dem Vorbild der Dreistadt-Studie zu folgen und die Primes über längere Zeiträume anzubieten. Die Frage nach der Dauer des Primings wird somit erst einmal im Ansatz untersucht. Der Einfluss des Primings soll anhand des Wissenserwerbs erfasst werden. Als Themenbereich wird die Newtonsche Mechanik und speziell das Dritte Newtonsche Axiom gewählt. Hier haben wir erste Ideen für Primes.

### **Design und Forschungsmethoden**

Das Forschungsvorhaben ist im Bereich der physik- bzw. fachdidaktischen Grundlagenforschung zu verorten. Die Aufgabe, wirksame Primes zu finden, lässt sich mit der Methode zur Darbietung der Primes verbinden.

*Variablen:* Als unabhängige Variablen können das „Priming vor dem Lernprozess“ und „Priming bei dem Lernprozess“ in den Ausprägungen ja/nein spezifiziert werden. Die abhängige Variable ist der genannte „Wissenserwerb in der Newtonschen Mechanik“.

*Design:* Es bietet sich ein 2x2-Treatment-Kontrollgruppen-Design an. Treatment- und Kontrollgruppen lernen mit einem computergestützten Lernprogramm Elemente der Newtonschen Mechanik. Das Lernprogramm befindet sich noch in der Entwicklung. Noch einmal zur Verdeutlichung: Drei Treatmentgruppen werden einem Priming ausgesetzt, wohingegen die Kontrollgruppe kein Priming erfährt.

*Stichprobe:* Die Probanden rekrutieren sich aus der Population der Studierenden. Für große Effekte genügt in der Hauptstudie eine randomisierte Stichprobe mit einem Umfang von  $N = 56$  (Bortz & Döring, 2006, S. 632). Angesichts der aktuellen Debatte um das Priming als objektiver Effekt sind größere Stichprobenumfänge erstrebenswert, auch um eventuelle Zufallsschwankungen in den experimentellen Bedingungen auszubalancieren.

*Entwicklungsaufgaben:* Der Fragebogen zur Erhebung des Wissens, die Primes und das Lernprogramm befinden sich, wie gesagt, im Entwicklungsstadium und sollen in Vorstudien erprobt werden. Folgende Kontrollvariablen werden erhoben: Intelligenz, physikalisches Selbstkonzept (Helmke, 1992), physikalische Selbstwirksamkeitserwartungen (Jerusalem & Satow, 1999), Interesse an Physik und die Motivation, Physik zu erlernen. Der Wissenserwerb in der Newtonschen Mechanik soll mit einem Pre-Post- und, wenn möglich, mit einem Follow Up-Test erhoben werden. Hier liegen erprobte Items aus dem FCI (Hestenes, Wells & Swackhammer, 1992; Gerdes & Schecker, 1999) und den Studien von Wilhelm, Waltner, Hopf, Tobias & Wiesner (2009) vor.

### **Vorstudie zum Priming**

Die Vorstudie, von der im Folgenden berichtet werden soll, diene vorrangig der Erprobung der Messinstrumente, der Messmethode sowie - rein explorativ - eines ersten animierten Primes zum Dritten Newtonschen Axiom. Anders als in der angestrebten Hauptstudie, wurde in der Vorstudie die Auswirkung des Primings auf die Beantwortung von Fragen zum Dritten Newtonschen Axiom und damit den Abruf von vorhandenem Wissen untersucht. Wir wollen den Begriff Wissen und seine Präzisierung hier nicht weiter diskutieren und benutzen den Terminus „intuitiv“.

*Variablen, Design, Stichprobe und Methode:* Die unabhängige Variable ist das „Priming vor dem Beantworten des Fragebogens“ in den Ausprägungen ja/nein. Die abhängige Variable ist, wie gesagt, das „Wissen zum Dritten Newtonschen Axiom“. Es liegt eine einfache Vergleichsstudie vor. Treatment- und Kontrollgruppe bearbeiten einen Fragebogen, der aus drei Teilen besteht: 1) Intelligenz, 2) Kontrollvariablen und 3) Wissen zum Dritten Newtonschen Axiom.<sup>1</sup> Der Treatmentgruppe wird während der Einleitung und der

<sup>1</sup> Über den Fragebogen geben wir gerne Auskunft.

Bearbeitung des ersten Teils des Fragebogens ein Prime dargeboten. Der Prime wird auf Laptop- und LED-Bildschirmen gezeigt. Die Probanden werden nicht auf das Priming hingewiesen. Als Probanden dienen Studierende ( $N = 16$ ). Es liegt ein *convenient sample* vor.

*Prime:* Der Prime ist animiert. Er zeigt eine kleine Kugel, die mit einer konstanten Geschwindigkeit auf eine ruhende große Kugel zurollt. Die Kugeln stoßen zentral elastisch zusammen. Im Augenblick des Zusammenstoßes wird entsprechend dem Dritten Newtonschen Axiom („*actio = reactio*“) das Symbol „*=*“ eingeblendet. Nach dem Stoß rollen die Kugeln mit unterschiedlicher Geschwindigkeit in entgegengesetzte Richtungen auseinander.

*Ergebnisse:* Zur Erprobung des Fragebogens zum Wissen in der Newtonschen Mechanik wurde in einer weiteren Vorstudie ( $N = 47$ ) die Reliabilität der Skala der Wissensitems zum Dritten Newtonschen Axiom erhoben. Die Reliabilität der Skala (Range 0 - 7) ist in der Vorstudie mit einem Cronbach's  $\alpha = .847$  sehr zufriedenstellend. In der Vorstudie erreichte die Treatmentgruppe „Priming vor (ja)“ in den Wissensitems im Mittel  $M = 3.25$  Punkte ( $SD = 2.61$ ); die Kontrollgruppe „Priming vor (nein)“ erzielte  $M = 4.13$  Punkte ( $SD = 2.42$ ). Die Auswertung mittels Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen im Wissen zum Dritten Newtonschen Axiom ( $p = .505$ ). Numerisch zeigt das Ergebnis nicht die erhoffte Tendenz.

*Diskussion und Ausblick:* In der Vorstudie war die Stichprobe sehr klein und konnte aus organisatorischen Gründen nicht randomisiert werden. Insbesondere wurde das Vorwissen nicht kontrolliert. In der Vorstudie standen handwerkliche und technische Aspekte im Vordergrund; die Erprobung des Primes war nicht das vorrangige Ziel. Daher ist es nicht verwunderlich, dass nichts Verwertbares gemessen wurde. Wir denken, dass physikdidaktische Überlegungen zur Initiierung von Lernprozessen umgesetzt werden müssen, welche die unterschiedlichen Anforderungen der strukturellen Ähnlichkeit und Verfremdung der Primes ausbalancieren und die Lehrziele widerspiegeln. Weitere Studien sind also erforderlich.

#### Literatur

- Asendorpf, J. B. (2007). *Psychologie der Persönlichkeit*. 4. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 72-74.
- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation*. 4. Auflage. Heidelberg: Springer.
- Brand, M., & Markowitsch, H. J. (2004). Lernen und Gedächtnis. *Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule*, 53, 1-7.
- Brunstein, A. (2001). Zum Einfluss der visuellen Oberfläche auf bildhafte Analogien. Dissertation. Universität Hamburg.
- Dreistadt, R. (1969). The Use of Analogies and Incubation in Obtaining Insights in Creative Problem Solving. *Journal of Psychology*, 71, 159-175.
- Gerdes, J., & Schecker, H. (1999). Der Force Concept Inventory. Ein diagnostischer Test zu Schülervorstellungen in der Mechanik. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)*, 52(5), 283-288.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhammer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141-158.
- Kahneman, D. (2012). A proposal to deal with questions about priming effects. In E. Yong (2012). Nobel laureate challenges psychologists to clean up their act. *Nature*. <http://www.nature.com/news/nobel-laureate-challenges-psychologists-to-clean-up-their-act-1.11535>. Datum: 28.05.2013.
- Klauer, K. C., Eder, A. B., Greenwald, A. G., & Abrams, R. L. (2007). Priming of semantic classifications by novel subliminal prime words. *Consciousness and Cognition* 16. Elsevier Inc. S. 63-83.
- Ratcliff, R., & McKoon, G. (1988). A Retrieval Theory of Priming in Memory. *Psychological Review*, 95(3), 385-408.
- Wilhelm, T., Waltner, C., Hopf, M., Tobias, V., & Wiesner, H. (2009). Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht - quantitative Ergebnisse zur Verständnis- und Interessenentwicklung. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.), *Didaktik der Physik – Bochum 2009*. Berlin: Lehmanns Media.

***kidipedia* – Ergebnisse eines Forschungsprojekts im Sachunterricht**

Das Forschungsprojekt beschäftigt sich mit der Förderung von Jungen und Mädchen durch den Einsatz eines multimedialen Web 2.0 Angebotes – *kidipedia*<sup>1</sup> – im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht. Dabei werden die Hypothesen geprüft, dass durch den Einsatz von *kidipedia* sowohl Jungen als auch Mädchen einen Zuwachs in den Bereichen „Medienkompetenz“, „Naturwissenschaftskompetenz“ sowie „Motivation und Interesse“ erfahren und folglich in diesen Bereichen gefördert werden (vgl. Abb. 1). Die Datenerhebung erfolgte im klassischen Prä-Post-Design unter Einbezug von Kontrollklassen, die während des Projektverlaufes (9 Schulwochen) kein Onlineportal wie *kidipedia* im Unterricht nutzen. Insgesamt nahmen 28 Primarschulklassen mit N = 489 Schülerinnen und Schülern aus den Kantonen Aargau und Solothurn an der Studie teil. Schwerpunkt dieses Artikels sind die Ergebnisse des naturwissenschaftlichen Bereichs. Dazu gehört die Überprüfung des Zuwachses der Naturwissenschaftskompetenz und von Motivation und Interesse in Bezug auf die Naturwissenschaften. Im Folgenden werden die verwendeten Erhebungsinstrumente vorgestellt und anschließend die Ergebnisse berichtet.



Abb. 1: Das Forschungsprojekt im Überblick

**Erhebungsinstrumente***Naturwissenschaftskompetenz*

Um der Fragestellung nachzugehen, ob und wie sich die Naturwissenschaftskompetenz von Jungen und Mädchen durch den Einsatz von *kidipedia* verändert, wurde ein Test eingesetzt, der auf den 71 freigegebenen Items der TIMS-Studie 2007 (TIMSS 2007) beruht. Die 71 Items wurden auf zwei Testhefte aufgeteilt, dabei wurde darauf geachtet, dass die Gesamtpunktzahl, die Kompetenzstufenverteilung sowie die Verteilung der Anwendungs- und Inhaltsbereiche in beiden Testheften gleich waren. Die hier vorgestellten Ergebnisse beruhen auf den Gesamtergebnissen aus beiden Testheften.

*Motivation und Interesse an Naturwissenschaften*

Zur Beantwortung der Fragen, ob *kidipedia* die Motivation zur Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen und das Interesse an naturwissenschaftlichen Themen bei Jungen und Mädchen erhöht, wurde ein Fragebogen eingesetzt, der auf bestehenden Fragebögen für die Sekundarstufe aus dem Chemie- und Physikunterricht beruht und für die Primarstufe adaptiert wurde. Der Fragebogen besteht aus 36 Items, welche auf 5 Skalen (intrinsische Motivation ( $\alpha = .66$ ), extrinsische Motivation ( $\alpha = .80$ ), Abneigung ( $\alpha = .87$ ), Sachinteresse ( $\alpha = .80$ ), Fähigkeitsselbstkonzept ( $\alpha = .62$ )<sup>2</sup>) verteilt sind<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> *kidipedia* ist ein didaktisch aufbereitetes Onlinelexikon für den Einsatz im (Sach-)Unterricht der Primarschule. Für weitere Informationen zu *kidipedia* siehe Peschel (2010) oder [www.kidipedia.de](http://www.kidipedia.de) (.ch/.at/.eu).

<sup>2</sup> Die Alpha Werte entsprechen dem Cronbachs-Alpha.

<sup>3</sup> Die Skalen resultieren aus folgenden Erhebungen: Intrinsische Motivation (Wackermann, 2008); Extrinsische Motivation (Wild et al., 2001 – INMO), Abneigung (ebd.), Sachinteresse an Naturwissenschaften (Pawek, 2009) und Fähigkeitsselbstkonzept (ebd.).

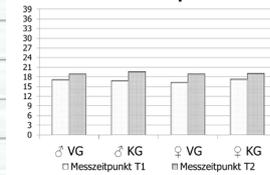
## Ergebnisse

### Naturwissenschaftskompetenz

Für den Bereich Naturwissenschaftskompetenz wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung mit den Daten der Kinder durchgeführt, die den Naturwissenschaftstest zu beiden Erhebungszeitpunkten bearbeitet haben (N=458). Es ließ sich kein signifikanter Geschlechter- oder Gruppeneffekt nachweisen. Jedoch liegt ein großer Zeitpunkteffekt<sup>4</sup> vor (F = 124,15; Sig. = 0,00;  $\eta^2 = 0,22$ ). Diese Ergebnisse wurden mithilfe eines T-Tests für die einzelnen Gruppen-Geschlechterkonstellationen verifiziert (vgl. Tab. 1).

Gesamttest		M	SD	Gepaarte Differenzen		T	df	Sig. (2-seitig)
				M	SD			
♂ VG	T1	17,22	7,16	-1,74	4,56	-4,41	132	0,00
	T2	18,96	7,15					
♂ KG	T1	16,91	6,78	-2,77	4,09	-7,24	113	0,00
	T2	19,68	6,53					
♀ VG	T1	16,34	6,37	-2,62	3,77	-8,01	132	0,00
	T2	18,95	6,37					
♀ KG	T1	17,33	7,08	-1,78	4,31	-3,65	77	0,00
	T2	19,12	7,33					

Erreichte Gesamtpunktzahl



Tab. 1: Ergebnisse des T-Tests für die einzelnen Konstellationen (Gesamter NaWi-Test)

Abb. 2: Erreichte Gesamtpunktzahl der einzelnen Konstellationen (Gesamter NaWi-Test)

Aus den Ergebnissen der statistischen Testverfahren lässt sich ableiten, dass alle Kinder einen Zuwachs im Bereich Naturwissenschaftskompetenz erfahren haben – unabhängig vom Geschlecht und der Gruppe der sie angehören (Versuchsgruppe (VG), Kontrollgruppe (KG)). Das bedeutet, dass alle Kinder – unabhängig vom Einsatz von *kidipedia* – ihre Naturwissenschaftskompetenz (leicht) gesteigert haben. In Abbildung 2 wird dieses Ergebnis grafisch verdeutlicht. Die Kinder starteten alle ungefähr auf gleichem Ausgangsniveau (17 Punkte) und erfahren im Laufe der Projektzeit einen Zuwachs, sodass sie sich am Ende der Projektzeit ungefähr auf gleichem Endniveau (19 Pkt.) befinden. Dies erklärt den signifikanten Zeitpunkteffekt.

### Motivation und Interesse an Naturwissenschaften

Auch für den Bereich Motivation und Interesse wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung mit den Daten der Kinder durchgeführt, die den Fragebogen zu beiden Erhebungszeitpunkten bearbeitet haben (N = 461)<sup>5</sup>.

**Abneigung und Sachinteresse:** Für die Skalen Abneigung und Sachinteresse wurde jeweils ein signifikanter Gruppeneffekt (Abneigung: F=7,87; Sig.=0,01;  $\eta^2=0,02$ ; Sachinteresse: F=4,99; Sig.=0,03;  $\eta^2=0,01$ ) und ein signifikanter Zwischensubjekteffekt beim Geschlecht nachgewiesen (Abneigung: F=4,258; Sig.=0,04;  $\eta^2=0,01$ ; Sachinteresse: F=5,27; Sig.=0,03;  $\eta^2=0,01$ ). Betrachtet man diese Effekte inhaltlich, so zeigt sich, dass die Jungen der Stichprobe generell weniger Interesse, dafür jedoch eine stärkere Abneigung gegenüber Naturwissenschaften, aufweisen. Für den signifikanten Gruppeneffekt lässt sich feststellen, dass die Kinder der VG (mit *kidipedia*) am Ende der Projektzeit eine stärkere Abneigung und ein geringeres Interesse an Naturwissenschaften aufweisen, wohingegen die Kinder der KG (ohne *kidipedia*) am Ende der Projektzeit signifikant stärker interessiert, dafür aber auch signifikant weniger abgeneigt sind.

**Extrinsische Motivation:** Bei der Skala extrinsische Motivation lässt sich ebenfalls ein signifikanter Zwischensubjekteffekt beim Geschlecht nachweisen (F = 4,104; Sig. = 0,04;  $\eta^2 = 0,01$ ). Zudem liegt ein signifikanter Zeitpunkteffekt vor (F = 7,17; Sig. = 0,01;  $\eta^2 = 0,02$ ).

<sup>4</sup> Außerdem ist ein kleiner dreifacher Interaktionseffekt Zeitpunkt\*Gruppe\*Geschlecht vorhanden (F = 5,24; Sig. = 0,02;  $\eta^2 = 0,01$ ).

<sup>5</sup> Es werden nur signifikante Effekte und Ergebnisse präsentiert. Die hier gezeigten Effekte sind als kleine Effekte zu interpretieren.

Dies lässt sich so interpretieren, dass sich die extrinsische Motivation während der Projektzeit bei allen Kindern verändert hat, jedoch benötigen die Jungen unabhängig von der Gruppe generell zusätzliche externe Unterstützung, um sich mit naturwissenschaftlichen Themen zu beschäftigen, als die Mädchen der Stichprobe.

**Intrinsische Motivation:** Die meisten Effekte sind bei der Skala intrinsische Motivation vorzufinden. Es gibt sowohl einen Geschlechter- ( $F = 4,15$ ;  $\text{Sig} = 0,04$ ;  $\text{eta}^2 = 0,01$ ) als auch einen Gruppeneffekt ( $F = 4,01$ ;  $\text{Sig} = 0,05$ ;  $\text{eta}^2 = 0,01$ )<sup>6</sup>. Zudem liegt auch hier der signifikante Zwischensubjekteffekt beim Geschlecht vor ( $F = 13,381$ ;  $\text{Sig} = 0,00$ ;  $\text{eta}^2 = 0,03$ ). Betrachtet man diese Effekte ebenfalls auf inhaltlicher Ebene, so zeigt sich, dass die Jungen in beiden Gruppen generell weniger intrinsisch motiviert sind, als die Mädchen der Stichprobe. Das bedeutet, dass sich die Mädchen eher von sich aus mit naturwissenschaftlichen Inhalten beschäftigen als die Jungen. Ebenso erfahren die Gruppen eine unterschiedliche Entwicklung während des Projektzeitraumes. Während in der Versuchsgruppe beide Geschlechter einen Motivationsverlust erfahren, entwickeln sich die Geschlechter der Kontrollgruppe unterschiedlich – was durch den statistischen Gruppen- und Geschlechtereffekt bestätigt wird (vgl. Abb. 3).

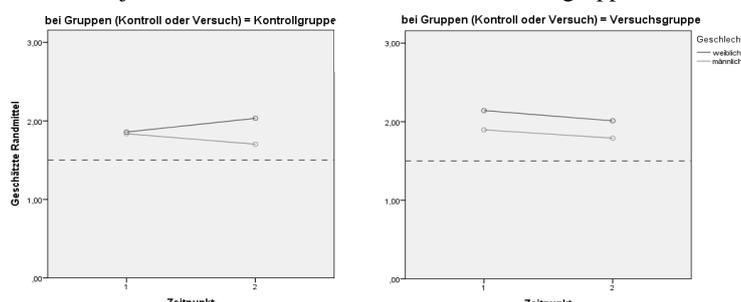


Abb. 3: Grafische Darstellung des intrinsischen Motivationsverlaufs

bestätigt wird (vgl. Abb. 3).

### Zusammenfassung – Ausblick

Die bisherigen Ergebnisse lassen vermuten, dass *kidipedia* keinen Einfluss auf die Naturwissenschaftskompetenz ausübt und das Interesse sowie die Motivation gegenüber Naturwissenschaften bei den Kindern senkt. Es sind weitere Analysen und eine intensive Ursachenforschung nötig. Aktuell wird den Ursachen „zu geringe Nutzung“<sup>7</sup> von *kidipedia* in den Versuchsgruppen“ und „zu wenig Sachunterricht mit naturwissenschaftlichen Inhalten“ mithilfe der Lehrendenfragebögen nachgegangen.

### Literatur

- Pawek, C. (2009): Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Dissertation. [http://eldiss.uni-kiel.de/macau/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation\\_derivate\\_00002763/diss\\_cpawek.pdf](http://eldiss.uni-kiel.de/macau/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00002763/diss_cpawek.pdf); 14.02.2013.
- Peschel, M. (2010). *kidipedia*: Untersuchung der Machbarkeit einer neuartigen Onlineplattform, zu finden unter: [http://www.boeckler.de/pdf/p\\_arbp\\_190.pdf](http://www.boeckler.de/pdf/p_arbp_190.pdf) - zuletzt eingesehen am 3.12.2010.
- TIMSS (2007). Freigegebene Items und Bewertungsrichtlinien. Online verfügbar unter: <https://www.bifie.at/node/288> zuletzt geprüft am 02.09.2013.
- Wackermann, R. (2008). Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer. Logos Verlag, Berlin.
- Wild, E., Gerber, J., Exeler, J., Remy, K., Sumfleth, E., Rumann, S., & Buttler, N. (2001). Dokumentation der Skalen- und Item- Auswahl für den Kinderfragebogen zur Lernmotivation und zum emotionalen Erleben. Bielefeld & Essen. Unveröffentlichtes Dokument.

<sup>6</sup> Außerdem ist ein kleiner dreifacher Interaktionseffekt Zeitpunkt\*Gruppe\*Geschlecht vorhanden ( $F = 5,79$ ;  $\text{Sig} = 0,02$ ;  $\text{eta}^2 = 0,01$ ).

<sup>7</sup> *kidipedia* sollte mindestens einmal pro Woche im Unterricht eingesetzt werden. Laut mündlichen Rückmeldungen der Lehrpersonen zum Ende der Projektzeit wurde *kidipedia* in einigen Klassen so gut wie gar nicht in den Unterricht integriert resp. im Unterricht genutzt.

## Werbung im naturwissenschaftlichen Unterricht

### Ausgangspunkte

Die Präsenz von Werbung in unserem Leben und im Leben von Jugendlichen ist enorm. Nach unterschiedlichen Schätzungen werden wir pro Tag mit etwa 2500 bis 6000 Werbebotschaften konfrontiert (Langner, 2009). Oft arbeitet Werbung mit naturwissenschaftlich-technischer Information, die jedoch von den Verbrauchern in vielen Fällen gar nicht als solche erkannt wird (McSharry & Jones, 2002).

Traditionell wird dem Thema Werbung im Deutschunterricht viel Bedeutung beigemessen (Fredeking, Krommer & Maiwald, 2008). Eine Literaturanalyse von deutschdidaktischen Lehrwerken und Zeitschriften ergab jedoch, dass die Betrachtung von fachbezogener Information bzw. die inhaltliche Dimension von Werbung im Fach Deutsch kaum eine Rolle spielt. Analysiert werden meist nur Sprache, Kommunikation, gesellschaftliche Motive und Stereotypen, Bildzeichen etc. (Belova & Eilks, 2013).

Wie steht es damit aber um die inhaltliche Dimension von Werbung und deren Bewertung, etwa wenn es um naturwissenschaftlich-technische Produkte geht? Im Sinne einer kritischen Medienbildung könnte man zur Diskussion stellen, auch diesen Aspekt zu betrachten. Dies wäre dann sicher eine Aufgabe, die am ehesten im naturwissenschaftlichen Unterricht anzusiedeln wäre. Zusammen mit der kritischen Hinterfragung von Werbung an sich ergäbe sich ein authentischer Lernanlass, wie auch ein Feld für die Förderung einer mehrdimensionalen Kommunikations- und Bewertungskompetenz.

### Legitimation

Die Stärkung der gesellschaftlichen Dimension des naturwissenschaftlichen Unterrichts wird zwar seit den 1970er immer wieder gefordert und ist auch immanent in den Bildungsstandards für den naturwissenschaftlichen Unterricht, jedoch ist die Implementierung vielerorts noch unzureichend (Hofstein, Eilks & Bybee, 2011). In Deutschland ist aber in den letzten Jahren eine Stärkung dieser Dimension zumindest in Ansätzen zu erkennen und findet in der Chemie insbesondere in den Unterrichtsvorschlägen zum gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterricht Niederschlag (Marks & Eilks, 2009). Gerade dieser Ansatz fokussiert auch den Umgang mit Alltagsmedien und die Informationsweitergabe und -nutzung im gesellschaftlichen Raum. Hierzu wurde das Konzept des Lernens über den Umgang mit „gefilterter Information“ entwickelt (Marks, Burmeister, Lippel & Eilks, 2012).

Die Idee der „gefilterten Information“ drückt aus, dass der normale Bürger (der Nicht-Wissenschaftler) in seinem Leben kaum mit authentischer Wissenschaft in Berührung kommen wird. Diese findet sich nur in wissenschaftlicher Forschung, entsprechenden Fachpublikationen oder -konferenzen. Jeder Bürger wird aber im Alltag mit durch unterschiedliche Interessensgruppen oder Medien gefilterte wissenschaftliche Information konfrontiert (Eilks, Belova, von Döhlen, Burmeister & Stuckey, 2012). Werbung stellt hierbei eine besonders stark gefilterte Form von Information dar (Belova & Eilks, im Druck).

So kann insbesondere beim Lernen über Werbung deutlich gemacht werden, dass es bei der Entwicklung von Kommunikations- und Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften nicht nur um die Kompetenz des eigenen Kommunizierens und Bewertens von naturwissenschaftlicher Information geht. Ein Verständnis muss entwickelt werden, wie diese Information an uns herangetragen wird, wie sie ausgewählt, dargestellt, benutzt wird,

und welche Intentionen damit verfolgt werden. Gerade am Beispiel der Werbung kann gelernt werden, wie die Werbenden mit naturwissenschaftlicher und technischer Information umgehen, welche sie und warum für welche Zielgruppe auswählen oder bewusst weglassen.

### **Werbung im naturwissenschaftlichen Unterricht**

Die Anzahl an verfügbaren Publikationen zur Werbung im naturwissenschaftlichen Unterricht ist, im Gegensatz zur Deutschdidaktik, sehr begrenzt (Belova & Eilks, im Druck). Es gibt nur vereinzelte Unterrichtsvorschläge, die Werbung als Einstiegskontext in ein Thema, Experimentieranlass oder Datenlieferant für Aufgaben vorschlagen. Hierbei handelt sich zumeist um ein ausschließliches Lernen *mit* Werbung; die Funktion von Werbung und die Auswahl, Darstellung oder Verlässlichkeit enthaltener naturwissenschaftlich-technischer Information an sich, also ein Lernen *über* Werbung, werden in der Regeln nicht thematisiert. Nur sehr wenige Arbeiten schlagen beispielsweise die Betrachtung von ökologischen und ökonomischen Aspekten von Produkten oder die bewusste Auseinandersetzung mit irreführenden Werbeslogans vor. Konkrete Vorschläge zur unterrichtlichen Umsetzung dieser Perspektive fehlen dann aber häufig auch in diesen wenigen Vorschlägen.

Kaum Ansätze gehen so weit wie ein Unterrichtsbeispiel von Lippel, Stuckey und Eilks (2012) zu Stüßungsmitteln. Lippel et al. schlagen vor, dass die Schülerinnen und Schüler im Rahmen der sog. „Werbemethode“ selber Werbung erstellen, um zu hinterfragen, welche Rolle fachbezogene Information dabei spielen kann und sollte. Hierbei müssen die Lernenden ggf. auch mit Blick auf eine bestimmte Zielgruppe positive und negative Informationen zu einem Produkt sichten. Sie müssen positiv bzw. negativ erscheinende Information erkennen, aus diesen die potenziell geeignetsten Argumente für eine Werbung auswählen und dann eine eigene Werbeanzeige gestalten. Bei der Präsentation der Ergebnisse wird dann gemeinsam reflektiert, welcher Werbung die Lernenden am ehesten gefolgt wären und aus welchen Gründen. Hierbei wird auch thematisiert, ob ein Einbezug von naturwissenschaftlich-basierten Informationen in einer solchen Werbung für eine bestimmte Zielgruppe sinnvoll ist und ob sich dies für andere Produkte und Zielgruppen vielleicht ganz anders verhält. Aus der praktischen Umsetzung wird beschrieben, dass eine solche Aktivität sehr motivierend ist und zu intensiven Diskussionen führt.

Einen umgekehrten Weg schlugen kürzlich von Eilks et al. (2012) vor: Die Kleinmethode „Werbeslogans reflektieren“. Auch hier geht es darum, den fachlichen Bezug von Werbung zu hinterfragen und zu bewerten. Die Schülerinnen und Schüler erhalten eine Auswahl möglicher Werbeslogans zu einem Produkt. Auf Skalen bewerten die Schülerinnen und Schüler diese Slogans, und zwar bzgl. Glaubwürdigkeit, Attraktivität und dem Zusammenhang zu dahinter steckender Information, die etwas mit Naturwissenschaft und Technik zu tun hat. Die Schülerinnen und Schüler stellen fest, wie unterschiedlich die Wahrnehmung verschiedener Werbeslogans ist. Die Diskussion kann angestoßen werden, inwieweit naturwissenschaftsbasierte Informationen in der Werbung eine Rolle spielen (sollten), auf welche Art sie ausgewählt und dargestellt werden, und ob sie die Glaubwürdigkeit und/oder Attraktivität von Werbung positiv oder negativ beeinflussen.

Ausgehend von den in der Literatur verfügbaren Unterrichtsvorschlägen kann man grob vier mögliche Einsatzszenarien für Werbung im naturwissenschaftlichen Unterricht erkennen:

- *Motivation*: Werbung dient als motivierender Unterrichtseinstieg oder als illustrativer Datenlieferant für Aufgaben, wobei die Werbung weder im Konkreten noch im Sinne der Rolle von Werbung im Allgemeinen thematisiert wird.
- *Kontextualisierung*: Werbung kontextualisiert fachliches Lernen, experimentelle Untersuchungen oder Aufgaben ohne weitergehende konsum- und gesellschaftskritische Hinterfragung der Werbung.
- *Reflektieren der Rolle naturwissenschaftsbezogener Information in Werbung*: Der Informationsgehalts naturwissenschafts- und technikbezogener Werbung wird kritisch

hinterfragt (etwa irreführende Werbung, suggestive Werbung, Werbung mit falscher oder verfälschter naturwissenschaftlich-technischer Information, die Verlässlichkeit und Aussagekraft von Gütesiegeln und Nutzung der Ergebnisse von Verbrauchertests).

- *Reflektieren des Wechselspiels von Naturwissenschaft und Werbung*: Die Rolle von Naturwissenschaften und Technik in Werbung und der Informationstransfer von Naturwissenschaft und Technik in die Werbung werden kritisch analysiert.

Während die ersten beiden Szenarien in erste Linie auf Motivation und die Förderung des fachinhaltlichen Lernens abzielen, leisten die beiden übrigen einen wichtigen Beitrag zur Förderung der Kommunikations- und Bewertungskompetenz sowie zu einer kritischen Medien- und Verbraucherbildung.

### **Ausblick**

Der kritische Umgang mit Werbung ist eine wichtige Komponente einer entwickelten Medienbildung. Die Hinterfragung enthaltener Informationen aus einer fachlichen Perspektive ist aber ein noch wenig erschlossenes didaktisches Feld. Geht es um die Hinterfragung der Richtigkeit und Verlässlichkeit naturwissenschaftlich-technischer Informationen, wird die Auseinandersetzung mit Werbung eine Aufgabe für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Dies ist aber nicht nur eine zusätzliche Aufgabe, sondern auch eine Chance. Werbung ist ein hoch authentisches und in vielen Fällen auch motivierendes Medium. Die Auseinandersetzung mit Werbung eröffnet neue Chancen einer gesellschaftlichen Kontextualisierung des Lernens naturwissenschaftlich-technischer Inhalte. Ebenso können innovative und schülerorientierte Methoden und Unterrichtsszenarien entwickelt werden, die dem Mangel im Relevanzempfinden der Lernenden gegenüber den Inhalten der Chemie und Physik entgegen wirken können. Einzig an der Umsetzung mangelt es bisher. Die Entwicklung entsprechender Methoden und Unterrichtskonzepte, wie etwa in Lippel et al. (2012), Eilks et al. (2013) und Belova und Eilks (im Druck) vorgeschlagen sollte intensiviert werden, auch um in deren Anwendung eine verlässliche Basis an Informationen über Effekte auf Lernzuwachs, Motivation und Relevanzempfinden zu erhalten.

### **Literatur**

- Belova, N., & Eilks, I. (2013). Werbung im naturwissenschaftlichen Unterricht: Informationsquelle, Kontextualisierung, oder Beitrag zur Medienerziehung?. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, im Druck.
- Eilks, I., Belova, N., von Döhlen, M., Burmeister, M., & Stuckey, M. (2012). Kommunizieren und Bewerten lernen für den Alltag am Beispiel der Energydrinks. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 65(8), 480-486.
- Fredeking, V., Krommer, A., & Maiwald, K. (2008). *Mediendidaktik Deutsch. Eine Einführung*. Berlin: Erich Schmidt.
- Hofstein, A., Eilks, I., & Bybee, R. (2011). Societal issues and their importance for contemporary science education: a pedagogical justification and the state of the art in Israel, Germany and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(6), 1459-1483.
- Langner, S. (2009). *Viral Marketing*. Wiesbaden: Gabler, 3. Auflage.
- Lippel, M., Stuckey, M., & Eilks, I. (2012). Stüßungsmittel untersuchen und über Werbung lernen. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule*, 61(1), 36-40.
- Marks, R., Burmeister, M., Lippel, M., & Eilks, I. (2012). Bewerten lernen, gefilterte Information und der gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 23(127), 32-36.
- Marks, R., & Eilks, I. (2009). Promoting scientific literacy using a socio-critical and problem-oriented approach to chemistry teaching: Concept, examples, experiences. *International Journal of Environmental and Science Education* 4 (2), 131-145.
- McSharry, G., & Jones, S. (2002). Television programming and advertisements: Help or hindrance to effective science education? *International Journal of Science Education*, 24(5), 487-497.

## Merkmale der Lernumgebung als Prädiktoren für wahrgenommenen Output – eine kritische Reflexion

### Einleitung und Motivation

Unterrichtsqualität definieren Weinert, Schrader & Helmke (1989, S. 899) als „jedes stabile Muster von Instruktionsverhalten, das als Ganzes oder durch einzelne Komponenten die substantielle Vorhersage und/oder Erklärung von Schulleistung erlaubt“. Dabei kann sich „Schulleistung“ nicht nur auf die jeweilige fachliche Leistung beziehen, sondern sollte all diejenigen Komponenten implizieren, welche als Zielvorgaben für die jeweils betrachtete Lernumgebung normativ festgelegt wurden.

Für die im Rahmen dieser Studie betrachteten wissenschaftspropädeutischen (W-) bzw. Projekt-Seminare (P-Seminar) der bayerischen Oberstufe liegen diese v. a. im Erlernen überfachlicher Kompetenzen (Manhardt, 2008). Von diesen ausgehend gilt es festzustellen, auf welche Weise die Seminare konzipiert und strukturiert werden müssen, um den Zielvorgaben gerecht zu werden. Diese Frage stellt sich insbesondere vor dem Hintergrund, dass für die Seminare kein Lehrplan existiert, welchen die Lehrkräfte berücksichtigen müssten.

Im Folgenden werden zusammenfassend die finalen Ergebnisse der durchgeführten Dissertations-Studie präsentiert und diese anhand der Gütekriterien von externer und interner Validität reflektiert.

UV\AV	Spaß am Seminar	Subjektiv empfundener Zuwachs an Fachwissen	Experimentelles Geschick	Präsentationsfähigkeit
	<i>Standardisierte <math>\beta</math>-Koeffizienten</i>			
Seminarart	,20	,59**	,092	,55*
Geschlecht	+		+	
Experimentieren			,57**	
Kooperation Uni				
Persönl. Bezug Lehrkraft	,24*			
Selbstständigkeit				
Interesse am Fach Physik	,30**	,23**		,19*
Erklärte Varianz (korr R <sup>2</sup> )	28%	46%	30%	38%

*Abb.1: Ergebnisse der durchgeführten Regressionen. Angegeben sind jeweils die standardisierten  $\beta$ -Koeffizienten sowie die erzielte Varianzaufklärung.*

### Untersuchungsdesign

Wie bereits früher berichtet (Stolzenberger, 2012), wurde – theoretisch eingeordnet in das Angebots-Nutzungs-Modell von Helmke (2010) – die Einschätzung der Schülerinnen und Schüler über im Seminar gelernte Fertigkeiten als abhängige Variablen der Studie erhoben. Aufgrund theoretischer Vorüberlegungen wurden weiterhin Seminar-spezifische Merkmale identifiziert, welche als Grundlage für Interviews mit den Seminarlehrkräften dienen (unabhängige Variablen). Ziel war die Einordnung des jeweiligen Seminars gemäß diesen Kategorien (Stolzenberger, 2012). Die Ergebnisse der Regressionsanalysen wurden in Stolzenberger (2013) veröffentlicht und sind nochmals in Abbildung 1 zu sehen.

Im Folgenden wird eine kritische Reflexion der Untersuchungs-Parameter anhand von Kriterien der inneren und äußeren Validität versucht. In der Zusammenfassung wird weiterhin kurz auf die Ergebnisse der Studie eingegangen.

### **Interne Validität**

Für die durchgeführte, quasi-experimentelle Feldstudie, stellt sich in besonderer Weise die Frage nach der inneren Validität, welche v. a. durch die Wahl der unabhängigen Variablen bedingt ist:

Aufgrund der – in der konkreten Ausprägung – recht subjektiven Auswahl der für die Analyse verwendeten Seminar-Merkmale (vgl. Abb. 1 linke Spalte) ist letztendlich nicht gewährleistet, dass diese repräsentativ und damit auch möglichst vollständig die W- und P-Seminare charakterisieren. Dies führt zu verzerrten Schätzungen der Regressionskoeffizienten, welche größer werden, je bedeutender eine nicht-berücksichtigte Variable ist. Es wurde versucht, diese im Rahmen der Regressionen als Spezifikationsproblem bezeichnete Tatsache durch das theoriegeleitete Vorgehen bzw. auch die Hinzunahme der Variablen *Seminarart* – zumindest für die Seminar-Charakteristika – zu minimieren. Diese Variable unterscheidet, ob der betrachtete Kurs ein W- oder P-Seminar ist. Diejenigen unabhängigen Variablen, die eine sehr hohe Korrelation mit der *Seminarart* aufwiesen, dienten sodann zu deren inhaltlicher Spezifizierung und gingen daher nur implizit (vermittelt über die Variable *Seminarart*) in das Regressionsmodell ein. Aus Ökonomie-Gründen grundsätzlich nicht berücksichtigt werden konnten eine Reihe von (in diesem Sinne) „Störvariablen“, wozu Merkmale der Lehrkraft, verschiedene Kontexte der Schülerinnen und Schüler etc. (vgl. z. B. das Angebots-Nutzungs-Modell von Helmke, 2010) gehören. Für ein vollständiges Modell müssten alle diese Variablen berücksichtigt werden.

Die darüber hinaus auftretende Korrelation der unabhängigen Variablen untereinander (Multikollinearität) liefert keine Verzerrungen, erschwert jedoch ein signifikant-Werden der Variablen innerhalb der Regressionen, da dies die Messung ihres isolierten Einflusses verhindert. Dieser Effekt ist *ein* Grund dafür, dass in den Ergebnissen der Regression so wenige Parameter signifikant geworden sind.

Hierfür gibt es jedoch noch einen weiteren Grund: Wie in der Literatur häufig belegt, bringen – für traditionellen Unterricht – Merkmale der Sichtstruktur wenig Aufklärung für das Verständnis von Unterricht (vgl. z. B. Fischer et al., 2003, S.182). Nun unterscheidet sich die Lernumgebung „W-/P-Seminar“ der hier durchgeführten Studie jedoch in elementaren Punkten vom erwähnten „traditionellen Unterricht“ (vgl. Manhardt, 2008), weswegen trotz allem die Sichtstruktur im Fokus der Untersuchung stand. Retrospektiv hat sich jedoch auch hier gezeigt, dass der Erklärungswert der Sichtstruktur-Seminarmerkmale sehr gering war (vgl. Stolzenberger, 2013).

### **Externe Validität**

Als Studie, welche nicht unter Laborbedingungen, sondern in Seminaren vor Ort durchgeführt wurde, erleichtert dies die Verallgemeinerung der Ergebnisse auf andere Seminare. Es existieren jedoch einige Einschränkungen:

Die Stichprobe konnte nicht repräsentativ bzw. randomisiert ausgewählt werden. Die Stichprobe beschränkt sich durch das Studiendesign außerdem auf Seminare mit der Universität als (Haupt-)Kooperationspartner, wodurch die Ergebnisse demnach evtl. nicht gleichermaßen auf W-Seminare ohne Kooperationspartner bzw. auf P-Seminare mit Partnern aus der Wirtschaft übertragbar sind.

Zur Validierung der Ergebnisse mithilfe der Resultate anderer Studien existieren zwar noch keine analogen Untersuchungen zu W-/P-Seminaren, jedoch ist ein Vergleich der sich aus den Regressionen ergebenden Zusammenhänge zwischen den unabhängigen und abhängigen Variablen mit weiteren, inhaltlich passenden (studieninternen) Informationsquellen möglich: Hierzu dienten die Antworten der Schülerinnen und Schüler aus den offenen Fragestellungen, weitere – nicht in der Regression verwendete – Testitems bzw. die inhaltliche Auswertung der Lehrer/innen-Interviews, bzw. ähnlich angelegte Studien aus der fachdidaktischen Forschung.

### **Zusammenfassung**

Die Ergebnisse der Regressionsrechnungen liefern Ergebnisse, welche sich ohne größere Schwierigkeiten in diesem Kontext interpretieren lassen. Dabei spielt das jeweilige Interesse am Seminar eine große Rolle: Der persönliche Bezug der Lehrkraft zum Seminarthema scheint den Spaß der Schülerinnen und Schüler am Seminar positiv zu beeinflussen, deren Fach-Interesse zeigt sich als positiver Prädiktor für die meisten Zielfaktoren. Trotz der in den Seminaren vorhandenen Möglichkeit, didaktische Methoden viel durchgängiger als im traditionellen Unterricht praktizieren zu können, besaßen die weiteren unabhängigen Variablen wenig Erklärungswert für das Erreichen der untersuchten Seminarziele, bildeten jedoch nachvollziehbar im Seminar behandelte Inhalte ab (vgl. Stolzenberger, 2013).

Wünschenswert wäre es jedoch z. B. im Rahmen einer Nachfolge-Studie mit Blick auf die Tiefenstruktur-Merkmale detailliertere Begründungen für bestimmte Seminar-Konzeptionen zu erhalten.

### **Literatur**

- Fischer, H.E., Klemm, K., Leutner, D., Sumfleth, E., Tiemann, R., & Wirth, J. (2003). Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung: Defizite und Desiderata. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 179-209.
- Helmke, A. (2010). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Klett-Kallmeyer.
- Manhardt, G., et al (2008). *Die Seminare in der gymnasialen Oberstufe*. München: ISB.
- Stolzenberger, C., & Trefzger, T. (2012). Der Einfluss der didaktischen Lernumgebung auf das Erreichen geforderter Bildungsziele am Beispiel der W- und P-Seminare im Fach Physik. *GDCP-Tagungsband*.
- Stolzenberger, C., & Trefzger, T. (2013). Der Einfluss der didaktischen Lernumgebung auf das Erreichen geforderter Bildungsziele am Beispiel der W- und P-Seminare im Fach Physik – die Ergebnisse einer Regressionsrechnung. *DPG-Tagungsband*.
- Weinert, F.E., Schrader, F.W., & Helmke, A. (1989). Quality of instruction and achievement outcomes. *International Journal of Educational Research*, 13, 895-914

## Physik mit Phänomenbegegnung und Selbsterklärung in der Primarstufe

### Einleitung, Stand der Forschung, Forschungsfrage

In der Primarstufe soll das Phänomen ein zentrales Element des physikalischen Sachunterrichts sein (GDSU, 2013). Eine Begegnung mit den meisten Phänomenen kann dabei überwiegend ‚handelnd‘ arrangiert werden. Diese sogenannte ‚Handlungsorientierung‘ gilt für gelingenden Unterricht in der Grundschule ebenfalls als normative Notwendigkeit. Dabei scheint die ‚Handlungsorientierung‘ über einen intuitiven Konsens hinaus zu wenig definiert zu sein (Möller, 2007). Außerdem kristallisiert sich aus den Forschungsarbeiten der letzten Jahre immer mehr heraus, dass ein erfolgreicher Wissensaufbau nicht allein durch „Handeln“ induziert wird, sondern zusätzliche kognitive Prozesse erfordert. Kurz: „Hands-On“ sollte mit „Minds-On“ einhergehen (Minner, Levy & Century, 2009; Einsiedler, 2009). Diese generelle Linie lässt sich mit einer experimentellen Studie untersuchen, die sich in einem ersten Ansatz auf das ‚Handeln‘ mit realen Objekten bei der Begegnung mit dem Phänomen beschränkt – zum Beispiel der Umgang mit der Lochkamera oder einfache Versuche zum Schwimmen und Sinken. Konkret lässt sich die Frage stellen, ob die ‚handelnde‘ Phänomenbegegnung den Wissenserwerb unterstützt. Im Vergleich zu Bildern erbringt die Wahrnehmung von realen Objekten bzw. Handlungen jedenfalls mehr Informationen, die verarbeitet werden können (Goldstein, 2011). Dies könnte z. B. zu einer größeren Behaltensleistung führen. Hierbei gehen jedoch auch Schwierigkeiten der Testung einher: Das Testformat kann das Ergebnis beeinflussen. So könnten schriftliche Tests einen möglichen Unterschied zwischen einem Lernen mit Bildern und einem Lernen mit realen Objekten nicht messen (Engelkamp & Zimmer, 2006). Gleichzeitig könnten geeignete Bilder den Lernprozess strukturieren, indem sie die zu verarbeitenden Informationen auf das Wesentliche reduzieren (Berger & Starauschek, 2009). Die „Didaktisierung durch Bilder“ könnte dann, im Gegensatz zu realen Objekten, den Wissenserwerb unterstützen.

Eine robuste Möglichkeit der kognitiven Aktivierung – u. U. auch bei „Hands-On“-Aktivitäten – ist die Methode Selbsterklärung (z. B. Roy & Chi, 2005). Im Primar- und Elementarbereich sind die bisherigen Ergebnisse jedoch teilweise widersprüchlich: Positive Befunde mit einem eher uneinheitlichen Bild an Einschränkungen (Rittle-Johnson, 2006; Pine & Messer, 2000; Calin-Jageman & Ratner, 2005) treffen auf Studien ohne Wirkung der Selbsterklärung bei jüngeren Probanden (Mwangi & Sweller, 1998). Starauschek und Dockhorn (2009) konnten in einer Pilotstudie bei Primarstufenkindern zeigen, dass die Selbsterklärung an Bildern in einer Art Bilderbuch im Gegensatz zur Selbsterklärung an Texten einen großen Effekt aufweist. Dieses Ergebnis könnte auch für eine Wirkung der Selbsterklärung an realen Objekten bei jüngeren Schülerinnen und Schülern sprechen. Unterstützen also die handelnde Phänomenbegegnung und eine dabei vorgenommenen Selbsterklärung den Wissenserwerb?

### Treatmentgruppen und Design

Als konkretes Phänomen dient die optische Abbildung mit der Lochkamera. Hierzu gibt es Vorarbeiten (Starauschek, 2006; Starauschek & Dockhorn, 2009): Es liegt sowohl eine Art Bilderbuch als Text- und Bildmaterial (sog. Bildtexte) als auch ein Wissenstest vor. Um die Forschungsfrage zu beantworten dient Treatment (A), vorgelesene Texte zu Bildern, als Referenzwert. Insgesamt umfasst der Bildtext 14 Bilder, die über ein Lernprogramm angeboten wurden. Um der Frage nach den Selbsterklärungen nachzukommen, wurde Treatment (A) zu Treatment (B) erweitert: Gemäß der Methode von Starauschek &

Dockhorn (2009) wurde, jeweils an den Bildern und vorgelesenen Texten, eine Aufforderung zur Selbsterklärung ergänzt. In Treatment (C) wurden dann sieben Bilder – diejenigen, die das Phänomen zeigen – durch eine reale Lochkamera und an die Situation angepasste Handlungsanweisungen ersetzt. Die restlichen Sequenzen in Treatment (C) gleichen denen in Treatment (B) bzw. (A). Diese drei Ausprägungen der Instruktion bilden die unabhängige Variable. Mit der abhängigen Variable Wissenserwerb liegt ein 3x1-Design vor. Zur Bestimmung des Wissenserwerbs wird das Wissen im Pre-, Post- und Follow Up-Test erhoben. Abbildung 1 zeigt als Beispiel eine der 14 Sequenzen aus Treatment B, die Selbsterklärung an Bildern und vorgelesenen Texten:

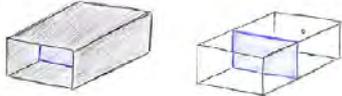
(1) Bild:	(2) Instruktion zur Selbsterklärung:
	 Sage jetzt bitte laut in deinen eigenen Worten, was du gerade siehst.
(3) Vorgelesener Text zum Bild: „Wir fragen also: wie sieht eine Lochkamera aus? Eine Lochkamera ist ein Kasten, zum Beispiel ein Schuhkarton [...]“	(4) Instruktion zur Selbsterklärung:
	 Sage jetzt bitte laut in deinen eigenen Worten, was du gerade gehört hast. Sage bitte auch, was für dich neu ist.

Abb. 1: Beispielsequenz zu Treatment (B) Bilder und vorgelesene Texte, jeweils mit Selbsterklärung (Starauscheck & Dockhorn, 2009, adaptiert).

Als Kontrollvariablen wurden erhoben: Geschlecht, Alter, Bearbeitungszeit, Intelligenz mit CFT 20-R, Motivation und Interesse am und das Selbstkonzept im naturwissenschaftlichen Sachunterricht sowie der sozioökonomische und der Migrationshintergrund (zsf. Bullinger, 2013). An der experimentellen Studie nahmen 52 Schülerinnen und Schüler im Alter von acht bis zehn Jahren in Einzelintervention teil. Die Stichprobe wurde randomisiert ( $N_A = 18$ ,  $N_B = 16$  und  $N_C = 18$ ). Die Teilstichproben sind hinsichtlich der Kontrollvariablen vergleichbar. Der Wissenstest (13 Items, Range von insgesamt null bis 13 Punkten) bzw. die Wissensitems erfüllten in der vorliegenden Stichprobe, bis auf wenige Ausnahmen, alle notwendigen und relevanten Eigenschaften: Cronbachs Alpha lag im Posttest und Follow Up Test bei  $.73 < \alpha < .77$ , die Lösungswahrscheinlichkeiten bei  $.04 < \bar{x} < .69$ .

### Ergebnisse

Erwartungsgemäß korrelieren die Intelligenz und das naturwissenschaftliche Selbstkonzept in allen Treatmentgruppen positiv und signifikant mit den Wissenszuwächsen sowohl im Post- als auch im Follow Up Test. Die Bearbeitungszeit der Treatments unterscheidet sich signifikant. Jedoch korreliert die Bearbeitungszeit in der Gesamtstichprobe der drei Treatments nicht signifikant mit den Wissenszuwächsen. Tabelle 1 zeigt die Wissenszuwächse:

Tab. 1: Deskriptive Statistik zu den Wissenszuwächsen der drei Treatments: (A) Bilder und vorgelesene Texte, (B) Bilder und vorgelesene Texte, jeweils mit Selbsterklärung, (C) handelnde Phänomenbegegnung und vorgelesene Texte, jeweils mit Selbsterklärung

Treatment	Wissenszuwachs im Posttest		Wissenszuwachs im Follow Up	
	M	SD	M	SD
A	2.11	1.78	1.00	1.75
B	3.75	2.82	2.69	2.18
C	3.11	2.03	2.50	3.01

t-Tests zeigen zwischen Treatment A und B signifikante Unterschiede hinsichtlich der Wissenszuwächse sowohl im Posttest ( $t = 2.05$ ,  $df = 32$ ,  $p = .048$ ) als auch im Follow Up ( $t = 2.50$ ,  $df = 32$ ,  $p = .018$ ). Die Effektstärke ist jeweils groß ( $d_{\text{Posttest}} = 0.72$ ,  $d_{\text{FollowUp}} = 0.87$ ). Die Selbsterklärung hat damit einen positiven Einfluss auf den Wissenserwerb. Treatment B und C unterscheiden sich hingegen nicht – weder im Posttest ( $t = 0.77$ ,  $df = 32$ ,  $p = .450$ ), noch im Follow Up ( $t = 0.21$ ,  $df = 32$ ,  $p = .839$ ). Die handelnde Phänomenbegegnung mit Selbsterklärung hat damit keinen positiven Einfluss auf den Wissenserwerb im Vergleich zum Lernen mit Bildtexten und Selbsterklärung.

### Diskussion

Die Ergebnisse zeigen eine positive Wirkung der Selbsterklärung auf den Wissenserwerb an einer Lernumgebung, die aus Bildern und vorgelesenen Texten besteht - die ‚handelnde‘ Phänomenbegegnung hingegen nicht. Es stellt sich die Frage, ob die Selbsterklärung an der Phänomenbegegnung oder die Phänomenbegegnung an sich wirkungslos ist. Weiter besteht die schon angesprochene Diskrepanz zwischen der Lernumgebung und dem Testverfahren: Paper and Pencil Tests könnten Lerneffekte durch ‚Handeln‘ nicht erfassen. Insofern könnte das Testformat das Lernen mit Bildtexten begünstigen.

### Literatur

- Berger, K., & Staraschek, E. (2009). Wie erkennt und erstellt man gute Bilder? Einige Regeln zur Gestaltung von Bildern für das Physiklernen. *Naturwissenschaften im Unterricht*, 109(20), 23-26.
- Bullinger, M. (2013). Beeinflussen Phänomenbegegnung und Selbsterklärung den Wissenserwerb von physikalischen Inhalten in der Primarstufe? Masterarbeit, PH Ludwigsburg.
- Calin-Jageman, R., & Ratner, H. (2005). The Role of Encoding in the Self-Explanation Effect. *Cognition and Instruction*, 23(4), 523-543
- Einsiedler, W. (2009). Neuere Ergebnisse der entwicklungs- und kognitionspsychologischen Forschung als Grundlage der Didaktik des Sachunterrichts. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 2(1), 61-76.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H. (2006). *Lehrbuch der kognitiven Psychologie*. Göttingen u.a.: Hogrefe.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Goldstein, B. (2011). *Wahrnehmungspsychologie*. Der Grundkurs. H. Irtel (Eds.). Berlin u.a.: Spektrum.
- Möller, K. (2007). Handlungsorientierung im Sachunterricht. In J. Kahlert (Eds.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 411-416.
- Minner D., Levy, A., & Century, J. (2009). Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of research in science teaching*, 47(4), 474-496.
- Mwangi, W., & Sweller, J. (1998). Learning to solve compare word problems: the effect of example format and generating self-explanations. *Cognition and Instruction*, 16(2), 173-199.
- Pine, K., & Messer, D. (2000). The effect of explaining another's actions on children's implicit theories of balance. *Cognition and Instruction*, 18(1), 35-51.
- Rittle-Johnson, B. (2006). Promoting Transfer-Effects of Self-Explanation and Direct Instruction. *Child Development*, 77(1), 1-15.
- Roy, M., & Chi, M. (2005). The Self-Explanation Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Eds.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge u.a.: Cambridge University Press, 271-286.
- 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.
- Staraschek, E., & Dockhorn, J. (2009). Physiklernen in der Primarstufe durch Selbsterklärungen mit Bildern. In D. Höttecke (Eds.), *Chemie und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. Berlin: LIT, 110-112.

## **Fragebogenstudie zur Unterrichtsdiagnostik im Bereich Formelsprache**

### **Problemstellung**

Das Erlernen der Formelsprache im Chemieunterricht ist eine Fähigkeit von grundlegender Bedeutung, da der Umgang mit der Symbolsprache ab dem Zeitpunkt der Einführung ein ständiger Begleiter ist. Die Formelsprache ermöglicht es unter anderem, die Zusammensetzung von Verbindungen mithilfe von Summenformeln zu beschreiben sowie Reaktionsgleichungen aufzustellen. Damit ist das Verständnis der Formelsprache für die Schülerinnen und Schüler von immenser Bedeutung für den darauf aufbauenden Chemieunterricht.

Problematisch für die Vermittlung ist zum Einen, dass die Schülerinnen und Schüler vielfältige Vorstellungen besitzen, die teilweise das Erlernen der Formelsprache erschweren können; zum Anderen machen sie typische Strategiefehler bei einfachen stöchiometrischen Berechnungen (Schmidt, 1990; Musli, 2008; Taskin & Bernholt, 2012).

In der fachdidaktischen Literatur werden vier didaktische Ansätze beschrieben, die bei der Einführung der Formelsprache genutzt werden können (Barke, 2002):

- Induktiver Ansatz: Reinstoff; Massengesetze; Formelberechnungen; Wertigkeit; Reaktionsschemata
- Deduktiver Ansatz: Reinstoff/Gemisch; Molekülbegriff; Wertigkeit; Reaktionsschemata
- Modellorientierter Ansatz: Reinstoff/Gemisch; Atommodelle; Ionenbindung; einf. Gleichungen (ohne Moleküle); Atombindung; Reaktionsschemata
- Strukturorientierter Ansatz: Dalton Modell; Atome, Moleküle, Ionen; Metalle, Legierungen; Gitterstrukturen; Formeln flüchtiger Verbindungen; Strukturen vor und nach Reaktionen; Formelsymbole

Prinzipiell benötigen Jugendliche grundlegende mathematische sprachliche sowie Abstraktionsfähigkeiten, um die Formelsprache zu verstehen. Um den Unterricht schülergerecht gestalten zu können, muss eine Lehrkraft die Fähigkeiten der Lerngruppe richtig einschätzen oder aber diagnostizieren, damit Lernhindernisse abgebaut werden können.

Vor diesem Hintergrund wurde eine onlinebasierte Fragebogenstudie in NRW durchgeführt, um herauszufinden, wie die Lehrkräfte bei der Vermittlung der Formelsprache und der Diagnose der dazu notwendigen Fähigkeiten bei Lernenden vorgehen.

### **Vorgehensweise**

#### *Durchführung der Fragebogenstudie*

Die Fragebogenstudie wurde onlinebasiert von September 2011 bis Januar 2012 durchgeführt. Dazu wurden mit Hilfe des VCI alle Chemielehrkräfte der allgemeinbildenden Schulen des Landes NRW angeschrieben, um daran teilzunehmen. Es wurden 135 Fragebögen mit Hilfe von SPSS ausgewertet.

#### *Teilbereiche der Fragebogenstudie und Auswertung der Daten*

Im ersten Teil der Fragebogenstudie sind der Bekanntheitsgrad und die möglichen Diagnosestrategien der Lehrkräfte erhoben worden. Dazu sollten sie angeben, ob und wie sie die Abstraktionsfähigkeit sowie sprachliche und mathematische Fähigkeiten der Jugendlichen erheben und wie sie die Ergebnisse in ihrem Unterricht umsetzen. Im zweiten Teil sollten die Lehrkräfte darstellen welche möglichen Unterrichtswege zum Erlernen der

Formelsprache in Bezug zum Kernlehrplan (Land NRW) in ihrem eigenen Unterricht gehen und welche Medien sie verwenden, um die komplexen Sachverhalte im Bereich Formelsprache zu visualisieren. Die Zuordnung der individuellen Planung zu den didaktischen Ansätzen erfolgt an Hand der von den Lehrkräften genannten Experimente, Beispiele und der Unterrichtsabfolge. Diese Angaben wurden ebenfalls dazu genutzt, zu untersuchen, inwieweit die Unterrichtsreihen der Lehrkräfte den Angaben im Kerncurriculum Nordrhein-Westfalens entsprechen (Barke, 2002; MSW, 2008-2011).

### Ergebnisse

Diagnoseverfahren sind wenig bekannt und werden selten verwendet (s. Abb. 1). Im Allgemeinen werden Beobachtungen, Informationen von Kolleginnen und Kollegen oder aber das eigene zweite Unterrichtsfach für eine Abschätzung der Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler herangezogen. Der Unterricht wird im Allgemeinen sehr fachbezogen vorbereitet und selten wird auf die Fähigkeiten Bezug genommen, um den Unterricht passgenau zu gestalten. Diagnostik zu nutzen, um Unter- oder Überforderung zu vermeiden, wird in der Regel nicht erkannt.

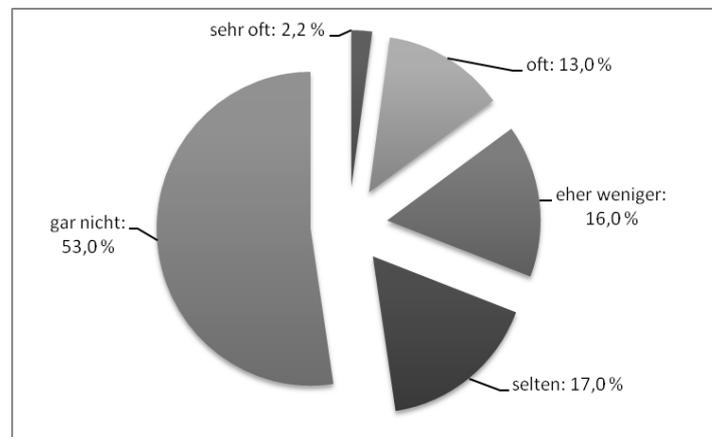


Abb. 1: Übersicht über den Einsatz von Diagnoseverfahren

Sofern Diagnosen gestellt werden, werden sie selten zur Veränderung des eigenen Unterrichts herangezogen. Meistens wird nach der Unterrichtsreihe mit Hilfe von Tests eine Wissenserhebung als einzige Art der Diagnose verwendet. Interessanterweise ist diese Vorgehensweise relativ unabhängig vom Alter und somit der Berufserfahrung sowie der Lehrbefähigung der Lehrkräfte. Werden Einschätzungen über die mathematischen und sprachlichen Fähigkeiten sowie die Abstraktionsfähigkeit der Lernenden genauer hinterfragt, so geben die Befragten oft an, dass sie relativ gut über diese Bescheid wüssten, auch wenn sie keine Diagnoseverfahren einsetzen – die Einschätzungen resultieren aus „ad hoc“ Beobachtungen oder aus Kommunikation mit den anderen Fachkollegen über die Lerngruppe. Gerade diese Fähigkeiten sind aber für das Lernen der Formelsprache relevant. Liegen in einem dieser Bereiche Defizite vor, kann es zu großen Verständnisproblemen kommen, wenn diese nicht adäquat adressiert werden.

Es sind zwar mögliche Fehlerquellen, wie Fehlvorstellungen und Strategiefehler, beim Erlernen der Formelsprache bekannt, es wird aber kaum ein Bezug zum eigenen Unterricht gezogen und so wird in vielen Fällen der Unterricht nicht an die Lernenden angepasst.

Die Vorgaben der Kernlehrpläne werden sehr individuell umgesetzt (s. Abb. 2). In der Regel hat jede der befragten Lehrkräfte einen „eigenen“ Unterrichtsgang mit individueller Auswahl

des didaktischen Ansatzes. Dabei zeigte sich eine Dauer zwischen vier und zehn Unterrichtsstunden für die durchgeführten Unterrichtsreihen.

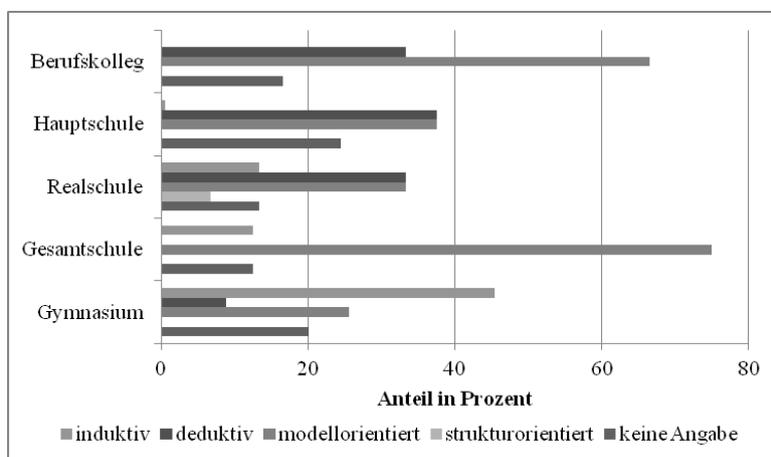


Abb. 2: Verwendung der didaktischen Ansätze in den unterschiedlichen Schultypen

Sieht man sich den Medieneinsatz an, so werden die klassischen Medien bevorzugt: Es werden meistens Abbildungen aus Büchern sowie Modelle verwendet, selten werden Filme und Computeranimationen eingesetzt. Einige wenige Lehrkräfte verwenden auch Spielszenen, um abstrakte Inhalte zu verdeutlichen.

#### Ausblick

Ausgehend von der hier vorgestellten Fragebogenstudie wurde ein Diagnosebogen entwickelt, der die für das Verständnis der Formelsprache notwendigen kognitiven Fähigkeiten (s. oben) erhebt. Nach der Pilotierung des Diagnoseinstrumentes wurde er in zwei Schulen im Unterrichtseinsatz erprobt. Zurzeit werden die Daten ausgewertet.

Wir danken Herrn Uwe Wäckers vom Verband der chemischen Industrie NRW für die Unterstützung der Studie.

#### Literatur

- Barke, H., Duvinage, B., Freytag, K., Meloefski, R., & Riecke-Baulecke, T. (2002). Einführung in die chemische Formelsprache. In K. Freytag & E. Thomas (Hrsg.), Handbuch des Chemieunterrichts SI, Band 3, Köln: Aulis, 79-107.
- MSW, Kernlehrpläne für alle Schultypen des Landes NRW, Ritterbach, 2008-2011.
- Schmidt, H. (1990). Stolpersteine im Chemieunterricht. Frankfurt am Main: Diesterweg.
- Musli, S. (2008). Die chemische Formelsprache im Spannungsfeld von Schülerleistung und Lehrererwartung. Dissertation, Universität Münster.
- Taskin, V., & Bernholt, S. (2012). Students' Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. International Journal of Science Education, published online, DOI:10.1080/09500693.2012.744492.

## Analyse der Fähigkeit, chemische Repräsentationsebenen zu verknüpfen

### Theoretischer Hintergrund

Lernende im Fach Chemie haben häufig Schwierigkeiten im Umgang mit den verschiedenen Repräsentationsebenen (submikro, makro, symbolisch; Johnstone, 1991) (z. B. Gilbert, 2005). Viele Lernende sind beispielsweise nicht in der Lage, Phänomene auf Grundlage ihres Wissens über submikroskopische Zusammenhänge zu interpretieren (z. B. Jaber & BouJaoude, 2012; Treagust et al., 2003). Durch diese Probleme kommt es zu typischen Fehlvorstellungen, die auf der Übertragung makroskopischer Eigenschaften auf submikroskopische Konzepte beruhen (z. B. Barke, 2006; Busker, 2010).

Die Verknüpfung der Repräsentationsebenen ist allerdings wichtig für den Chemieunterricht, da sie zu einem vertieften Verständnis von chemischen Konzepten führt (Jaber & BouJaoude, 2012; Treagust et al., 2003).

Für eine sinnvolle Verknüpfung der Ebenen und die Bildung eines mentalen Modells muss zunächst das Wissen auf den drei Repräsentationsebenen reproduziert werden. Das Wissen der submikroskopischen Ebene steht dabei immer eng in Zusammenhang mit dem Wissen auf der symbolischen Ebene, da die symbolische Ebene häufig für Beschreibungen der submikroskopischen Zusammenhänge genutzt wird (Davidowitz & Chittleborough, 2009; Treagust et al., 2003) und damit nahezu unumgänglich ist.

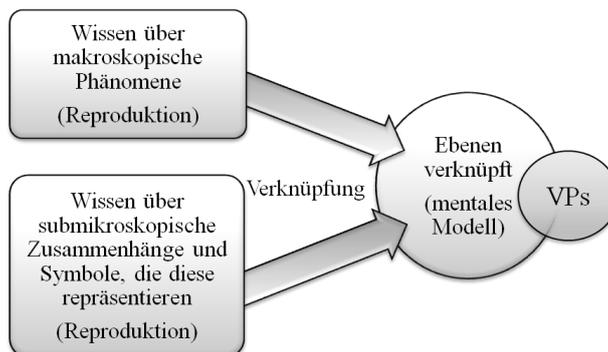


Abb. 1: Verknüpfung von Phänomenen und submikroskopischen Zusammenhängen (VPs)

### Forschungsfragen

F1: In wie weit sind Erstsemester-Studierende für das Lehramt Chemie im Modul „Allgemeine Chemie“ in der Lage, ihr Wissen über Phänomene und submikroskopische Zusammenhänge zu verknüpfen?

F2: Welchen Einfluss hat die Fähigkeit, chemische Phänomene und submikroskopische Zusammenhänge zu verknüpfen, auf den Fachwissenszuwachs von Erstsemester-Studierenden des Lehramts Chemie im Modul „Allgemeine Chemie“?

F3: Welchen Einfluss hat das Fachwissen von Erstsemester-Studierenden des Lehramts Chemie im Modul „Allgemeine Chemie“ auf den Zuwachs der Fähigkeit, chemische Phänomene und submikroskopische Zusammenhänge zu verknüpfen?

### Studiendesign

Zunächst wurde ein Testinstrument entwickelt, das die Fähigkeit zur Verknüpfung von Phänomenen und submikroskopischen Zusammenhängen (VPs-Test) messen soll. Es besteht aus drei verschiedenen Itemtypen: Zum einen gibt es Items, die lediglich die Reproduktion von Wissen auf makroskopischer Ebene (erster Itemtyp) oder submikroskopischer bzw. symbolischer Ebene (zweiter Itemtyp) erfordern und zum anderen Items, bei denen das Wissen beider Ebenen verknüpft werden muss (dritter Itemtyp; VPs). Zu einem chemischen Konzept wurde jeweils ein Item der drei Itemtypen entwickelt. Insgesamt besteht der Test aus 30 Items mit jeweils 10 Items jeden Itemtyps.

Dieser neu entwickelte Test wurde, ebenso wie ein Fachwissenstest (Freyer, in Vorb.), zu Beginn und am Ende des ersten Semesters von Lehramtsstudierenden des Faches Chemie eingesetzt. Es konnten insgesamt 61 Studierende für das Lehramt Chemie in einer Übung zum Modul „Allgemeine Chemie“ an der Universität Duisburg-Essen getestet werden.

### Erste Ergebnisse

Die Kennwerte für den gesamten Test liegen insgesamt im zufrieden stellenden Bereich (Tabelle 1).

Tab. 1: Kennwerte des VPs-Test

	Pre	Post
<b>EAP/PV</b>	.849	.864
<b>MNSQ</b>	0.71-1.32	0.75-1.42
<b>T-Werte</b>	-1.2-1.3	-1.6-1.5
<b>Trennschärfe</b>	.39-.75	.31-.79

Bei der Auswertung mit Hilfe der Cross-Lagged-Panel-Analyse wurden die partiellen Rangkorrelationen zwischen den einzelnen Variablen berechnet.

Es zeigte sich, dass die VPs-Fähigkeit zu Beginn des Semesters einen signifikanten Zusammenhang mit dem Fachwissen nach dem Semester aufweist ( $r_s = .49$ ;  $p < .001$ ), während es umgekehrt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Fachwissen zu Beginn des Semesters mit der VPs-Fähigkeit am Ende des Semester gibt ( $r_s = .21$ ;  $p = .103$ ). Der Unterschied zwischen diesen beiden Kreuzkorrelationen liegt im marginal signifikanten Bereich ( $p = .086$ ).

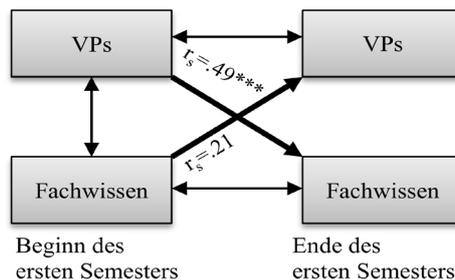


Abb. 2: Kreuzkorrelationen zwischen VPs-Fähigkeit und Fachwissen

Zwischen dem submikro-Wissen und dem Fachwissen stellen sich ähnliche Zusammenhänge heraus ( $r_s=.48$ ;  $p<.001$  und  $r_s=.16$ ;  $p=.226$ ), nur dass der Unterschied zwischen den Korrelationen in diesem Fall signifikant ist ( $p=.049$ ) (Abb.3).

Zwischen dem makro-Wissen zu Beginn des Semesters und dem Fachwissen nach dem Semester gibt es ebenso einen signifikanten Zusammenhang ( $r_s=.46$ ;  $p<.001$ ), wie zwischen dem Fachwissen zu Beginn des Semesters und dem makro-Wissen am Ende des Semesters ( $r_2=.34$ ;  $p=.007$ ). Der Unterschied zwischen den Kreuzkorrelationen ist hierbei nicht signifikant ( $p=.457$ ) (Abb.3).

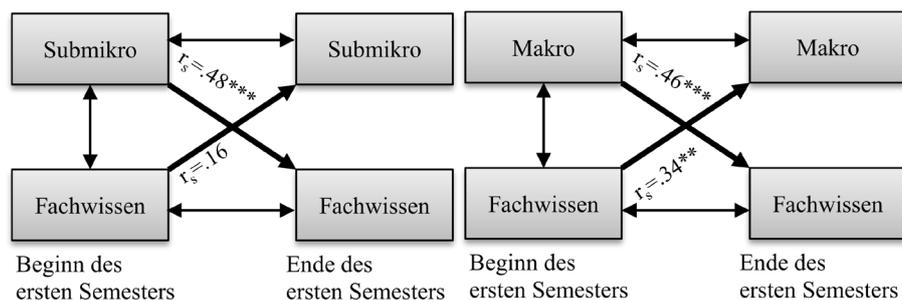


Abb. 3: Kreuzkorrelationen zwischen submikro/makro-Wissen und Fachwissen

#### Literatur

- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Busker, M. (2010). *Entwicklung einer adressatenorientierten Übungskonzeption im Übergang Schule-Universität auf Basis empirischer Analysen von Studieneingangsvoraussetzungen*. Tönning, Lübeck, Marburg: Der Andere Verlag.
- Davidowitz, B., & Chittleborough, G. (2009). Linking the Macroscopic and Sub-microscopic Levels: Diagrams. In J. Gilbert & D. F. Treagust (Hrsg.), *Multiple Representations in Chemical Education. Models and Modeling in Science Education* (S. 169–191). Dordrecht: Springer-Verlag.
- Dori, Y. J., & Kaberman, Z. (2012). Assessing high school chemistry students' modeling sub-skills in a computerized molecular modeling learning environment. *Instructional Science*, 40(1), 69-91.
- Freyer, K. (in Vorb.). *Schwierigkeiten Studierender des 1. Semesters im Fach Chemie*, Universität Duisburg-Essen. Essen.
- Gilbert, J. (Hrsg.). (2005). *Visualization in science education*. Dordrecht: Springer.
- Jaber, L. Z., & BouJaoude, S. (2012). A Macro–Micro–Symbolic Teaching to Promote Relational Understanding of Chemical Reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7), 973-998.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, (7), 75-83.
- Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368.

## **Das Professionswissen von Lehramtsstudierenden zum Umgang mit naturwissenschaftlichen Diagrammen**

### **Einleitung**

Der sach- und adressatengerechte Umgang mit bildlichen Repräsentationen, wie Diagrammen, ist ein bedeutsames Merkmal der naturwissenschaftlichen Unterrichtsqualität, da dieser einen wichtigen Bestandteil der fachlichen Kommunikationskompetenz darstellt. Auf Basis der Literatur zur Diagrammkompetenz und Lehrerprofessionalität wurden Komponenten herausgearbeitet, die (angehende) Biologielehrkräfte beherrschen sollten, um für Schüler/-innen Diagramme im Unterricht lernwirksam einsetzen zu können. Um diese Fähigkeiten messbar zu machen, wurde ein fachspezifisches Testinstrument entwickelt und geprüft.

### **Theoretischer Hintergrund**

Das Arbeiten mit Diagrammen gewinnt im heutigen Medienzeitalter immer mehr an Bedeutung und wird explizit in den Bildungsstandards Biologie im Kompetenzbereich Kommunikation als zu erreichende Fähigkeit gefordert. Diagramme sind jedoch keine intuitiv verständliche Repräsentation (Dreyfus & Eisenberg, 1990), die daher von Lernenden häufig nicht effektiv genutzt werden (u. a. Lachmayer, Nerdel & Prechtel, 2007). Darüber hinaus ergab eine Studie von McElvany et al. (2009), dass es Lehrkräften häufig schwer fällt, Aufgabenschwierigkeiten und Schülerleistungen bei Lernmedien mit bildlichen Repräsentationen, z. B. Diagrammen richtig einzuschätzen. Um das Professionswissen zur Diagrammkompetenz näher zu beleuchten, wurden fachbezogene und fachdidaktische Dimensionen in einem Modell herausgearbeitet, über die (angehende) Biologielehrkräfte verfügen müssen, um für Schüler/-innen Diagramme im Unterricht lernwirksam einsetzen zu können (u. a. Brunner et al., 2006). Diese Komponenten dienen als Basis für die theoriegeleitete Entwicklung, Validierung und Erprobung der Fragebogenstudie.

Zum Fachwissen zählen folgende Komponenten:

- inhaltliches Fachwissen (FW): ein vertieftes Hintergrundwissen über das im Schulunterricht zu behandelnde Themengebiet Photosynthese.
- methodisches Wissen zu Diagrammen (MWD): Konstruktion von Diagrammen und Informationsentnahme aus Diagrammen, die keinen biologischen Kontext besitzen, sondern rein mathematisch dargestellt werden.
- Konstruktion von Diagrammen (KON): anhand von Aufgabenstellungen mit dem Kontext Photosynthese (Lachmayer et al., 2007).
- konstruktionsnahe Integration von Diagrammen (INTK): relevante Informationen in Text und Diagramm (beides mit dem Kontext Photosynthese) auffinden und verknüpft durch Konstruktion von Diagrammbestandteilen abbilden (Lachmayer et al., 2007).
- informationsentnahmenah Integration von Diagrammen (INTIE): relevante Informationen in Text und Diagramm (beides mit dem Kontext Photosynthese) auffinden und verknüpft in einem Text darstellen (Lachmayer et al., 2007).

Zum fachdidaktischen Wissen zählen folgende Komponenten (von Kotzebue & Nerdel, 2012):

- Wissen über Schülerkognitionen (S): Vorhersage und Einschätzung von Schülerkognitionen und Fehlkonzepten.
- Wissen über das Potential der Aufgaben und Repräsentationen (A): Begründete Wahl von Aufgaben und Repräsentationen sowie Aufgabenstellungen zu einem gegebenen Lernziel wählen und begründen.

- Wissen über fachspezifische instruktionale Gestaltung und Unterrichtsstrategien (I): Strukturiertes Vorgehen bei der Bearbeitung von Diagrammaufgaben und angemessene instruktionale Reaktion auf gegebene Diagrammaufgaben.

### **Ziel und Forschungsfragen**

Ziel der Studie ist es, eine Bestandsaufnahme des Professionswissens zum Umgang mit Diagrammen von angehenden Biologielehrkräften durchzuführen. Dazu sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- (1) Über welches Fachwissen und fachdidaktische Wissen zum Umgang mit Diagrammen verfügen angehende Biologielehrkräfte?
- (2) Welche Zusammenhänge zwischen den Komponenten des Fachwissens bzw. des fachdidaktischen Wissens zum Umgang mit Diagrammen bei angehenden Biologielehrkräften lassen sich identifizieren?
- (3) Welchen Einfluss hat das Fachwissen auf das fachdidaktische Wissen zum Umgang mit Diagrammen bei angehenden Biologielehrkräften?

### **Untersuchungsdesign**

Hierzu wurde ein Test in Form eines Fragebogens entwickelt, der das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen zum Umgang mit Diagrammen durch Aufgaben aus dem Themenbereich Photosynthese misst. An der Studie nahmen N=442 Lehramtsstudierende mit dem Fach Biologie aus 19 Universitäten in Deutschland, Österreich und der Schweiz teil. Die erwähnten acht Komponenten des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens zum Umgang mit Diagrammen (FW, MDW, KON, INTK, INTIE, S, A, I) wurden jeweils per konfirmatorischer Faktorenanalyse auf ihre Güte getestet. Die Zusammenhänge zwischen den einzelnen latenten Variablen wiederum wurden in Form von theoriegeleiteten Strukturgleichungen modelliert und mit dem Programm Mplus (7.11) analysiert.

### **Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

In einem Mittelwertsvergleich wurde ersichtlich, dass die Fragen zu MWD sowie zu KON mit Mittelwerten von .75 und .76 einfacher zu bearbeiten sind als die Fragen zu den übrigen Konstrukten (von Kotzebue & Nerdel, in Vorb.).

Bei der Untersuchung der Komponenten des Fachwissens zum Umgang mit Diagrammen wurde ein theoriegeleitetes Strukturgleichungsmodell entworfen, das den Einfluss der Komponenten inhaltliches Fachwissen und methodisches Wissen zu Diagrammen auf die Diagrammkompetenz mit den Facetten KON, INTK und INTIE untersucht. Der zweite Prädiktor MWD fand im Modell keine Berücksichtigung, sein prädiktiver Wert für die abhängigen Variablen war kaum zu beobachten. Das inhaltliche Fachwissen kann anhand des Strukturmodells als starker Prädiktor sowohl für INTK ( $\beta = .57$ ,  $SE = .09$ ) als auch für INTIE ( $\beta = .47$ ,  $SE = .07$ ) jedoch als sehr schwacher für KON ( $\beta = .26$ ,  $SE = .09$ ) identifiziert werden. Der Zusammenhang zwischen den beiden abhängigen Variablen INTK und INTIE ( $r = .40$ ,  $SE = .10$ ) erweist sich als sehr hoch (von Kotzebue & Nerdel, in Vorb.).

Die drei Facetten des fachdidaktischen Wissens zum Umgang mit Diagrammen I, S, A zeigten sich als drei voneinander abgrenzbare Komponenten, die signifikant jedoch schwach mit Werten zwischen  $r = .19$  und  $r = .27$  miteinander korrelieren (von Kotzebue & Nerdel, in Vorb.).

Bei der gemeinsamen Betrachtung der Komponenten des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens wurden die zuvor separat betrachteten latenten Variablen INTK und INTIE zu einer einzigen zusammengefasst. Sie stehen für inhaltlich verwandte Fähigkeiten, die sich gemeinsam auf die Variable der Integration INT abbilden lassen (siehe hierzu Lachmayer, et al., 2007). Die Vermutung einer medierten Beziehung zwischen FW und den drei Kompo-

nennten des fachdidaktischen Wissens durch die Diagrammkompetenz liegt nahe. Da sich bereits bei den Zusammenhängen der Komponenten des Fachwissens zeigte, dass das inhaltliche Fachwissen kaum einen prädiktiven Wert für KON hat und zudem diese Komponente den Studierenden sehr leicht fiel, fokussierten wir im letzten Strukturgleichungsmodell die Diagrammkompetenzkomponente INT als Mediatorvariable. Unter Berücksichtigung sämtlicher Mediationskriterien (Baron & Kenny, 1986; Holmbeck, 1997) spezifizierten wir ein sog. Second-Order-Modell mit FW als Prädiktor, INT als Mediator und I, S, A als abhängige Variablen (siehe Abb.1) (von Kotzebue & Nerdel, in Vorb.).

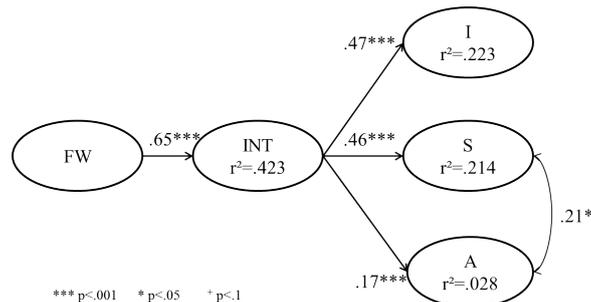


Abb. 1: Strukturmodell zur Untersuchung des Einflusses von Prädiktor FW und Mediator INT auf I, S und A. Zugeordnet sind wiederum signifikante  $\beta$ -Regressionsgewichte für den Prädiktor sowie signifikante Korrelationen zwischen den drei abh. Variablen I, S und A.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ein stärkerer Fokus auf fachspezifische Methoden und Arbeitsweisen in der Lehrerbildung notwendig ist, der im Bereich der Text-Bild-Integration bisher kaum stattfindet und nicht im Curriculum verankert ist (McElvany et al., 2009). Denn erst nach Erfüllung dieser Voraussetzung kann das spezifische fachdidaktische Wissen der Studierenden optimal geschult werden, wie unsere Untersuchungsergebnisse belegen (von Kotzebue & Nerdel, in Vorb.).

#### Literatur

- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51, 1173-1182.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Klusmann, U., Baumert, J., Blum, W. et al. (2006). Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Kozeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht Eine Zwischenbilanz des COACTIV-Projekts. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Eds.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule, Abschlussbericht des DFG Schwerpunktprogramms*. Münster: Waxmann, 54-82.
- Dreyfus, T., & Eisenberg, T. (1990). On difficulties with diagrams: Theoretical issues. In G. Booker, P. Cobb, & T. N. De Mendicuti (Eds.), *Proceedings of the 14th Annual Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 27–36). Oaxtepe: PME.
- Holmbeck, G. N. (1997). Toward terminological, conceptual, and statistical clarity in the study of mediators and moderators: examples from the child-clinical and pediatric psychology literatures. *Journal of consulting and clinical psychology*, 65(4), 599.
- Lachmayer, S., Nerdel, C., & Precht, H. (2007). Modellierung kognitiver Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 161-180.
- Von Kotzebue, L. & Nerdel, C. (2012). Professionswissen Von Biologielehrkräften Zum Umgang Mit Diagrammen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 181-200.
- Von Kotzebue, L. & Nerdel, C. (in Vorb.). Über welches Fachwissen und Fachdidaktische Wissen zum Umgang mit Diagrammen verfügen angehende Biologielehrkräfte?
- McElvany, N., Schroeder, S., Hachfeld, A., Baumert, J., Richter, T., Schnotz, W. et al. (2009). Diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften bei der Einschätzung von Schülerleistungen und Aufgabenschwierigkeiten bei Lernmedien mit instruktionalen Bildern. *Zeitschrift für pädagogische Psychologie*, 23(3-4), 223-235.

### **Fachspezifische Qualifikation in Sprachförderung im Lehramtsstudium Chemie**

Zur Förderung von Schülerinnen und Schülern in Deutsch als Zweitsprache wird zunehmend das Konzept einer durchgängigen Sprachbildung diskutiert. Damit verbunden besteht im Fachunterricht die Anforderung, Schülerinnen und Schüler in ihren sprachlichen und fachsprachlichen Fähigkeiten zu fördern. Chemielehrkräfte stehen folglich vor der Herausforderung, Sprachförderung als weiteres Handlungsfeld im Chemieunterricht umzusetzen. In der LehrerInnenbildung ist es notwendig, Lehramtsstudierende bereits im Studium auf dieses Handlungsfeld vorzubereiten.

#### **Durchgängige Sprachbildung**

Das Konzept *Durchgängige Sprachbildung*<sup>1</sup> sieht eine Sprachförderung vor, die mehr bedeutet als ein Förderunterricht im Fach Deutsch als Zweitsprache (DaZ) und auch mehr als zusätzliche schulische Unterstützungsmaßnahmen. Im Konzept *Durchgängige Sprachbildung* sind neben der Schule weitere Institutionen, wie Kindergärten, Jugendeinrichtungen und eine intensive Elternarbeit, einbezogen (Gogolin & Lange, 2010). Ein wesentlicher Bestandteil ist auf schulischer Ebene die sprachliche Förderung von Schülerinnen und Schülern in allen Fächern, also die sprachliche Förderung auch im Fachunterricht. Die im Fachunterricht verwendete Sprache ist bildungssprachlich geprägt und wird in schriftlichen und mündlichen Unterrichtssituationen angewendet. Der Erwerb dieser sog. Bildungs- oder Schulsprache ist besonders für zweisprachige Lerner und ihren Bildungserfolg entscheidend. Auch wenn zweisprachige Lerner sich in der Alltagssprache kompetent ausdrücken können, zeigen sie in der Verwendung der Bildungssprache größere Schwierigkeiten, da sie häufig nicht die Möglichkeit haben, diese gezielt zu erwerben. Sie müssen daher in der Schule und insbesondere im Fachunterricht eine fachbezogene Bildungssprache lernen. So müssen sie für das Fach Chemie nicht nur die Formelsprache erlernen, sondern auch die Fähigkeit erwerben, Wissenszusammenhänge sprachlich darzustellen, fachspezifische sprachliche Handlungsformen (Beschreiben, Protokollieren, Argumentieren) sprachlich angemessen auszugestalten und sie müssen sich einen entsprechenden Fachwortschatz, entsprechende Redemittel und sprachliche Register aneignen. Im Konzept der *Durchgängigen Sprachbildung* ist eine fachbezogene DaZ-Sprachförderung vorgesehen.

#### **Notwendigkeit einer fachbezogenen Sprachförderung**

Es ist Aufgabe des Deutschunterrichts, die entsprechenden sprachlichen Fähigkeiten aufzubauen, um sich in den genannten Handlungsfeldern (und darüber hinaus) ausdrücken zu können. Der Fachunterricht muss diese Fähigkeiten spezifizieren hinsichtlich seiner fachsprachlichen Ausprägungen. Dieser Erwerb findet im jeweiligen Fach statt, denn die Fachsprache ist domänenspezifisch. Sie stellt die Grundlage für das fachbezogene Lernen dar (Vollmer & Thürmann, 2010). Fachbezogene Arbeitsweisen, der Austausch über Beobachtungen, die Bildung von Hypothesen, die Aushandlung und Formulierung von Erkenntnissen werden durch sprachliche Handlungen realisiert, die durch einen bildungssprachlichen Sprachgebrauch geprägt und im jedem Fach spezifisch ausgestaltet

<sup>1</sup> Hier verstanden als Prinzip für die Förderung von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund.

werden (Parchmann & Bernholt, 2013). Damit Schülerinnen und Schüler die fachspezifische Bildungssprache erwerben können, sind entsprechende sprachbezogene Kompetenzen seitens der Lehrkräfte erforderlich. Auch sie müssen die Wissenschaftssprache erwerben und gleichzeitig ein Bewusstsein für die sprachlichen Bereiche in ihrem Fach entwickeln. Damit Schülerinnen und Schüler mit DaZ-Hintergrund eine bildungssprachliche Förderung im Fach erhalten, sind darüber hinaus DaZ-spezifische Kompetenzen zur Sprachförderung erforderlich, die sich sowohl auf den Erwerb der Fachsprache als auch auf den Erwerb der Bildungssprache beziehen.

### **Konsequenzen für die Lehrerinnen- und Lehrerbildung**

Mehr und mehr wird in den Studienordnungen der Lehramtsausbildung ein verbindlich zu belegendes DaZ-Modul für die Studierenden aller Fächer verankert. Dieses Modul kann zwar die Qualifizierung zur sprachlichen Förderung in Bezug auf den Zweitspracherwerb unterstützen, eine umfassende Qualifizierung in der fachbezogenen, domänenspezifischen Sprachverwendung muss allerdings das jeweilige Fach leisten. Für die Lehramtsausbildung sind daher Ansätze zu entwickeln, in denen eine fachspezifische, integrierte Qualifikation zur sprachlichen und fachlichen Handlungskompetenz und zur Sprachförderungskompetenz innerhalb des jeweiligen Unterrichtsfaches erfolgt.

An der Universität Flensburg wird in einem interdisziplinären Forschungsprojekt zunächst für die Fächer Deutsch und Chemie ein Konzept zur integrativen Implementierung von Sprachförderung entwickelt. Dieses fußt auf dem Prinzip einer curricular eingebundenen Qualifikation der Studierenden von Studienbeginn an. Die Professionalisierung in Sprachförderung im Fach wird dabei als eine Erweiterung des „pedagogical content knowledge“ (PCK) (Shulman, 1986) verstanden.

### **Professionalisierung zur Sprachförderung im Fach (ProSa)**

Im ProSa-Modell wird Sprachförderung als die sprachliche Förderung von Lernern verstanden, die im Erwerb der bildungssprachlich geprägten Schulsprache Unterstützung benötigen, damit sie das fachbezogene Lernen bewältigen; dies bezieht die DaZ-bezogene Förderung mit ein und umfasst eine fachspezifische Auseinandersetzung mit den Bereichen der Diagnose, Förderung und Sprachlehrbewusstheit.

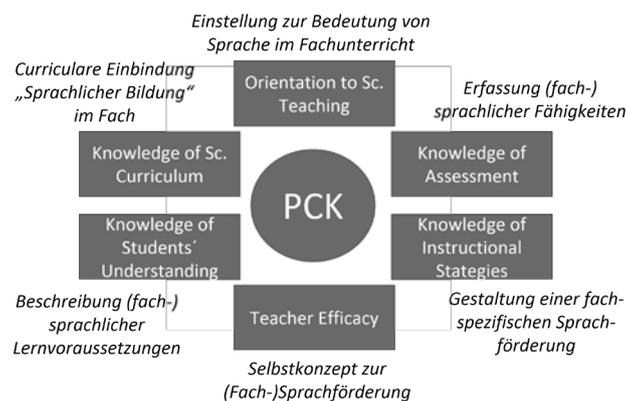


Abb.1: Professionalisierung zur Sprachförderung im Fach (ProSa)  
(in Anlehnung an Park & Oliver, 2008)

In Anlehnung an die PCK-Bereiche nach Park und Oliver (2008) ergeben sich verschiedene Felder, in denen angehende Lehrkräfte Kompetenzen erwerben sollen, darunter u. a. Wissen

über die curriculare Einbindung sprachlicher Bildung im Fach, Wissen über Möglichkeiten zur Erfassung (fach-)sprachlicher Fähigkeiten (siehe Abb.1).

Um einen nachhaltigen, anschlussfähigen Kompetenzerwerb zu ermöglichen, ist die Professionalisierung zur Sprachförderung in enger Anbindung an das fachwissenschaftliche und fachdidaktische Lernen sowie kumulativ aufbauend über das gesamte Studium hinweg vorgesehen. Die Qualifizierung der angehenden Lehrkräfte erfolgt mit den übergreifenden Zielen:

1. Aufbau von Sprachlehrbewusstheit,
2. Erwerb von Kompetenzen zur Sprachvermittlung,
3. Erwerb von Kompetenzen zur Sprachstandsdiagnose und Sprachförderung.

Die Lerngelegenheiten in fachwissenschaftlichen und -didaktischen Modulen fördern ab dem 1. Fachsemester aufeinander aufbauend (1) eine Sensibilisierung für die Bedeutung von Sprache im Fach und im Fachunterricht, (2) eine Reflexion des eigenen (fach-)sprachlichen Handelns, (3) den Erwerb fachdidaktischer Kenntnisse zum sprachlichen Handeln, (4) die Beobachtung und Reflexion sprachlichen Handelns im Fachunterricht in Verknüpfung mit Praxisphasen (schulisches Praktikum) und (5) den Erwerb der Kompetenz zur Gestaltung von integrativen Sprachfördermöglichkeiten. Über das gesamte Studium soll eine fortlaufende Förderung des Selbstkonzepts in Bezug auf das sprachliche Handeln und in Bezug zur Sprachförderung erfolgen.

#### **Ausblick**

Ab dem Wintersemester 2013/14 werden an der Universität Flensburg sukzessive Lerngelegenheiten in fachdidaktischen und fachwissenschaftlichen Modulen in den Fächern Chemie und Deutsch implementiert. Begleitet wird dies durch eine formative Evaluation. Bei dieser stehen u. a. die Erhebung (fach-)sprachlicher Fähigkeiten, die Erhebung des Selbstkonzepts in Bezug auf die eigenen (fach-)sprachlichen Fähigkeiten sowie in Bezug auf die Fähigkeiten der Sprachförderung und die Erhebung der Sprachlehrbewusstheit im Fokus.

#### **Literatur**

- Breidbach, S., Elsner, D., & Young, A. (Eds.). (2011). *Language awareness in teacher education. Cultural-political and social-educational perspectives*. Frankfurt/M.: Waxmann.
- Ehlich, K. (2009). Sprachaneignung und deren Feststellung bei Kindern mit und ohne Migrationshintergrund: was man weiß, was man braucht, was man erwarten kann. In W. Wiater & G. Videsott (Eds.), *Migration und Mehrsprachigkeit*. Frankfurt/M.[u.a.]: Peter Lang, 67-92.
- Gogolin, I., & Lange, I. (2010). *Durchgängige Sprachbildung. Eine Handreichung*. Münster: Waxmann.
- Parchmann, I., & Bernholt, S. (2013). In, mit und über Chemie kommunizieren: Chancen und Herausforderungen von Kommunikationsprozessen im Chemieunterricht. In M. Becker-Mrotzek et al. (Eds.), *Sprache im Fach: Sprachlichkeit und fachliches Lernen*. Münster [u.a.]: Waxmann, 241-254.
- Park, S., & Oliver, S.J. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Res. in Sc. Edu.*, 38(3), 261-284.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(1), 4-14.
- Vollmer, H.J. & Thürmann, E. (2010). Zur Sprachlichkeit des Fachlernens: Modellierung eines Referenzrahmens für Deutsch als Zweitsprache. In B. Ahrenholz (Ed.), *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache*. Tübingen: Narr, 107-132.

Lars-Jochen Thoms  
Karin Siferlinger  
Raimund Girwidz

LMU München

## **Kognitive Verarbeitung von Diagrammen bei spektrometrischer Untersuchung von Leuchtmitteln**

### **Hintergrund**

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. Weiterhin ist die Analyse von Spektren wichtig für die Betrachtung optischer Wellenphänomene und das Verständnis der Farbwahrnehmung. Da aber Spektrometer teuer sind und für Energiemessungen eine aufwendige Kalibrierung nötig ist, wurde ein über das Internet ferngesteuertes Experiment entwickelt (vgl. Thoms & Girwidz, 2013). Mit diesem können sechs verschiedene Leuchtmittel vom Emissionsspektrum bis hin zur spektralen Abstrahlcharakteristik untersucht werden.

Dabei werden verschiedene Diagramme, insbesondere Kurven- und Liniendiagramme sowie Histogramme, bei der physikalischen Wissensvermittlung genutzt. Jedoch erfordern Erstellung und Verarbeitung von Diagrammen fachspezifische Fertigkeiten, die erst erlernt werden müssen. Neben domänenspezifischem Vorwissen helfen verfügbare Schemata bei der Informationsgewinnung aus Diagrammen. Mittels Eye-Tracker wurden die Blickpfade von Novizen und Experten bei der Arbeit mit Diagrammen aufgezeichnet.

In einer ersten, inhaltlich weiter gefassten Studie zeigten sich bei Studierenden bereits beim Ablesen von Werten aus mit dem Versuch aufgenommenen Spektren besondere Schwierigkeiten (Thoms, Siferlinger & Girwidz, 2013). In einer zweiten Studie wurde das Spektrum wahlweise monochrom oder spektral eingefärbt dargestellt. Es wurde angenommen, dass Spektralfarben eine zusätzliche Hilfestellung bieten, Schüler sich daran orientieren und daher das Ablesen von Werten aus einer farbigen Darstellung sicherer gelingt.

### **Methode**

Zur Untersuchung der zusätzlichen Farbcodierung als Orientierungshilfe wurde das Blickverhalten von 51 Schülerinnen der 8. Jahrgangsstufe einer Mädchen-Realschule in Bayern beim Ablesen von Werten aus visuellen Spektren von einem Eye-Tracker aufgezeichnet. Unmittelbar vor der Testdurchführung wurden die Schülerinnen vom Versuchsleiter über den Ablauf der Untersuchung informiert und instruiert, Aufgabenlösungen laut auszusprechen. Den Schülerinnen wurde zunächst 30 Sekunden lang die Aufgabenstellung eingeblendet: „Gleich wird ein Spektrum angezeigt. Lies bitte die Intensität bei einer gegebenen Wellenlänge von 550 nm ab.“ Anschließend wurde 30 Sekunden lang das visuelle Spektrum einer Halogenlampe angezeigt. Die Darstellung des visuellen Spektrums wurde dahin gehend variiert, dass die Fläche unter der Messkurve zufällig entweder weiß oder farbig dargestellt wurde. Anschließend wurde der Test in einem zweiten Durchgang mit der bisher nicht gezeigten Variante wiederholt.

Die Blickpfade der Probandinnen (Reihenfolge von Fixationen und Sakkaden) wurden analysiert. Im Vordergrund stand das Vorgehen bei der Aufgabenbearbeitung. In Anlehnung an eine qualitative Inhaltsanalyse wurde ein Kategoriensystem induktiv aufgestellt (siehe Abb. 1).

Tab. 1: Kategorien und Häufigkeiten im 1. und 2. Durchgang. Gesamtfälle und Auswahl

Kategorie	Einbezogene Fälle	1. Durchgang gesamt n = 51	2. Durchgang gesamt n = 51	1. Durchgang Auswahl n = 19	2. Durchgang Auswahl n = 19
<b>Rezeption der Aufgabenstellung</b>					
AU	Aufgabenstellung unklar	31	12	aussortiert	aussortiert
LB	Lösung vorab bekannt	1	1	aussortiert	aussortiert
WF	Vorgegebenen Wert falsch gelesen	0	1	0	0
<b>Blickverhalten bei Wertermittlung</b>					
SP	Sprung	6	17	5	7
KL	Kleinschrittige Leiter	10	12	9	5
GL	Großschrittige Leiter	4	8	4	6
WH	Orientierung an waagerechten Hilfslinien	5	12	4	5
SH	Orientierung an senkrechten Hilfslinien	2	0	2	0
MK	Orientierung entlang der Messkurve	2	0	2	0
<b>Zu erwartender Bearbeitungserfolg</b>					
EA	Erfolgsannahme	19	36	19	19
TA	Teilerfolgsannahme	2	4	0	0
MA	Misserfolgsannahme	29	10	0	0

### Ergebnisse

Die Analyse der Blickpfade orientierte sich an drei Hauptkategorien (Tab. 1): Eine erste Kategoriengruppe beschreibt aus den Blickpfaden gewonnene Rückschlüsse auf die Rezeption der Aufgabenstellung. Eine zweite Gruppe differenziert das Blickverhalten bei der Ermittlung des gesuchten Wertes. In einer dritten Hauptkategorie wurde unterschieden, ob eine erfolgreiche Aufgabenbearbeitung anzunehmen war. Dies war der Fall, wenn aus den Blickbewegungen auf die Aufnahme aller für eine korrekte Antwort nötigen Informationen geschlossen werden konnte.

Der Bearbeitungserfolg hing nicht von der Darstellungsform ab (Fisher-Test,  $n=51$ ,  $p=,648$ ). In der Analyse der Blickpfade zeigte sich einerseits bei farblosen Spektren ein sprunghaftes Blickverhalten (Abb. 1) und andererseits die bei farblich codierten Spektren angenommene Orientierung an einzelnen Farben (Abb. 2). Hier muss jedoch zwischen klein- und großschrittigem Vorgehen unterschieden werden. Zusätzlich wurde eine Orientierung an Hilfslinien bestätigt. Vereinzelt zeigte sich auch ein Blickverlauf entlang der Messkurve.

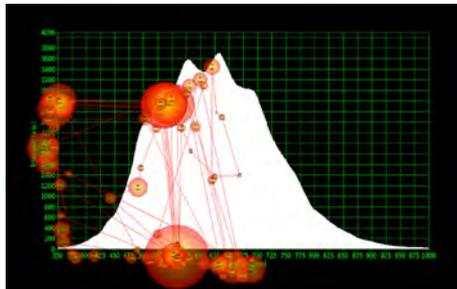


Abb. 1: Blick springt direkt zum Messpunkt („Sprung“). Fixationen (Kreise) und Sakkaden (Linien).

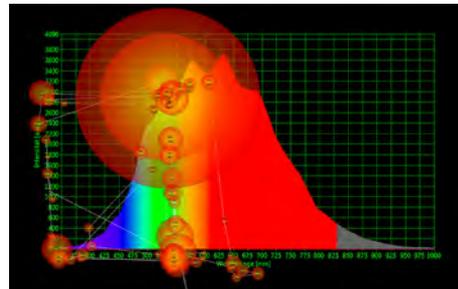


Abb. 2: Blick wandert entlang einer Farbkante („Leiter“). Fixationen (Kreise) und Sakkaden (Linien).

### Blickverhalten beim Betrachten des zuerst angezeigten Diagramms

Ein kleinschrittiges Hochblicken entlang einer Farbkante („Kleinschrittige Leiter“) tritt beim ersten Durchlauf häufiger auf, wenn das Spektrum farbig dargestellt wird, als wenn das Spektrum weiß dargestellt wird (Fisher-Test,  $n=51$ ,  $p=,014$ ).

In 61% der Fälle war an den Blicken deutlich zu erkennen, dass die Aufgabenstellung den Testpersonen nicht klar genug gewesen ist. Einige hatten sie vermutlich gar nicht verstanden, andere hatten den in der Aufgabe gegebenen Abszissenwert nicht mehr gewusst. Dies wurde deutlich, wenn das Diagramm im ersten Durchgang systematisch analysiert wurde

(Achsenbeschriftungen, Wertebereiche, Kurvenverlauf) und dann nach erneuter Einblendung des vorgegebenen Abszissenwertes direkt der richtige Ordinatenwert abgelesen wurde.

Nach Ausschluss der Teilnehmerinnen, die im ersten Durchgang die Aufgabenstellung offensichtlich nicht verstanden haben, verbleiben  $n=19$  Fälle. Bei diesen 19 Schülerinnen, die alle die Aufgabenstellung bearbeitet haben, gaben 12 (63%) die richtige Lösung an, eine (5%) war nah am Ergebnis und sechs (32%) gaben gar keine Lösung an, obwohl die Analyse der Blickbewegungen darauf hindeutet, dass die jeweilige Probandin den richtigen Wert abgelesen hat. Es lässt sich vermuten, dass diese Schülerinnen sich nicht sicher genug waren oder sich nicht getraut haben, ein Ergebnis zu nennen.

#### *Blickverhalten beim Betrachten des zweiten Diagramms*

Bei der Analyse der Blickbewegungen aller Teilnehmerinnen im zweiten Durchlauf zeigten sich reihenfolgenabhängige Unterschiede bei der Orientierung an waagerechten Hilfslinien und im sprunghaften Blickverhalten. Das Orientieren an waagerechten Hilfslinien im zweiten Durchlauf trat häufiger auf, wenn zuerst das weiße und dann das farbige Spektrum gezeigt wurde (Fisher-Test,  $n=51$ ,  $p=,005$ ). Ein sprunghaftes Blickverhalten beim zweiten Durchlauf trat häufiger auf, wenn zuerst das farbige und dann das weiße Spektrum gezeigt wurde (Fisher-Test,  $n=51$ ,  $p=,031$ ). Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse bezogen auf die angesetzten Hypothesen H.1, H.2.a und H.2.b sowie die a posteriori gewonnenen Erkenntnisse H.3.a und H.3.b.

*Tab. 2: Hypothesentests. H.3.a und H.3.b a posteriori*

<b>Hypothese</b>	<b>Fisher-Test</b>	<b>Deutung</b>
H.1 Bearbeitungserfolg abhängig von Darstellung (farbig vs. weiß).	$n=51$ , $p=,648$	abgelehnt
<i>Blickverhalten beim Betrachten des zuerst angezeigten Diagramms</i>		
H.2.a „Kleinschrittige Leiter“ (KL) häufiger, wenn Spektrum farbig dargestellt.	$n=51$ , $p=,014$	angenommen
H.2.b „Sprung“ (SP) häufiger, wenn Spektrum weiß dargestellt.	$n=51$ , $p=,363$	abgelehnt
<i>Blickverhalten beim Betrachten des als Zweites angezeigten Diagramms</i>		
(H.3.a) Orientierung an waagerechten Hilfslinien (WH) tritt häufiger auf, wenn zuerst die weiße und dann die farbige Darstellung angezeigt wird.	$n=51$ , $p=,005$	angenommen
(H.3.b) „Sprung“ (SP) häufiger, $n=51$ , $p=,031$ angenommen wenn zuerst die farbige und dann die weiße Darstellung angezeigt wird.	$n=51$ , $p=,0311$	angenommen

#### **Diskussion**

Obwohl das Einfärben des dargestellten visuellen Spektrums mit Spektralfarben einen deutlichen Einfluss auf das Blickverhalten (Leiter vs. Sprung) hat, führt dies weder zu einem höheren noch zu einem niedrigeren Erfolg beim Ablesen von Einzelwerten. Anzunehmen sind zwei gegenläufige Effekte, die sich in dieser Untersuchung ausgleichen: die Nützlichkeit des Einfärbens als Orientierungshilfe und die dadurch entstehende zusätzliche kognitive Last. Hierzu bedarf es weiterer Untersuchungen.

#### **Literatur**

- Thoms, L.-J., & Girwidz, R. (2013). Scaffolding Inquiry-Based Learning in Remotely Controlled Laboratories. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (S. 113 - 115). Kiel: IPN.
- Thoms, L.-J., Siferlinger, K., & Girwidz, R. (2013). Kognitive Verarbeitung physikalischer Diagramme. *PhyDid B*, (2013). *eingereicht*.

## **Entwicklung eines Kodiermanuals zum experimentellen Vorgehen von Lehramtsstudenten**

### **Theoretischer Hintergrund**

Naturwissenschaftlicher Unterricht, der die Vermittlung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen fokussiert, wird in Deutschland und Europa zunehmend gefordert (vgl. Rocard et al., 2007). Wie es um diese Fähigkeiten und Fertigkeiten bei Lehramtsstudierenden steht, ist jedoch noch wenig erforscht (Zlatkin-Troitschanskaia & Kuhn, 2010). Dabei ist ein elaboriertes Verständnis der Denk- und Arbeitsweisen essentiell für einen Unterricht, der Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung fördern will. Dementsprechend ist das Wissen um wesentliche Arbeits- und Erkenntnismethoden auch in den Standards der Lehrerbildung für das Fach Chemie ausgewiesen (KMK, 2008).

Unter den geforderten wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen werden Fähigkeiten und Fertigkeiten des Planens, Durchführens und Auswertens naturwissenschaftlicher Untersuchungen verstanden, die im Konstrukt „wissenschaftliches Denken“ zusammengefasst sind (Mayer, 2007). Wissenschaftliches Denken vereint deklaratives Wissen über Methoden und Konzepte naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung mit prozeduralem Wissen über konzertierte Abfolgen und Bedingungen der Teilaspekte naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Mayer, 2007). Diese Teilaspekte sind, auf das naturwissenschaftliche Experiment bezogen, die Teilschritte der hypothetisch-deduktiven Methode wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Ergänzt um den laborpraktischen Aspekt der Durchführung wissenschaftlicher Untersuchungen ergeben sich folgende Aspekte naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung:

- Naturwissenschaftliche Fragen formulieren
- Naturwissenschaftliche Hypothesen generieren
- Untersuchungen planen
- Untersuchungen durchführen
- Daten analysieren und interpretieren

(vgl. u. a. Hofstein, Navon, Kipnis & Mamlok-Naaman, 2005; Schreiber, Theyßen & Schecker, 2009).

### **Zielsetzung**

Ziel dieser Forschungsarbeit ist die theoriegeleitete Entwicklung eines Auswertungsinstrumentes zur Erfassung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen von Lehramtsstudierenden in offenen Experimentiersituationen. Die Basis bildet eine Analyse des breiten Spektrums an Studien zur Erhebung experimenteller (Teil-)Fähigkeiten und Fertigkeiten von Schülern. Anhand der Analyseergebnisse soll literaturgeleitet ein Kategoriensystem entwickelt werden, das am Videomaterial induktiv ergänzt wird. So sollen naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen von Studierenden in freien Experimentiersituationen möglichst engmaschig abgebildet werden.

### **Material**

Die Datengrundlage bilden Videos aus dem Projekt „Pathway to Inquiry Based Science Education“ (Wegner & Tiemann, 2012). Im Zuge dieses Projekts haben die Studierenden des Studiengangs Master of Education mit dem Fach Chemie ein Semester lang ein Seminar

besucht, in dem Methoden wissenschaftlichen Denkens und Arbeitens vermittelt wurden. Anschließend wurde das eigenständige, freie Experimentieren dieser Probanden aufgezeichnet. Dazu wurde den Studierenden ein naturwissenschaftliches Phänomen gezeigt und sie erhielten die Aufgabe, ein naturwissenschaftliches Experiment auf Grundlage dieses Phänomens zu entwickeln und durchzuführen. Die Experimentiersituation ist somit hinsichtlich der angewendeten Strategien, hinsichtlich der Anzahl an Lösungswegen sowie hinsichtlich der angewandten Methoden offen gestaltet (vgl. Primer, 2011).

### Methodisches Vorgehen

Die Entwicklung des Kodiermanuals orientiert sich an dem bei Seidel (2003) und Hugener, Pauli, Rakoczy und Reusser (2006) vorgeschlagenen Entwicklungsprozess. Das Vorgehen wird im Folgenden beschrieben.

Die Entwicklung des Kategoriensystems erfolgt zunächst deduktiv auf Grundlage bestehender Literatur zu wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen. Ausgehend von der eingangs vorgestellten Sequenzierung des Experimentierprozesses wird literaturgeleitet ein Kategoriensystem entwickelt, welches einzelne Schritte des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens abbildet. Dazu wird zunächst eine basale, dreigliedrige Strukturierung des Experimentierprozesses in präexperimentelle Phase, experimentelle Phase und postexperimentelle Phase angenommen, wie sie bei Doran, Lawrenz und Helgeson (1991) vorgeschlagen wird. Diese Struktur entspricht der Oberflächenstruktur der videographierten Experimentiersituation und lässt sich anhand der Raum- und Tätigkeitswechsel gut feststellen. Im Video markiert der Wechsel vom Vorbereitungsraum in das Labor den Beginn der experimentellen Phase, das Ende der letzten Durchführung eines Versuchs markiert das Ende der experimentellen Phase. Diese Grobstruktur dient der Orientierung im Kodiermanual und unterscheidet zwischen vorherrschend kognitiven Prozessen in der präexperimentellen und postexperimentellen Phase und vorherrschend manuell-praktischen Prozessen in der experimentellen Phase. In einem zweiten Schritt werden in diese Grobstruktur die oben bereits vorgestellten Aspekte naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung eingeordnet.

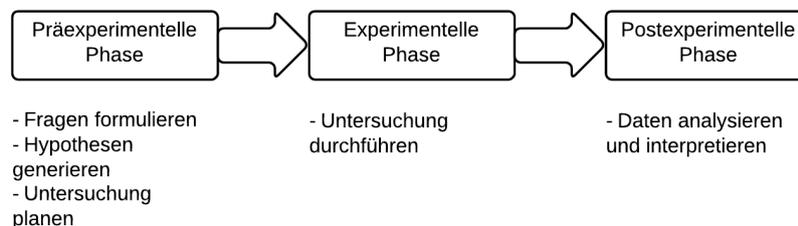


Abb. 1: Grobstruktur des Manuals

Diese Kategorien werden dann in der Überarbeitungsphase literaturgeleitet ausdifferenziert und auf die Probandengruppe zugeschnitten. Das Manual wird an einigen ausgewählten Videos aus der Stichprobe getestet und durch induktives Vorgehen den Herausforderungen, die die Forschungsfragestellung mit sich bringt, angepasst. Ziel der Überarbeitung ist es zunächst, weitere Aspekte des wissenschaftlichen Denkens und Handelns, die im bisher deduktiv erstellten Manual nicht berücksichtigt wurden, mit aufzunehmen und theoriegeleitet zu definieren. Des Weiteren werden diese theoriegeleitet aufgestellten Definitionen am Videomaterial geschärft. Dieses Wechselspiel aus induktivem und deduktivem Vorgehen bestimmt wesentlich die Güte des Manuals (Brosius, Koschel & Haas, 2009). Ebenso entscheidend ist, dass sich die einzelnen Kategorieausprägungen jeweils untereinander ausschließen, sodass einer Analyseeinheit im Video genau eine

Variable im Manual zugeordnet wird. Die zu kodierenden Analyseeinheiten ergeben sich aus den Definitionen für die einzelnen Kategorien. Des Weiteren wird auf der Ebene der Definitionen ein möglichst niedrig-inferentes Kodiermanual angestrebt (vgl. Clausen, Reusser & Klieme, 2003). All diese Maßnahmen stellen die Qualität des Manuals sicher, indem gewährleistet wird, dass Beobachterübereinstimmungen (Interraterreliabilitäten) bestimmt werden können.

### Fazit

Basierend auf dem in diesem Artikel beschriebenen Prozess der Erstellung eines Kodiermanuals konnte ein Kategoriensystem zur Abbildung wissenschaftlichen Denkens und Handelns in freien Experimentiersituationen erstellt werden. Es gelang, Prozesse und Ausprägungen wissenschaftlicher Denk- und Arbeitsschritte engmaschig zu operationalisieren. Das erstellte Kodiermanual erlaubt daher eine Aufschlüsselung der wichtigsten Teilschritte experimenteller Erkenntnisgewinnung nach Art und Ausprägung derselben (vgl. Gerling, Wegner & Tiemann, 2013).

### Literatur

- Brosius, H.-B., Koschel, F., & Haas, A. (2009). *Methoden der empirischen Kommunikationsforschung*. Verlag für Sozialwissenschaften: Wiesbaden.
- Clausen, M., Reusser, K., & Klieme, E. (2003). Unterrichtsqualität auf der Basis hoch-inferenter Unterrichtsbeurteilungen. Ein Vergleich zwischen Deutschland und der deutschsprachigen Schweiz. *Unterrichtswissenschaft*, 31, 122-141.
- Doran, R. L., Lawrenz, F., & Helgeson, S. (1994). Research on assessment in science. In D. L. Gabel (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (S. 388-442). New York: MacMillan.
- Gerling, I., Wegner, N., & Tiemann, R. (2013). Manuskript in Vorbereitung.
- 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.
- Hugener, I., Rakoczy, K., Pauli, C., & Reusser, K. (2006). Videobasierte Unterrichtsforschung: Integration verschiedener Methoden der Videoanalyse für eine differenzierte Sicht auf Lehr-Lernprozesse. In S. Rahm, I. Mammes & M. Schratz (Hrsg.), *Band 1: Schulpädagogische Forschung. Organisations- und Bildungsprozessforschung. Perspektiven innovativer Ansätze* (S. 41-53). Innsbruck: Studien Verlag.
- KMK [Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland] (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.09.2010). Berlin/ Bonn.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: *Theorien in der biomedizinischen Forschung* (S. 177-186). Berlin Heidelberg: Springer.
- Priemer, B. (2011). Was ist das Offene am offenen Experimentieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 315-337.
- 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*. Brussels: Report EU22-845. Retrieved from [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf).
- Schreiber, N., Theyßen, H., & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 8(3), 92-101.
- Seidel, T. (2003). Videobasierte Kodierverfahren in der IPN Videostudie Physik – ein methodischer Überblick. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit & M. Lehrke (Hrsg.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“*. Kiel, IPN, 99-111.
- Wegner, N., & Tiemann, R. (2012). The Pathway to Inquiry Based Science Education – Teacher Education at University, *La Chimica nella Scuola (CnS)*, 34(3), 404-408.
- Zlatkin-Troitschanskaia, O., & Kuhn, C. (2010). Messung akademisch vermittelter Fertigkeiten und Kenntnisse von Studierenden bzw. Hochschulabsolventen: Analyse zum Forschungsstand [Measuring academic skills and knowledge of students and graduates: Analyzing the state of research] (*Arbeitspapiere Wirtschaftspädagogik*, Nr. 56). Retrieved from Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Kompetenzen im Hochschulsektor website: [http://www.kompetenzen-im-hochschulsektor.de/Illustrationen/gr\\_Nr.56.pdf](http://www.kompetenzen-im-hochschulsektor.de/Illustrationen/gr_Nr.56.pdf).

## **Expertenrating zu Komplexität und kognitiven Prozessen beim Lösen von Testaufgaben**

### **Einleitung**

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Fachwissenszuwachs durch Schüler- und Demonstrationsexperimente in der geometrischen Optik“ (Winkelmann & Erb, 2013) wurden Testaufgaben eines Leistungstests für Schülerinnen und Schüler in ein Kompetenzmodell eingeordnet. Die Einordnung der Aufgaben orientierte sich am ESNaS-Kompetenzmodell (Kauertz et al., 2010). Im Fokus der Einordnung standen die Komplexität und der kognitive Prozess, welcher beim Lösen von Testaufgaben einhergeht. Die Komplexität wurde hierfür im Unterschied zur Vorgabe des zugrundeliegenden Kompetenzmodells in den Bereichen Faktenwissen, Zusammenhangswissen und konzeptuellem Wissen erfasst. Für die kognitiven Prozesse wurde die Strukturierung des Kompetenzmodells im Wesentlichen beibehalten und in Folge einer Pilotierung lediglich der Prozess des Selegierens durch „Selektieren“ ersetzt.

Die Testaufgaben wurden mit Hilfe eines Expertenratings eingeordnet. Durch das Expertenrating soll die Objektivität der Einordnung sichergestellt werden (Bortz & Döring, 2006). Eindeutige Ergebnisse in diesen Bereichen können im Forschungsprojekt weiter verwendet werden.

Dem Expertenrating (Frehse, 2013) lagen die folgenden Untersuchungsfragen zugrunde:

1. Lassen sich unterschiedliche Stufen von Komplexität und kognitiven Prozessen beim Lösen von Testaufgaben eindeutig bestimmen?

Mit Hilfe der Ergebnisse aus der ersten Untersuchungsfrage wurde der Blick auf den im Forschungsprojekt untersuchten Leistungstest gelenkt und das Folgende näher betrachtet:

2. Sind Leistungsunterschiede von Schülerinnen und Schülern unter Berücksichtigung des Komplexitätsniveaus beobachtbar, wenn diese an Schüler- oder Demonstrationsexperimenten teilgenommen haben?

### **Methodik**

Für das Expertenrating, an dem Lehrerinnen und Lehrer für die Fächer Physik und Chemie und Mitglieder des Instituts für Didaktik der Physik der Goethe-Universität teilnahmen, wurden zwei Testhefte erstellt. Beide Testhefte bestehen aus unterschiedlichen Testaufgaben (neun Aufgaben in Testheft A, acht Aufgaben in Testheft B). In jedem Testheft wurden allgemeine Informationen zum Forschungsprojekt und dem Kompetenzmodell bereitgestellt. Im Anschluss daran folgte eine Beispieleinordnung. Zu jeder einzelnen Aufgabenstellung wurde die richtige Antwort angegeben. Schließlich wurden die Rater gebeten, eine Einordnung der Testaufgaben vorzunehmen. Die Experten hatten neben den kurzen Informationen zur Einordnung der Testfragen, zur Komplexität und dem kognitiven Prozess keine weiteren Hilfsmittel zur Verfügung. Mit Hilfe der Interraterreliabilität  $P_i$  (Expertenübereinstimmung) wurde empirisch überprüft, ob die Experten in ihren Urteilen bzw. Einordnungen übereinstimmen (Wirtz & Caspar, 2002).

$$P_i = \frac{\sum_{m=1}^k r_{im}(r_{im} - 1)}{r(r - 1)}$$

$P_i$  = Anteil der Rater, die bei Aufgabe i übereinstimmen

$r$  = alle teilgenommenen Rater (an der jeweiligen Aufgabe)

$r_{im}$  = Anteil der Rater, die Aufgabe i Kategorie m zugeordnet haben

### Ergebnisse

An dem Expertenrating nahmen 41 Personen teil, welche Testheft A oder Testheft B bearbeitet haben. Zehn Personen haben freiwillig beide Testhefte bearbeitet. Die folgenden Diagramme stellen die Häufigkeitsverteilungen, die sich nach dem Expertenrating ergeben haben, dar. Bei der Befragung zum Komplexitätsniveau sind sich die Expertinnen und Experten bei vielen der Testaufgaben einig (Abb. 1). Die Interraterreliabilität des Expertenratings (Komplexität) ist mit einem Mittelwert von  $p_{arith} = 0,42$  als befriedigend anzusehen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Komplexität von Testaufgaben in einem Expertenrating bestimmt werden kann.

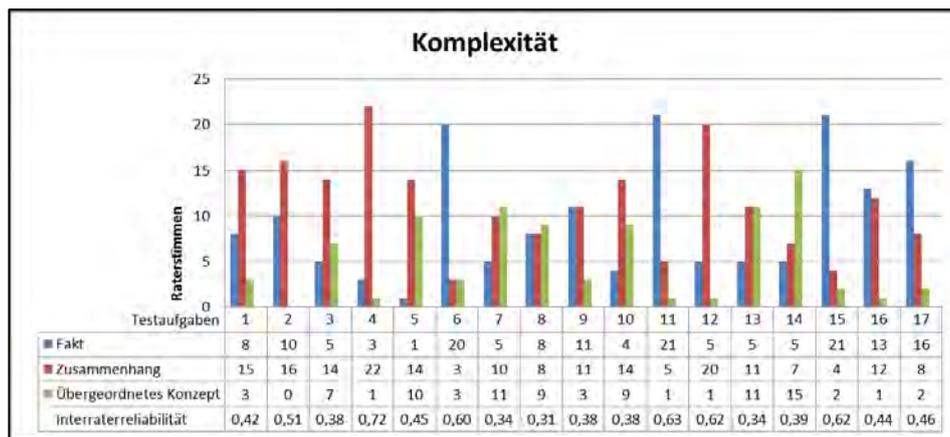


Abb. 1: Auswertung des Expertenratings zur Komplexität

Das Expertenrating zu den notwendigen kognitiven Prozessen (reproduzieren, selektieren, organisieren und integrieren) zeigte dagegen, dass sich diese nur schwer bestimmen lassen (Abb. 2). Dies lag möglicherweise zum einen an dem geschlossenen Aufgabenformat der Testfragen, welches eine Einordnung erschwerte, zudem am sehr kurzen Aufgabenstamm. Die Interraterreliabilität der gesamten Befragung zu diesem Bereich hat einen Wert von  $p_{arith} = 0,30$  und ist damit nicht mehr zufriedenstellend. Bei lediglich zwei der insgesamt 17 Testaufgaben (Aufgabe 2, Aufgabe 6) konnte eine ausreichende Beurteilerübereinstimmung festgestellt werden.

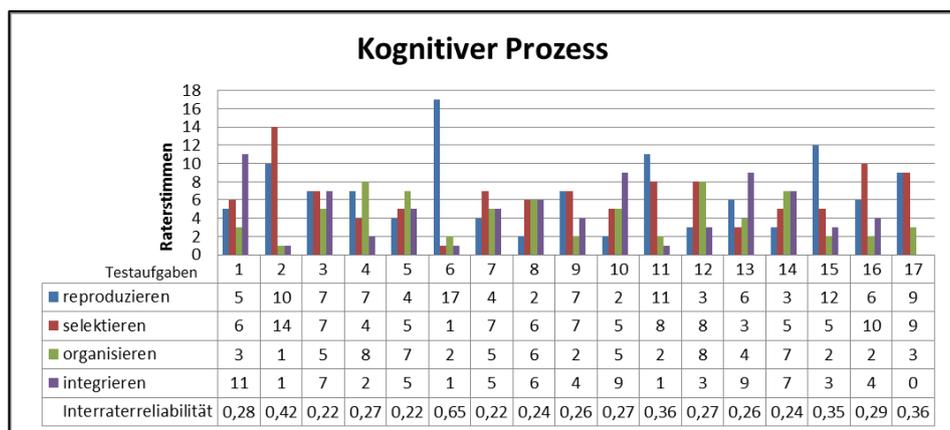


Abb. 2: Auswertung des Expertenratings zum kognitiven Prozess

### Ausblick

Durch das Expertenrating und dessen Auswertung konnte gezeigt werden, dass sich die Komplexität von Testaufgaben bestimmen lässt. Bezugnehmend auf die Forschungsfrage 2 konnte durch dieses Ergebnis eine erste deskriptive Analyse der von Winkelmann und Erb (2013) erhobenen Daten mit Blick auf die Komplexitätsstufen durchgeführt werden (Tab. 1). Es wurden die prozentualen Lösungshäufigkeiten für alle Aufgaben, die eindeutig dem Faktenwissen, Zusammenhangswissen oder dem konzeptuellen Wissen zugeordnet werden konnten, berechnet. Aus diesen wurde für den jeweiligen Bereich ein Mittelwert gebildet. An der Erhebung haben 428 Schülerinnen und Schüler in drei Experimentiergruppen teilgenommen.

Tab. 1: Lösungshäufigkeiten differenziert nach Komplexitätsstufen und Experimentiermethode

Experimentierformen		Fakt	Zusammenhang	Übergeordnetes Konzept
Demoexperiment		64,04%	48,54%	66,67%
Schülerexperiment	Kochbuch	63,30%	40,05%	52,42%
	guided	64,85%	44,36%	54,14%
Relative Lösungshäufigkeit (Gesamt)		64,08%	44,78%	58,64%

Erste Berechnungen zeigen, dass mit Blick auf den Lernzuwachs Unterschiede zwischen den Komplexitätsstufen erkennbar sind. Alle Aufgaben, die der Kategorie Faktenwissen zugeordnet wurden, konnten in allen drei Experimentiergruppen ähnlich gut beantwortet werden. Bei den beiden weiteren Komplexitätsstufen hebt sich insbesondere das Demonstrationsexperiment mit einer höheren Lösungshäufigkeit hervor. Es ist anzumerken, dass nur eine Aufgabe eindeutig dem konzeptuellen Wissen zugeordnet werden konnte. Eine Differenzierung der Aufgaben in Faktenwissen einerseits und Zusammenhangs- und/oder konzeptuellen Wissens ist als sinnvoll zu betrachten. Der Unterschied zwischen Zusammenhangswissen und konzeptuellem Wissen erweist sich – mit den hier verwendeten Aufgaben – als nicht einschätzbar.

Ein Zusammenhang der Komplexität als schwierigkeitserzeugendes Merkmal konnte, mit Berücksichtigung dieser Differenzierungsschwierigkeit zwischen Zusammenhangs- und konzeptuellem Wissen, mit den vorliegenden Ergebnissen gezeigt werden.

### Literatur

- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer-Verlag.
- Frehse, A.-B. (2013). *Analyse eines Fachwissenstests zur Geometrischen Optik mit der Methode des Expertenratings* (Wissenschaftliche Hausarbeit, Goethe-Universität Frankfurt).
- Kauertz, A., et al. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135-153.
- Winkelmann, J., & Erb, R. (2013). Lernzuwachs durch Schüler- und Demoexperimente. In H. Grötzebauch & V. Nordmeier (Hrsg.), *PhyDid B –Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Jena 2013*.
- Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. *Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Hogrefe-Verlag.

Heiko Krabbe<sup>1</sup>  
 Miriam Kleine-Boymann<sup>1</sup>  
 Alexandra Dorsch<sup>2</sup>  
 Hans E. Fischer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Hochschule Ruhr-West

## Einfluss der Darstellungsform kontextualisierter Kompetenztestaufgaben

### Ausgangslage

Kompetenz ist nach Klieme und Leutner (2006) eine kontextualisierte Fähigkeit, die darin besteht, Wissen in variablen Situationen anwenden zu können. Entsprechend sind kontextualisierte Kompetenztestaufgaben dadurch gekennzeichnet, dass sie eine lebensweltliche Situation beschreiben, auf die Schülerinnen und Schüler ihr physikalisches Wissen anwenden müssen (Taasobshirazi & Carr, 2008, S. 158). U.a. Fensham (2009) vermutete sowohl Faktoren der Situation wie die Bekanntheit und Interessantheit als auch Faktoren der Aufgabenstellung als Ursache unterschiedlicher Aufgabenschwierigkeiten im PISA-2006-Naturwissenschaftstest. Der Einfluss dieser Faktoren auf die Aufgabenschwierigkeit ist deshalb zu untersuchen. Im Rahmen des DFG-Projekts „Kontext und Physikkompetenz“ (Dorsch, 2013) wurden kontextualisierte Kompetenztestaufgaben durch die Bezüge zwischen Schüler, Situation und Inhalt definiert (s. Abb. 1).

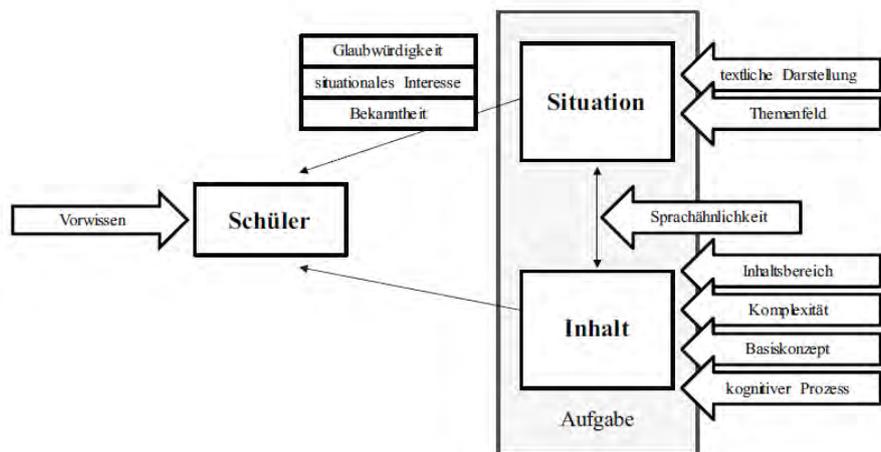


Abb. 1: Modell kontextualisierter Kompetenztestaufgaben

Die Klassifizierung der Situation erfolgte durch die Merkmale *textliche Darstellung* und *Themenfeld*, der Inhalt wurde in Anlehnung an das ESNas-Modell (Kauertz et al., 2010) charakterisiert. Die *Bekanntheit* (Ahmed & Polith, 2007) und *Glaubwürdigkeit* (van Vorst, 2012) der Situationen sowie das *situationale Interesse* (Krapp, 1999) seitens der Schülerinnen und Schüler, beschreiben den Schüler-Situation-Bezug, wobei die jeweiligen Mittelwerte als Merkmale der Situation gelten. Das Verhältnis von Situation und Inhalt wurde durch die *Sprachähnlichkeit* (Dorsch, 2013) in Hinblick auf die verwendeten Begriffe (Alltagsbegriffe, Fachtermini) definiert. Ein Aspekt der *textlichen Darstellung* ist die Textsorte. Für Lernaufgaben konnten Kuhn (2010) und Vogt (2010) zeigen, dass Zeitungsaufgaben und Werbetextaufgaben einen positiven Effekt auf die intrinsische Motivation und die Einschätzung des Realitätsbezugs (Authentizität) im Vergleich zu traditionellen Aufgaben haben. Eine Förderung der Lernleistung konnte jedoch nur für Zeitungsaufgaben festgestellt werden. Dahingegen findet man keine Hinweise auf einen

schwierigkeitserzeugenden Einfluss für Testaufgaben in der Literatur. Deshalb wurden in diesem Teilprojekte die folgenden Forschungsfragen untersucht.

- 1) Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Textsorte im Aufgabenstamm einer kontextualisierten Aufgabe und der Aufgabenschwierigkeit?
- 2) Hat die Textsorte einen Einfluss auf die Variablen situationales Interesse, Bekanntheit und Glaubwürdigkeit?

### Methode/Instrumente

Der Einfluss der Textsorte einer kontextualisierten Aufgabe wurde in einem experimentellen Design bei 146 Schülerinnen und Schülern der Klasse 10 (Einführungsphase) an Gymnasien in NRW untersucht. Die *textliche Darstellung* der Aufgabenstämme wurde jeweils als Zeitungsartikel, Erzählung und technisches Datenblatt bei gleichem fachlichen Informationsgehalt und gleicher *Sprachähnlichkeit* variiert (s. Abb. 1). In Abhängigkeit von der Textsorte wurden die Aufgabenschwierigkeit mit Hilfe eines Kompetenztests (Dorschu, 2013) und die Situationsmerkmale *situationales Interesse*, *Bekanntheit* und *Glaubwürdigkeit* mit einem Fragebogen ermittelt (Dorschu, 2013). Das *Interesse* und die *Glaubwürdigkeit* wurden nach Lesen des Aufgabenstamms und nach Bearbeitung der Aufgaben erfragt. Für die Situationen wurden die *Themenfelder* „Achterbahn fahren“ und „Kühlung des Laptops“ verwendet. Beim Inhalt der Aufgaben wurden die Faktoren *Komplexität* (ein Zusammenhang), *Basiskonzept* (Energie) und *kognitiver Prozess* (Integrieren) konstant gehalten. Die Aufgaben deckten die *Inhaltsbereiche* Mechanik, Elektrizitätslehre und Wärmelehre ab. Auf Grund der Variation der Textsorte lag jede Aufgabe in drei unterschiedlichen Versionen mit gleicher Aufgabenstellung vor (siehe Abb. 2). Da jeder Schüler pro Situation nur eine Textsorte bearbeiten konnte, wurde ein Multi-Matrix-Design verwendet. Jeder Schüler erhielt beide Situationen in jeweils unterschiedlicher Textsorte.

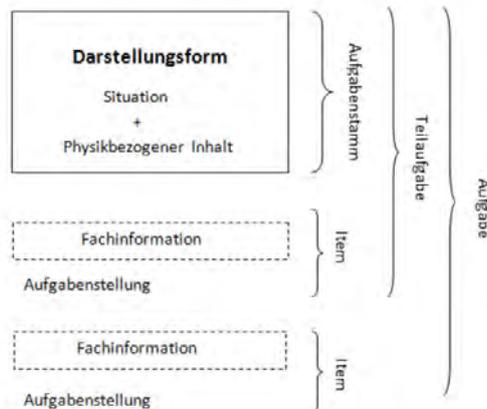


Abb. 2: Schematischer Aufbau der Aufgaben

### Ergebnisse

Der Kompetenztest und die Skalen wurden mit WINSTEPS (Linacre, 2010) Rasch skaliert, um die Itemschwierigkeiten und die Testgüte zu ermitteln. Die Raschreliabilitäten ( $> .70$ ) und die Modellpassungen sind für alle Skalen zufriedenstellend. Nach der Raschskalierung des Kompetenztests wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) mit den ermittelten Itemparametern durchgeführt (s. Tab. 1).

Tab. 1: Varianzanalysen mit den Itemparametern der eingesetzten Instrumente

Variable	Werte der ANOVA
Aufgabenschwierigkeit	F(2,45)=0.045; p= .956, $\eta^2_p$ =.002
Glaubwürdigkeit	<i>vorher:</i> F(2, 27)=7.542, p =.002, $\eta^2_p$ =.358 Erzählung > Zeitungsartikel > Datenblatt <i>nachher:</i> F(2, 27)=0,207 p =.815, $\eta^2_p$ =.015
Bekanntheit	F(2, 39)=0,676, p =.515, $\eta^2_p$ =.033
Interesse	<i>vorher:</i> F(2, 27)=0,138, p =.872, $\eta^2_p$ =.010 <i>nachher:</i> F(2, 27)=2,877, p =.074, $\eta^2_p$ =.176 Zeitungsartikel > Datenblatt > Erzählung

### Zusammenfassung und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die Textsorte keinen Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit und Bekanntheit hat, aber einen Einfluss auf die Glaubwürdigkeit (vorher) und das Interesse (nachher). Die Darstellung einer Situation als Erzählung war für die Schüler zunächst glaubwürdiger als ein Zeitungsbericht oder ein Datenblatt. Dieser Unterschied wurde durch das Lösen der Aufgaben nivelliert. Im Zusammenhang mit physikalischen Aufgabenstellungen fanden die Schüler Erzählungen weniger interessant als Datenblätter oder Zeitungsartikel. Möglicherweise wurden die Erzählungen als untypisch für Physikaufgaben empfunden. Zeitungsartikel erwiesen sich als die interessanteste aber im Widerspruch zu Kuhn (2010) nicht als die glaubwürdigste Darstellungsform. Ein Grund dafür könnte in der unterschiedlichen Operationalisierung der Konstrukte liegen oder in generell unterschiedlichen Einschätzungen von Schülerinnen und Schülern bei Lern- bzw. Testaufgaben.

### Literatur

- Ahmed, A., & Pollitt, A. (2007). Improving the quality of contextualized questions: an experimental investigation of focus. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 14(5), 201-232.
- Dorschu, A. (2013). Die Wirkung von Kontext in Physikkompetenztestaufgaben. Berlin: Logos Verlag.
- Fensham, P. J. (2009). Real World Contexts in PISA Science: Implications for Context based Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 884-896
- 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, 135-154.
- Klieme, E., & Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Beschreibung eines neu eingerichteten Schwerpunktprogramms der DFG. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(6), 876-903.
- Krapp, A. (1999). Interest, motivation and learning: An educational-psychological perspective. *European Journal of Psychology of Education*, 14(1), 23-40.
- Kuhn, J. (2010). *Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktionen- und Lehr-Lern-Forschung*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Linacre, J. M. (2010). *A user's Guide to Winsteps*. www.winsteps.com.
- Taasobshirazi, G., & Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review*, 3(2), 155-167.
- van Vorst, H. (2012). *Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie*. Berlin: Logos Verlag.
- Vogt, P. (2010). *Werbeaufgaben im Physikunterricht: Motivations- und Lernwirksamkeit authentischer Texte*. Wiesbaden: Vieweg+ Teubner.

### **Intuition und Emotion beim Urteilen und Entscheiden**

Die Bildungsstandards aller naturwissenschaftlichen Fächer machen den Kompetenzbereich Bewertung zum expliziten Ziel des Fachunterrichts. Auch aus bildungstheoretischer Perspektive heraus kann die Ausbildung von Bewertungskompetenz das Ziel eines mündigen Staatsbürgers (z. B. Bögeholz, 2011) und die Förderung von Bildung für nachhaltige Entwicklung (z. B. de Hahn et al., 2008) unterstützen. Es wurden in diesem Zusammenhang vielfältige Versuche unternommen, den Kompetenzbereich Bewertung zu modellieren (zur Übersicht: Hostenbach et al., 2011). Besonders für Gestaltungssituationen nachhaltiger Entwicklung wurde in der Biologiedidaktik das Göttinger Modell der Bewertungskompetenz entwickelt (Eggert & Bögeholz, 2006), das vier Teilkompetenzen mit je vier Niveaustufen unterscheidet. Insbesondere die Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ wurde vielfach untersucht und mittlerweile empirisch validiert (Eggert & Bögeholz, 2010). Bewertungsstrukturwissen, d. h. Meta-Wissen über Entscheidungsprozesse, wird als wichtig für die Ausbildung von Bewertungskompetenz angesehen (Bögeholz et al., 2004). Bezogen auf den Physikunterricht sind Ansätze zur Förderung und Messung von Bewertungskompetenz bislang rar (Höttecke & Wodzinski, 2013).

Ziel der im vorliegenden Beitrag vorgestellten Studie (Sander, 2012) war die Evaluation einer Intervention zur Vermittlung von Bewertungsstrukturwissen und die Entwicklung eines entsprechenden Testinstruments für den Physikunterricht in Anlehnung an Eggert (2008). Die Vermittlung von Bewertungsstrukturwissen erwies sich dabei als wirksam zur Förderung von Bewertungskompetenz. Im Anschluss wird ein Nachfolgeprojekt umrissen, das die Rolle von Intuitionen und Emotionen beim Urteilen und Entscheiden explorativ-rekonstruktiv untersucht.

#### **Studiendesign**

Die Intervention war in ein Pre-Post-Test-Design mit einer Interventions- (n=16) und zwei Kontrollgruppen (n=12 bzw. n=18) in acht Klassen zweier Hamburger Gymnasien eingebettet. Das Testinstrument wurde zunächst in einem mehrstufigen Prozess entwickelt, mit LehrerInnen argumentativ validiert und an einer weiteren achten Klasse präpilotiert. So entstanden zwei von der Struktur der Aufgaben her gleiche Aufgabensets mit jeweils einer Planungs-, Entscheidungs- und Reflexionsaufgabe:

- Planungsaufgaben erfordern das Generieren von Optionen zu einem gegebenen Entscheidungsproblem. Hierbei wurden die SchülerInnen hinsichtlich der Anzahl genannter Optionen und Anzahl der berücksichtigten Attribute unterschieden.
- Entscheidungsaufgaben erfordern das Treffen und Begründen einer eigenen Entscheidung. Hohe Kompetenz zeichnet sich dabei im Göttinger Modell durch die Nutzung elaborierter, abwägender Entscheidungsstrategien aus.
- Reflexionsaufgaben verlangen, dass die in den Aufgaben geschilderten Entscheidungsstrategien fiktiver Personen detailliert beschrieben werden.

Die beiden strukturgleichen Aufgabensets (im Folgenden A, B) fanden in der Hauptstudie Verwendung und wurden in jeder der Klassen im Kreuz-Design eingesetzt (je eine zufällig ausgewählte Halbgruppe jeder Klasse bearbeitete die Sets in der Reihenfolge A-B, die andere in B-A). Das Treatment umfasste die vergleichsweise kurze Zeit einer Doppelstunde. Der Unterricht wurde von den regulären Physiklehrpersonen erteilt. Im Rahmen des Treatments sollte Bewertungsstrukturwissen anhand eines Verfahrens zur systematischen Bewertung von Mobiltelefonen mit Hilfe eines tabellarischen Vergleichs erworben werden

(vgl. Ahlf-Christiani et al., 2003). Die Schülerlösungen wurden mittels eines a priori vorgegebene Leitfadens codiert, der während der Auswertung um Ankerbeispiele und weitere Erläuterungen ergänzt wurde.

### Ergebnisse

Die Aufgaben bestanden jeweils aus mehreren offenen Items und wurden nach dem in der Studie entwickelten Leitfaden kodiert. Dies führte zu insgesamt zufriedenstellenden Inter-Rater-Übereinstimmungen (Fleiss'  $\kappa$  für  $m=3$  unabhängige Rater für die Kodierung von  $N=20$  Items je Aufgabe:  $.62 \leq \kappa \leq .95$ ). Zwei der insgesamt 12 kodierten Items wurden aufgrund geringer Inter-Rater-Übereinstimmung verworfen. Die Pre- und Post-Tests wurden hinsichtlich der in den einzelnen Aufgaben erzielten Mittelwerte miteinander verglichen. In der Interventionsgruppe konnte – trotz der sehr kurzen Dauer der Intervention zum Erwerb von Bewertungsstrukturwissen – eine deutliche Steigerung der Bewertungskompetenz beobachtet werden, in Bezug auf die Entscheidungsaufgaben war sie erwartungsgemäß signifikant ( $T=0$ ,  $p=.003$ , Wilcoxon-Test), da die Intervention v. a. diese Teilfähigkeit thematisierte. In den Kontrollgruppen gab es keine signifikanten Veränderungen.

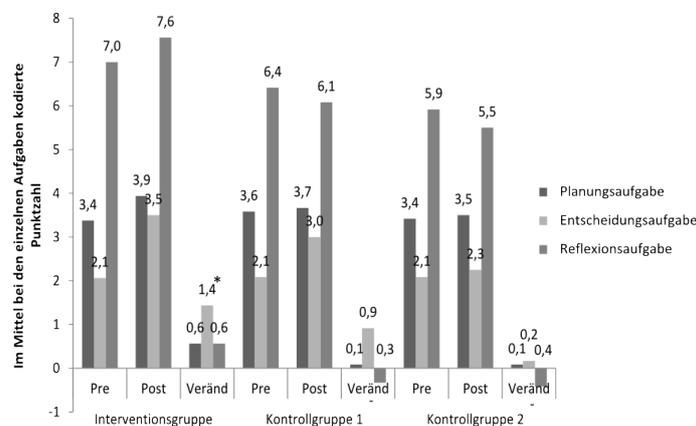


Abb. 1: Überblick über die Ergebnisse der Interventionsstudie. Es ist jeweils der Mittelwert der bei einer Aufgabe kodierten Punktzahl aufgetragen. Signifikante Änderungen sind gekennzeichnet.

Die Ergebnisse deuten unter der Einschränkung des geringen Sample-Umfangs darauf hin, dass das entwickelte Instrument zur Messung von Bewertungskompetenz geeignet ist. Selbst durch ein kurzes Treatment zum Erwerb von Bewertungsstrukturwissen können positive Effekte auf Bewertungskompetenz nachgewiesen werden.

Darüber hinaus fanden sich in den Antworten der SchülerInnen vielfältige Hinweise auf intuitive Bewertungsstrategien. Die folgenden Zitate stammen aus den Antworten zu einer Reflexionsaufgabe, die die Beschreibung von Bewertungsstrategien der fiktiven Personen „Anna“ und „Finn“ erforderte. Es konnte beobachtet werden, dass einige SchülerInnen deutlich zwischen der Bewertungsstrategie und präferiertem Bewertungsergebnis unterschieden. Das Ergebnis wird dann nicht als Konsequenz der genutzten Strategie gedeutet, sondern beides als unabhängig voneinander betrachtet: „Ich finde Anna's ENTSCHEIDUNG besser [,] aber Finn's VORGEHEN würde ich wählen“ (Schülerin Lisa, Großschreibung i.O.).

Andere SchülerInnen beschrieben jeweils gerade diejenige Strategie als angemessener, die ihre eigene, möglicherweise intuitive, Entscheidung stützte: „Bei Anna kann ich nicht meckern, weil das auch meine Entscheidung wäre“ (Schülerin Mareike).

Beide Befunde können im Sinne von Haidt (2001) so gedeutet werden, dass SchülerInnen oftmals intuitiv entscheiden und, wenn sie dazu aufgefordert werden, ihre Entscheidung gegenüber Dritten post-hoc argumentativ rechtfertigen. Das Göttinger Modell setzt hingegen – wie auch die meisten anderen derzeit diskutierten Kompetenzmodelle – einen rationalen Entscheider voraus und modelliert Bewertungskompetenz im Sinne der Rational-Choice-Theory (Höble & Menthe, 2013, im Druck). Die detaillierte Auseinandersetzung mit solchen intuitiven Urteilen und den sie evozierenden Kontextmerkmalen kann die Weiterentwicklung vorhandener Kompetenzmodelle anleiten.

### Diskussion und Ausblick

Die vorgestellte Studie konnte zeigen, dass sich über Paper-and-Pencil-Testinstrumente erfasste Bewertungskompetenz bereits durch kurze Interventionen deutlich verbessern lässt. Das im Rahmen dieser Studie entwickelte Instrument ist zur Messung prinzipiell geeignet. Es zeigte sich jedoch Weiterentwicklungsbedarf der zugrunde liegenden Kompetenzmodelle. Insbesondere scheint unklar, inwieweit Emotionen der SchülerInnen die Nutzung bzw. Nicht-Nutzung intuitiver Bewertungsstrategien nahelegen oder nicht. Deshalb wird in einem anschließenden Folgeprojekt in einem rekonstruktiv-qualitativen Vorgehen versucht, die Binnenstruktur und Situativität von Bewertungskompetenz näher zu untersuchen. Hierzu dienen kurze Textvignetten als Interviewstimuli, deren Kontext systematisch variiert wird. Die Auswertung der Interviews erfolgt nach der Dokumentarischen Methode (Nohl, 2012).

### Literatur

- Ahlf-Christiani, C., et al. (2003). Förderung der Urteilskompetenz im Fachunterricht der Sekundarstufe I und II. [http://www.dekade.org/transfer\\_21/wsm/09.pdf](http://www.dekade.org/transfer_21/wsm/09.pdf) (25.7.2013).
- Bögeholz, S. (2011). Bewertungskompetenz im Kontext Nachhaltiger Entwicklung: Ein Forschungsprogramm. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Potsdam 2010 (S. 32–46). Berlin u.a.: LIT.
- Bögeholz, S., Höble, C., Langlet, J., Sander, E., & Schlüter, K. (2004). Bewerten – Urteilen Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle in der Biologiedidaktik. *ZfDN*, 10(1), 89-115.
- Eggert, S. (2008). *Bewertungskompetenz für den Biologieunterricht - Vom Modell zur empirischen Überprüfung*. Dissertation. Universität Göttingen.
- Eggert, S., & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz – Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. *ZfDN*, 12, 177-197.
- Eggert, S., & Bögeholz, S. (2010). Students' Use of Decision-Making Strategies With Regard to Socioscientific Issues: An Application of the Rasch Partial Credit Model. *Science Education*, 94(2), 230-258.
- Haan, G. de, Kamp, G., Lerch, A., Martignon, L., Müller-Christ, G., & Nutzinger, H.-G. (2008). *Nachhaltigkeit und Gerechtigkeit. Grundlagen und schulpraktische Konsequenzen*. Berlin u.a.: Springer.
- Haidt, J. (2001). The Emotional Dog and Its Rational Tail: A Social Intuitionist Approach to Moral Judgement. *Psychological Review*, 118(4), 814–834.
- Hostenbach, J., Fischer, H.E., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2011). Modellierung der Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften zur Evaluation der Nationalen Bildungsstandards. *ZfDN*, 17, 261-288.
- Höble, C., & Menthe, J. (2013 - im Druck). Bewerten und Entscheiden, aber wie?. In J. Menthe, D. Höttecke, I. Eilks & C. Höble (Hrsg.), *Handeln in Zeiten des Klimawandels – Bewerten Lernen als Bildungsaufgabe*. Münster: Waxmann.
- Höttecke, D., & Wodzinski, R. (Hrsg.) (2013). Themenheft "Kompetenzbereich Bewertung – Anregungen zu den Bildungsstandards". *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, 24(134).
- Nohl, A.-M. (2012). *Interview und dokumentarische Methode*. 4. Auflage. Wiesbaden: Springer VS.
- Sander, H. (2012). *Der Einfluss von Bewertungsstrukturwissen auf Bewertungskompetenz bei Schülern/innen - Instrumententwicklung und -erprobung*. Universität Hamburg, unveröff. Masterarbeit.

## **Interventionsstudie zum Physiktreff (Physikstudium)**

### **Ausgangslage und Zielsetzung**

Hohe Abbruchquoten in den Naturwissenschaften von über 30% (im Mittel aller Studiengänge sind es „nur“ ca. 20%) (Heublein et al., 2010) führten an der Universität Paderborn zur Initiierung des Projektes „Heterogenität als Chance“ (gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung). Dazu gehört auch die Einrichtung von Lernzentren im MINT-Bereich. Darunter fällt auch das „Lernzentrum Physiktreff“, das durch betreutes Lernen und verschiedene Unterstützungsmaßnahmen auf den Förderbedarf der Mono-Bachelor- und Lehramtsstudierenden ausgelegt ist.

Um eine Grundlage für zielgerichtete und wirkungsvolle Maßnahmen zu bilden, wurde eine erste Bedarfserhebung durchgeführt und eine theoretische Fundierung anhand von Studien zum Studienabbruch erstellt. Beispielhaft sind hier folgende zwei Studien zu nennen, in denen die Identifikation der Hauptursachen von Studienabbruch durch Untersuchungen von Selbsteinschätzungen stattfand:

Eine Studie des HIS (Heublein et al., 2010) ergab, dass gerade Leistungsprobleme, d. h. zu hohe Studienanforderungen und zu viel Studien- und Prüfungsstoff für Studienabbruch verantwortlich sind. Die Dissertation von André Albrecht lieferte Bedingungsfaktoren für den Studienerfolg bei Physikstudierenden. Hauptursachen für einen Studienabbruch, so Albrecht (2011), seien inhaltliche Anforderungen z. B. unzureichende mathematische/physikalische Vorkenntnisse, Zeitmangel zur Behebung dieser Defizite, unzureichende Informiertheit über die Anforderungen zu Studienbeginn und die mangelnde Studienmotivation. Aber auch die Studienbedingungen haben großen Einfluss auf den Studienerfolg. Albrecht schreibt dazu:

*„Erhöht sich die Ausprägung in der Zufriedenheit mit der Betreuung und Unterstützung, beispielsweise in der ‚Unterstützung bei Lern- und Arbeitsschwierigkeiten‘ oder bei der ‚Vermittlung von Lerntechniken und -strategien‘, um eine Ausprägung, so sinkt die Chance einer Exmatrikulation in etwa um den Faktor 10“ (Albrecht, 2011, S. 102).*

Auf Grundlage der von Albrecht ermittelten Bedingungsfaktoren wurden konkrete Unterstützungsmaßnahmen entwickelt, welche im Kontext des „Lernzentrums Physiktreff“ implementiert wurden und evaluiert werden sollen.

### **Einordnung des Interventionsdesigns**

Als Grundlage für die theoretische Einordnung der Maßnahmen in einen Wirkzusammenhang dient das allgemeine theoretische Modell des Studienerfolgs (Thiel et al., 2008) (siehe Abb. 1). Das Modell beschreibt folgenden Wirkzusammenhang: Die Eingangsvoraussetzungen, die Kontextbedingungen und die Studienbedingungen wirken sich auf das Studier- und Lernverhalten der Studierenden aus, welches sich letztendlich im Studienerfolg niederschlägt. Die Eingangsvoraussetzungen sowie die Kontextbedingungen sind durch das Lernzentrum Physiktreff nicht beeinflussbar, die Studienbedingungen werden aber eben gerade durch ein neues Betreuungs- und Unterstützungskonzept bestehend aus Angeboten und Maßnahmen des Lernzentrums verändert. Da nach Schiefele, Streblow und Brinkmann (2007) Lernstrategien einen signifikanten Unterscheid zwischen Weiterstudierenden und (Spät-) Abbrechern ausmachen, werden jene durch die Maßnahmen gefördert. Dabei wird der Fokus auf Lernschwierigkeiten, Lernen mit anderen, Anstrengungs- und Zeitmanagement gesetzt (nach Albrecht, 2011, S. 57).

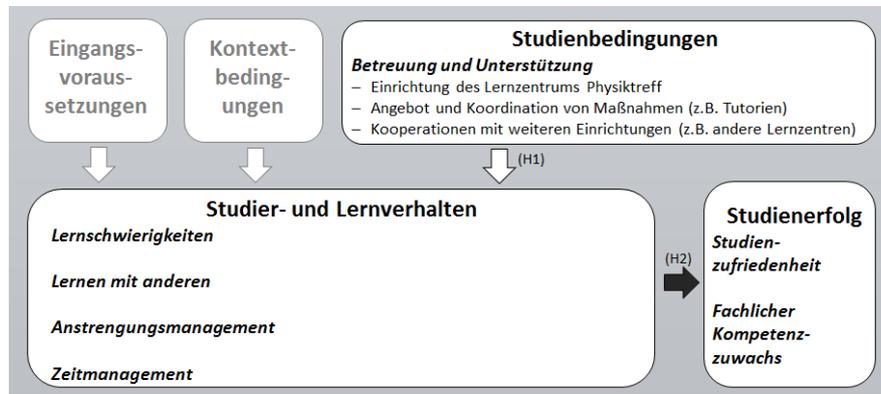


Abb. 1: Einordnung der Interventionen in das allgemeine theoretische Modell des Studienerfolgs - Modell nach Albrecht (2011) und Thiel et al. (2008)

Die unterstützenden Maßnahmen werden entweder nach dem Prinzip der minimalen Hilfe (Zech, 1995) selbst entwickelt oder sind bereits erprobte Instrumente aus anderen Projekten (beispielsweise Pusch & Theißen, 2011). Diese sollen sich wiederum auf den Studienerfolg auswirken, welcher in diesem Projekt durch Studienzufriedenheit und fachlichen Kompetenzzuwachs modelliert wird.

Daraus ergeben sich folgende **Forschungshypothesen**:

H1: Das Studier- und Lernverhalten der Teilnehmer der Interventionsmaßnahmen (Probanden) ist abhängig vom Grad der Nutzung des Lernzentrums Physiktreff.

H2: Die Probanden weisen abhängig von der Teilnahme an den Interventionsmaßnahmen einen höheren Studienerfolg auf.

Weiterhin soll untersucht werden, welche Merkmale die Probanden besitzen, die an den Maßnahmen teilnehmen (F).

### Messinstrumente

Zunächst werden die Eingangsvoraussetzungen und die für uns interessanten Kontextbedingungen der gesamten Kohorte (Studienanfänger Lehramt Physik alle Schulformen und Fachbachelor WS 13/14) erfasst. Das ermöglicht einen Vergleich von Personen, die an einzelnen Maßnahmen oder gar nicht teilgenommen haben (F).

Für einen Gruppenvergleich werden zusätzlich die Bedingungsfaktoren des Studier- und Lernverhaltens und die Studienzufriedenheit erfasst (H1) (nach Thiel et al., 2008; Schiefele et al., 2002). Außerdem findet eine Messung des fachlichen Kompetenzzuwachses durch eine Prä-Post-Erhebung (Woitkowski et al., 2011, 2012) statt. Zusammen mit der Erhebung der Studienzufriedenheit kann so der Zusammenhang von der Teilnahme an einzelnen Interventionen und dem Studienerfolg modelliert und untersucht werden (H2).

### Ausblick

Auf Basis der Analysen wird nach dem Prinzip des Design-Based Research das Interventionsmaßnahmen-Design weiterentwickelt und auch qualitativ untersucht werden, um tiefergehende Erkenntnisse zu gewinnen.

### Literatur

Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Online verfügbar unter [www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS\\_derivate\\_000000010456/Dissertation\\_Druckversion\\_Andre\\_Albrecht\\_UB.pdf](http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000010456/Dissertation_Druckversion_Andre_Albrecht_UB.pdf), zuletzt geprüft am 31.07.2013.

- Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D., & Besuch, G. (2010). Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/2008. Volume 8. Eine Studie der HochschulInformationsSystem GmbH (HIS). Online verfügbar unter [www.his.de/pdf/21/studienabbruch\\_ursachen.pdf](http://www.his.de/pdf/21/studienabbruch_ursachen.pdf), letzter Zugriff: 24.07.2013.
- Pusch, A., & Theyßen, H. (2011). Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung in der fachwissenschaftlichen Lehramtsausbildung Physik. am Beispiel einer Diagnosecheckliste zur Bearbeitung von Übungsaufgaben. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung (S. 1-6). Online verfügbar unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/viewFile/257/413#>, zuletzt geprüft am 06.08.2013.
- Schiefele, U., Moschner, B., & Husstegge, R. (2002). Skalenhandbuch SMILE-Projekt. Unveröffentlichtes Manuskript, Universität Bielefeld, Abteilung für Psychologie.
- Schiefele, U., Streblow, L., & Brinkmann, J. (2007). Aussteigen oder Durchhalten. Was unterscheidet Studienabbrecher von anderen Studierenden? Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie (39). Online verfügbar unter <http://www.psychcontent.com/content/62k65336gt3hg307/>, zuletzt geprüft am 19.09.2013.
- Thiel, F., Veit, S., Blüthmann, I., & Lepa, S. (2008). Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der Freien Universität Berlin. Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie, FU Berlin. Online verfügbar unter [www.fu-berlin.de/universitaet/entwicklung/qualitaetsmanagement/bachelorbefragung/bachelorbefragung-2008.pdf?1304061426](http://www.fu-berlin.de/universitaet/entwicklung/qualitaetsmanagement/bachelorbefragung/bachelorbefragung-2008.pdf?1304061426), zuletzt geprüft am 24.07.2013.
- Woitkowski, D., Riese, J., & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. ZfDN, 17, 289-313. Online verfügbar unter <http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn/jg17.html#Art012>, zuletzt geprüft am 06.08.2013.
- Woitkowski, D., Riese, J., & Reinhold, P. (2012). Messung des Fachwissens von Physikstudenten. Erste Ergebnisse einer Pilotstudie. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung (S. 1-8). Online verfügbar unter <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/viewFile/337/459#>, zuletzt geprüft am 06.08.2013.
- Zech, F. (1995). Mathematik erklären und verstehen, 2. Auflage, Cornelsen Verlag, Berlin.

## Selbstreguliertes Lernen und Lernerfolg an der Universität

### Theoretischer Hintergrund

In allen Studiengängen an deutschen Universitäten sind Studienabbrüche ein verbreitetes Problem. Studierende, die ihr Studium abbrechen, sind solche, die ein Studium an einer Hochschule aufnehmen und dieses vor dem erfolgreichen Abschließen dieses Studienganges wieder beenden (Ulriksen, Madsen & Holmegaard, 2010). In Deutschland sind Studiengänge des Faches Chemie mit einer Studienabbruchquote von 43 % konfrontiert (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2012). Der größte Teil der Studierenden (33 %) gibt dabei an, dass Sie Ihr Chemiestudium aufgrund von Leistungsproblemen beenden (Heublein, Schmelzer & Sommer, 2008). Chemie ist dabei das Fach mit den meisten Nennungen von Leistungsproblemen als Hauptgrund für den Studienabbruch. Demgegenüber wurden von Freyer (2013) Prädiktoren für den Studienerfolg bei Studierenden des Faches Chemie im ersten Semester an vier Universitäten in Deutschland untersucht. Dabei erwiesen sich die Abiturnote, das Vorwissen und das Studium im Wunschstudiengang als relevante Prädiktoren. Insgesamt klärten diese Variablen jedoch im Mittel nur 28,2 % der Varianz im Lernerfolg auf. Die Studie von Freyer (2013) berücksichtigte allerdings nicht die Variable „Selbstreguliertes Lernen (SRL)“. In der Literatur finden sich jedoch Hinweise darauf, dass SRL bei Lernenden einen positiven Effekt auf deren akademische Leistung haben kann (z. B. Pintrich & de Groot, 1990). SRL kann folgendermaßen definiert werden:

*„Selbstreguliertes Lernen ist ein aktiver, konstruktiver Prozess, bei dem der Lernende sich Ziele für sein Lernen selbst setzt und zudem seine Kognitionen, seine Motivation und sein Verhalten in Abhängigkeit von diesen Zielen und den gegebenen äußeren Umständen beobachtet, reguliert und kontrolliert.“* (Otto, Perels & Schmitz, 2011, S. 34)

Nach dem Prozessmodell von Schmitz (2001) ist SRL ein zirkulärer metakognitiver Prozess, der aus drei Phasen besteht (siehe Abb. 1): einer präaktionalen Phase, in der der Lernende das Lernen plant, einer aktionalen Phase, in der das Lernen durchgeführt und überwacht wird und einer postaktionalen Phase, in der der Lernende sein Lernen reflektiert und bewertet. Dieser Prozess bzw. die Fähigkeit, diesen Prozess adäquat durchzuführen, kann trainiert werden (Perels, Landmann & Schmitz, 2007). Besonders effektiv sind solche Trainings, wenn wenige Strategien trainiert werden und diese auf einen bestimmten fachlichen Lerninhalt bezogen werden (Dole, Duffy, Roehler & Pearson, 1991).

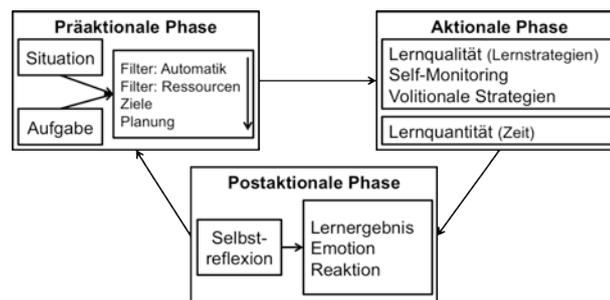


Abb. 1: Phasenmodell des SRL nach Schmitz (2001)

Die SRL-Fähigkeit wird aufgrund der hohen Ökonomie und guter Testkennwerte, häufig mittels Lernstrategiefragebögen gemessen (Spörer & Brunstein, 2006). Diese stehen jedoch in der Kritik, da die Ergebnisse häufig nicht mit dem Lernerfolg korrelieren (Artelt, 2000). Möglicherweise pauschalisieren Lernende ihre Lernhandlungen oft, berücksichtigen aber nicht die spezifische Lernsituation (Artelt, 2000). Sie geben also an, eine bestimmte Lernhandlung oft auszuführen, tun dies tatsächlich aber nicht. Leopold (2009) konnte zeigen, dass mittels eines Fragebogens, der handlungsnah, also bezogen auf eine bestimmte Lerntätigkeit, eingesetzt wurde, der Lernerfolg besser vorausgesagt werden kann.

### Ziele

Durch diese Studie soll der Effekt von SRL auf den Lernerfolg von Studienanfängerinnen und -anfängern im Fach Chemie untersucht werden. Weiterhin soll ein Fragebogen entwickelt, mit dem der Einsatz von SRL handlungsnah (bezogen auf eine bestimmte Lernsituation) erfasst werden kann.

### Design und Methoden

Um das Forschungsziel zu verfolgen, wird eine Interventionsstudie durchgeführt (siehe Abb. 2). Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Studie sind Studierende im ersten Semester im Fach Chemie für das Lehramt an der Universität Duisburg-Essen ( $N \approx 100$ ). In der Studie wird in den Übungsgruppen zur Allgemeinen Chemie ein SRL-Training eingesetzt werden, dass sich am Phasenmodell von Schmitz (2001; siehe Abb. 1) orientiert. Das Training umfasst sowohl metakognitive Lernstrategien (Planen, Zielsetzung, Self-Monitoring,...) als auch das Concept-Mapping als kognitive Lernstrategie.

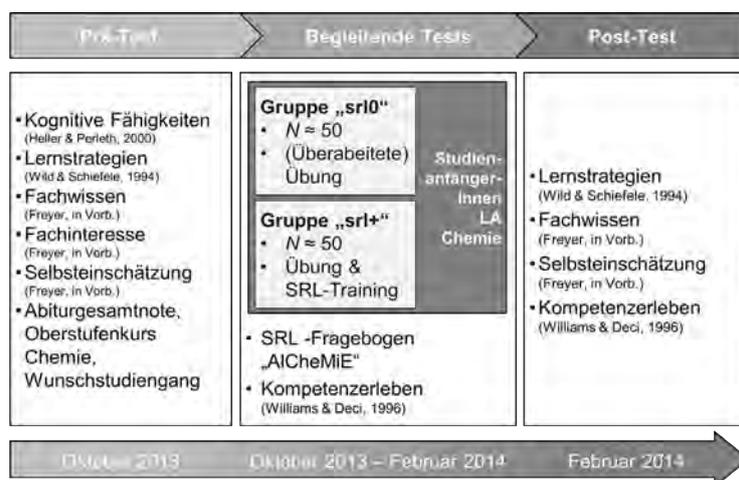


Abb. 2: Design und Instrumente der Hauptstudie

Die Hauptstudie läuft von Oktober 2013 bis Februar 2014. Hierfür werden die Probanden in zwei Gruppen – eine Interventionsgruppe (srl+) und eine Kontrollgruppe (srl0) – aufgeteilt. Die Kontrollgruppe (srl0) arbeitet mit einer überarbeiteten Version des üblicherweise eingesetzten Lernmaterials (Problemlöseaufgaben, die um fachliche Beispielaufgaben erweitert wurden). Die Interventionsgruppe (srl+) erhält dieselben Materialien und zusätzlich das SRL-Training. Die Verteilung der Studierenden auf die Gruppen erfolgte zufällig. Die Studierenden nahmen freiwillig an der Studie teil und erhielten nach der Studie eine geringe Vergütung als Dankeschön. In beiden Treatmentgruppen werden der Lernerfolg (Freyer, 2013), der Lernstrategieeinsatz (LIST; Wild & Schiefele, 1994) und die Selbsteinschätzung

des Fachwissens (Freyer, 2013) in einem Pre-Post-Testdesign erhoben (siehe Abb. 2). Zusätzlich werden noch zu Beginn des Semesters die kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) sowie am Ende des Semesters das Kompetenzerleben (Williams & Deci, 1996) erhoben. Weiterhin werden die Studierenden nach Ihrer Abiturnote befragt und danach, ob das Fach, das Sie zurzeit studieren, ihr Wunschfach ist und, ob und wie lange sie in ihrer Schulzeit Chemie belegt haben. Um den Einsatz von SRL in der Übung handlungsnah erfassen zu können, kommt der Fragebogen *AlCheMiE* (*Allgemeine Chemie Metakognitionsinventar Essen*) mit Items, die teils neu entwickelt und teils aus bestehenden Inventaren (z.B. LIST; Wild & Schiefele, 1994) adaptiert wurden, zum Einsatz.

### Erste Ergebnisse der Pilotstudie

Der Lernstrategie-Fragebogen *AlCheMiE* zeigt in der im WS 12/13 durchgeführten Pilotstudie eine gute innere Konsistenz mit  $\alpha > 0.8$  bei jedem Messzeitpunkt. Bezogen auf das Training deuten sich positive Effekte auf den Lernerfolg an.

### Literatur

- Artelt, C. (2000). Strategisches Lernen (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 18), Münster: Waxmann.
- Dole, J. A., Duffy, G. G., Roehler, L. R., & Pearson, P. D. (1991). Moving From the Old to the New. Research on Reading Comprehension Instruction. *Rev Educ Res*, 61(2), 239-264. Zugriff am 12.05.2012. Verfügbar unter <http://rer.sagepub.com/content/61/2/239.full.pdf>.
- Freyer, K. (2013). Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemestrierender im Fach Chemie. Dissertation, Universität Duisburg-Essen. Essen.
- Heller, K., & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision. KFT 4-12+ R. Göttingen: Betz Test.
- 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 Nr. 3/2012), Hannover. Zugriff am 26.06.2012. Verfügbar unter [www.his.de/pdf/pub\\_fh/fh-201203.pdf](http://www.his.de/pdf/pub_fh/fh-201203.pdf).
- Heublein, U., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2008). Die Entwicklung der Studienabbruchquote an den deutschen Hochschulen. Ergebnisse einer Berechnung des Studienabbruchs auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2006 (HIS:Projektbericht Nr. 02/2008). : Hochschul-Informations-System. Zugriff am 26.04.2012. Verfügbar unter <http://www.his.de/pdf/21/his-projektbericht-studienabbruch.pdf>.
- Leopold, C. (2009). Lernstrategien und Textverstehen. Spontaner Einsatz und Förderung von Lernstrategien (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 76, ). Münster: Waxmann.
- Otto, B., Perels, F., & Schmitz, B. (2011). Selbstreguliertes Lernen. In H. Reinders, H. Ditton, C. Gräsel & B. Gniewosz (Hrsg.), *Empirische Bildungsforschung* (S. 33-44). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. Verfügbar unter <http://www.springerlink.com/content/j16228rg8x434kw2/>
- Perels, F., Landmann, M., & Schmitz, B. (2007). Trainingskonzeption und Selbstregulation. In M. Landmann & B. Schmitz (Hrsg.), *Selbstregulation erfolgreich fördern. Praxisnahe Trainingsprogramme für effektives Lernen* (S. 19-31). Stuttgart: Kohlhammer.
- Pintrich, P. R., & de Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33-40.
- Schmitz, B. (2001). Self-Monitoring zur Unterstützung des Transfers einer Schulung in Selbstregulation für Studierende. Eine prozessanalytische Untersuchung. *Z Padagog Psychol*, 15(3), 181-197. Zugriff am 09.05.2012. Verfügbar unter <http://psycontent.metapress.com/content/570852q67w1v2338>
- Spörer, N., & Brunstein, J. C. (2006). Erfassung selbstregulierten Lernens mit Selbstberichtsverfahren. Ein Überblick zum Stand der Forschung. *Z Padagog Psychol*, 20(3), 147-160. Verfügbar unter <http://psycontent.metapress.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.1024/1010-0652.20.3.147>
- Ulriksen, L., Madsen, L. M., & Holmegaard, H. T. (2010). What do we know about explanations for drop out/opt out among young people from STM higher education programmes? *Studies in Science Education*, 46 (2), 209-244. Zugriff am 12.06.2012. Verfügbar unter <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/03057267.2010.504549>
- Wild, K.-P., & Schiefele, U. (1994). Lernstrategien im Studium. Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragebogens. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 15 (4), 185-200. Zugriff am 19.01.2012. Verfügbar unter <http://opus.kobv.de/ubp/volltexte/2009/3363/>
- Williams, G. C., & Deci, E. L. (1996). Internalization of biopsychosocial values by medical students: A test of self-determination theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70(4), 767-779.

### Interviewstudie zu Beliefs in der Studieneingangsphase

Im Rahmen einer dreisemestrigen Längsschnittstudie wurden ab dem Wintersemester 2011/12 die fachbezogenen Beliefs von Studierenden einer neu konzipierten Lehrveranstaltungsreihe zur Experimentalphysik an der Freien Universität Berlin erhoben (Strelow & Nordmeier, 2013). Aufbauend auf diese Befragung wurde im Sommersemester 2013 eine weiterführende Interviewstudie durchgeführt, mit dem Ziel, das Wissen von fachbezogenen Beliefs abzugrenzen und Veränderungen bzw. Entwicklungen im Rahmen der Studieneingangsphase zu identifizieren. Im Folgenden werden zunächst die Stichprobe und das Studiendesign vorgestellt, im Anschluss erste Befunde zu Veränderungen und den Ansichten der Studierenden dargelegt und abschließend kurz diskutiert.

#### Stichprobe

Von den  $N = 26$  Kombibachelor-Studierenden, die im Wintersemester 2011/12 ihr Studium aufnahmen, wurden bei  $N = 11$  Studierenden im Rahmen der Experimentalphysikvorlesungen über die ersten drei Studiensemester drei Mal die Ansichten über ausgewählte Aspekte fachbezogener Beliefs per sechsstufigem Likert-Skalen Fragebogen erhoben. Nach dem dritten Semester konnten  $N = 6$  Studierende der Kohorte zusätzlich im Rahmen einer Interviewstudie befragt werden. Zusätzlich wurden vier Studierende interviewt, die nicht zu allen Messzeitpunkten an der Befragung teilnahmen, jedoch trotzdem die gleichen Veranstaltungen besucht hatten. Im Folgenden soll aber zunächst auf die  $N = 6$  Studierenden eingegangen werden, um einen Bezug zur Längsschnitt-Befragung herstellen zu können.

Die Stichprobe der Studierenden weist heterogene Studieneingangsvoraussetzungen hinsichtlich der Kurswahl in der Oberstufe, der Studien- oder beruflichen Vorerfahrungen, der Motivation zum Studienfach, der Wahrnehmung der Studieneingangsphase und der Nebenfächer auf.

#### Studiendesign

Die leitfadengestützten Interviews bestehen aus zwei Teilen: Zunächst wird ein offener Erzählimpuls zum Einstieg in das Physik-Lehramtsstudium gegeben, um das Gespräch im Sinne eines *episodischen Interviews* (Flick, 1995) zu eröffnen. Der zweite Teil ist ein *fokussiertes Interview* (Hopf, 2012), bei dem die fachbezogenen Beliefs der Befragung aufgegriffen werden und zudem auf Begründungen und Beispiele ebendieser eingegangen wird. Die Zweiteilung des Interviews impliziert die Notwendigkeit zwei verschiedener Arten der Auswertung.

Die Aussagen über das Studium aus dem ersten Teil werden zunächst mittels einer *zusammenfassenden Inhaltsanalyse* (Mayring, 2010) untersucht, um so ein Kategoriensystem zu entwickeln. Hier wird das Datenmaterial zunächst von zwei Personen unter Verwendung von MAXQDA kodiert und im Anschluss ein Kategoriensystem extrahiert. Einen wesentlichen Schwerpunkt der Analyse stellen dabei die von den Studierenden geäußerten Veränderungen während des Studiums dar. Sie werden mittels des „Integrative Personal Epistemology Model“ (Bendixen & Rule, 2004) ausgewertet, bei dem der Veränderungsprozess so beschrieben wird, dass zunächst bestimmte Bedingungen erfüllt sein müssen, um eine Veränderung herbeizuführen. Besteht z. B. ein Zweifel an den Beliefs, muss auch der Wille bestehen, sie zu verändern. In diesem Fall müssen Lösungsstrategien gefunden und umgesetzt werden können, um die Beliefs weiterzuentwickeln (Bendixen & Rule, 2004).

Der zweite Teil des Interviews bezieht sich auf die Längsschnittstudie. Im Interview wurden die Studierenden mit den von ihnen in der Längsschnittbefragung geäußerten Beliefs (vgl. Tabelle 1) konfrontiert und gebeten, sich hinsichtlich der Mittelwerte zu positionieren, die Entscheidung zu begründen und entsprechende Beispiele zu nennen.

Die Begründungen zu den Einschätzungen der im Längsschnitt befragten fachbezogenen Beliefs werden zunächst entsprechend zugeordnet und dann mittels *zusammenfassender Inhaltsanalyse* (Mayring, 2010, S. 67 ff) ausgewertet. Die Aussagen zu wissenschaftstheoretischen Grundbegriffen, wie z. B. Theorie und Gesetz, werden mittels *explizierender Inhaltsanalyse* (Mayring, 2010, S. 85 ff.) ausgewertet. In beiden Fällen wird das Datenmaterial durch zwei Personen unter Verwendung von MAXQDA kodiert und anschließend die Inter-coderreliabilität bestimmt.

### **Erste Befunde – Veränderungen während der Studieneingangsphase**

Am Beispiel von Auszügen eines Interviews soll im Folgenden kurz aufgezeigt werden, dass bei der Analyse der Interviews Passagen gefunden werden können, die Rückschlüsse auf die Veränderung der Beliefs im Studium und den oben dargestellten Veränderungsprozess zulassen. Die Ansicht, dass *Vorstellungen* in der Physik hilfreich sind, stellt ein solches Beispiel einer Veränderung dar: Zunächst stellt die interviewte Person heraus, dass es geholfen hat, sich Kräfte vorzustellen: „also mir hat das unglaublich geholfen, beispielsweise mir Kräfte vorzustellen, wie sie wirken etc.“. Zweifel am Nutzen von Vorstellungen entwickeln sich bei der interviewten Person während der Quantenmechanik-Vorlesung: „Aber in der Quantenmechanik habe ich am Anfang versucht mir Sachen vorzustellen, und das ist natürlich total falsch“. Die Konsequenz daraus ist, dass das klassische Bild zunächst in den Hintergrund gedrängt wird, um einen Neuanfang zu machen: „Musst erstmal dieses klassische Bild der Physik dir total wegschieben und musst einen kompletten Neuanfang machen“. Dabei wird sich mit der begrenzten Möglichkeit von Vorstellungen zunächst erst abgefunden: „Sich Sachen vorstellen können und sich irgendwann damit abfinden, dass man nicht alles vorstellen kann in der Physik“. Die Situation wird dabei von der interviewten Person als anstrengend empfunden: „Und das ist echt schwer. Also das, deswegen ist dieses Semester für mich, oder Physik, so unglaublich ja unglaublich [kurze Pause] zermürbend“.

### **Diskussion der Ergebnisse – Veränderungen während der Studieneingangsphase**

Im eben genannten Beispiel zeigt sich, dass die interviewte Person im Lauf der ersten Semester die Beliefs hinsichtlich der Vorstellungen in der Physik anzweifelt und versucht zu modifizieren. Nicht klar wird, inwieweit die/der Studierende seine Einstellung nun wirklich verändert, oder ob nun zwei Beliefs „koexistieren“, wie es beispielsweise in Edmondson und Nowak (1993) anhand der Beliefs der dort befragten College-Studierenden aufgezeigt wurde. Dies könnte dann bedeuten, dass die/der Studierende in Bezug auf die klassische Physik weiterhin die Ansicht vertritt, dass Vorstellungen hilfreich für das Verständnis sind. In der Quantenmechanik hingegen würde die Ansicht vertreten, dass Vorstellungen hier nicht hilfreich sind.

### **Erste Befunde – Fachbezogene Beliefs in der Studieneingangsphase**

Die im Längsschnitt erhobenen fachbezogenen Beliefs umfassen die in der folgenden Tabelle dargestellten Aspekte. Die genaue Definition der Begrifflichkeiten wird in Strelow und Nordmeier (2013) ausführlich dargelegt. Gepolt sind die Skalen so, dass eine geringe Ausprägung dem Konsens entspricht (soweit es einen Konsens hinsichtlich dieses Aspekts gibt). Die von den Studierenden im Interview geäußerten Positionierungen hinsichtlich der einzelnen Aspekte der Beliefs stimmen im Wesentlichen mit den Mittelwerten überein. Dabei ist einzuschränken, dass die Aspekte des Auftretens von Messfehlern, der Eindeutigkeit der Datenauswertung und die Relevanz der Dokumentation im Interview nicht noch einmal

explizit befragt wurden. Die Mathematik wird auch auf Nachfrage hin als sehr relevant eingeschätzt. Einigkeit besteht im direkten Vergleich zwischen Theorien und Gesetzen sowie darin, dass Theorien als weniger statisch empfunden werden.

Tab. 1: Darstellung der Mittelwerte (und Standardabweichungen) der erhobenen Beliefs zu den drei Messzeitpunkten (aus Strelow & Nordmeier, 2013)

Aspekt der Beliefs	t <sub>1</sub> WS 11/12	t <sub>2</sub> SoSe 12	t <sub>3</sub> WS 12/13
Eindeutigkeit Auswertung	3,04 (0,81)	3,00 (0,54)	3,05 (0,64)
Statik Theorien	2,60 (0,66)	2,43 (0,61)	2,30 (0,79)
Die Naturwis. Methode	2,40 (0,84)	2,65 (0,67)	2,75 (0,64)
Auftreten Messfehler	2,95 (0,73)	2,87 (0,71)	3,03 (0,81)
Nicht-Theoriegeleitetes Exp.	2,80 (0,79)	2,50 (0,85)	2,75 (0,86)
Statik Gesetze*	3,80 (0,77)	2,93 (0,34)	3,57 (1,07)
Absolutes Wissen <sup>o</sup>	3,40 (0,56)	3,50 (0,82)	3,03 (0,60)
Relevanz Dokumentation	4,68 (0,47)	4,30 (1,16)	4,63 (0,48)
Relevanz Mathe	5,10 (0,56)	5,10 (0,61)	5,08 (0,66)
Zufall	3,67 (0,72)	4,07 (0,80)	3,77 (0,47)

<sup>o</sup>p = .06; \*p < .05; Friedman-Test für verbundene Stichproben

Entspricht dem Konsens  
Keine Zuordnung möglich

### Diskussion der Ergebnisse – Fachbezogene Beliefs in der Studieneingangsphase

Zum jetzigen Stand der Auswertung zeigt sich im Wesentlichen eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen des Längsschnitts. Daher kann dies zunächst als Validierung für den Fragebogen genutzt werden, denn es zeigt sich, dass die Items wie gewünscht verstanden wurden. Der Mehrwert der Interviewstudie gegenüber dem Fragebogen kommt zu diesem Zeitpunkt der Auswertung jedoch noch nicht zum Tragen. Dafür müssen die Begründungen und Beispiele für die einzelnen fachbezogenen Beliefs noch ausgewertet werden.

### Ausblick

Die Interviews werden weiter ausgewertet, insbesondere auch hinsichtlich der im Studiendesign dargestellten Fragen der wissenschaftstheoretischen Begriffe und der Ansichten über das Studium. Zudem werden die Dozenten, die in den ersten zwei Semestern die lehramtsbezogenen Vorlesungen in der Physik halten, interviewt und Anforderungen des Studiums und Voraussetzungen für das Studium mit den Erwartungen und Erfahrungen der Studierenden abgeglichen.

Das Projekt wird im Rahmen des Programms MINT-Lehrerbildung neu denken! durch die Deutsche Telekom Stiftung gefördert.

### Literatur

- Bendixen, L., & Rule, D. (2004). An Integrative Approach to Personal Epistemology: A Guiding Model, *Educational Psychologist*, 39(1), 69-80.
- Edmondson, K., & Novak, J. (1993). The interplay of scientific epistemological views, learning strategies, and attitudes of college students. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 547-559.
- Flick, U. (1995). *Qualitative Forschung. Theorie, Methode, Anwendungen in Psychologie und Sozialwissenschaften*. Reinbek: Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Hopf, C. (2012). Qualitative Interviews – ein Überblick. In U. Flick, E. von Kardorff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung*, 9. Aufl. Reinbek: Rowohlt Taschenbuch Verlag, 349-359.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. 11. Aufl. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Strelow, S., & Nordmeier, V. (2013). Beliefs in der Studieneingangsphase Physik, *PhyDid B*, (im Druck).

## **PhysikCheck für Studieninteressierte in NRW - Ergebnisse der Abfrage zum Bedarf einzelner Wissensbereiche an den Hochschulen NRW**

### **Abstract**

Der *StudiCheck* NRW ist ein gemeinsames Projekt der Ruhr-Universität Bochum und der RWTH Aachen für die Hochschulen des Landes NRW im Auftrag des Ministeriums für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen.

In direkter Anknüpfung an das allgemeine Orientierungstool *StudiFinder.de* wird unter anderem ein *PhysikCheck* entwickelt. Dieser und weitere WissensChecks (aktuell Mathematik und Deutsch) stehen allen Studieninteressierten als freiwilliges Angebot zur Überprüfung ihres Wissensstandes zur Verfügung.

Nachfolgend werden das Projekt, die inhaltlichen Schwerpunkte und die vorläufigen Ergebnisse der Abfrage zum Bedarf einzelner Wissensbereiche an den Hochschulen in NRW dargestellt.

### **Konzeption der StudiChecks**

Die *StudiChecks* sind als freiwillige Selbsttests für Studieninteressierte in das allgemeine Studienorientierungstool *StudiFinder.de* integriert (zu *StudiFinder.de* s. Wottawa & Drees, 2012, 615 ff.). Sie umfassen einen *Mathe-*, *Deutsch-* und *PhysikCheck*, die allen grundständigen Studiengängen in NRW angeboten werden.

So haben die Hochschulen die Möglichkeit, für jeden ihrer Studiengänge relevante Subtests der *StudiChecks* auszuwählen und den Studieninteressierten somit einen auf die Studiengänge zugeschnittenen *StudiCheck* zur Verfügung zu stellen.

Das individuelle Testergebnis wird über Ampelfarben angezeigt und stellt die Passung zwischen der Leistung im Test und den gewünschten Vorkenntnissen für die jeweiligen Studiengänge dar. Dabei legen die Hochschulen die Schwellenwerte für die Bewertung einer individuell erbrachten Leistung fest. Zusätzlich zur Ergebnismeldung via Ampelfarbe erhalten die Studieninteressierten eine Text-Rückmeldung des jeweiligen Studiengangs zu ihrem Ergebnis und werden auf Vorkursangebote oder andere Vorbereitungsmöglichkeiten des Studiengangs oder der Hochschule aufmerksam gemacht.

Mit Hilfe der auf die verschiedenen Studiengänge zugeschnittenen *StudiChecks* können Studieninteressierte überprüfen, ob ihre Vorkenntnisse für ihren Wunschstudiengang ausreichen und in welchen Teilbereichen eventuell Nachholbedarf besteht.

Die Checks stellen weder Eignungsbescheinigung für bestimmte Studiengänge noch Selektionsinstrument für Hochschulen dar.

### **Konzeption der Wissensbereiche und Items des PhysikChecks**

Für den *PhysikCheck* wurden 14 Wissensbereiche anhand der Lehrpläne der Sek. I und II für Gymnasien/Gesamtschulen des Landes NRW eingeteilt (Tabelle; MSW-NRW, 1999 & 2008).

Die Subtests zu den Wissensbereichen bestehen aus jeweils 10 schultypischen Aufgaben zu Fakten- und Konzeptwissen. Die Items sind in den Formaten *Single-/Multiple-Choice*, *Connect*, *Freitext-Eingabe*, *Drag-and-drop* und *Drop-down* gestaltet.

Tab. 1: Wissensbereiche und inhaltliche Schwerpunkte des PhysikChecks

Wissensbereich	Inhaltliche Schwerpunkte
Bewegungen	Gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen, relativistische Kinematik
Kräfte	Kräfte als vektorielle Größen, Scheinkräfte, Gewichtskraft und Gravitation
Dichte, Druck und Auftrieb	Dichte, Druck, Auftrieb
Arbeit, Energie und Impuls	Kraftwandler, Arbeit, Energie und Impuls
Mechanische Schwingungen und Wellen	Schall, Schwingungsvorgänge, Resonanz und Eigenschwingung
Stromkreise	Stromstärke und Spannung, Ohm'sches Gesetz, einfache Schaltungen
Ladung und Kapazität	Elektrische Ladung, Coulomb'sches Gesetz, Kapazität
(Elektro-)Magnetismus	Elektromagnete, Induktion, bewegte Ladungsträger, Spule und Kondensator im Wechselstromkreis
Elektromagnetische Schwingungen und Wellen	Schwingkreis und Hertz'scher Dipol, Wellenoptik (Beugung und Interferenz)
Geometrische Optik	Brechung, Lochblenden, Linsen, Spektrum
Temperatur und Wärme	Temperatur und Wärme, Wärmeübertragung, Wärmeausdehnung, Innere Energie, Gasgesetze
Motoren, Kraftwerke und Energieversorgung	Energieerzeugung, -transport und -umwandlung, Wirkungsgrad, Viertakt-Motor und Brennstoffzelle
Atome und Kerne	Atomaufbau, Strahlung und Zerfall, Kernspaltung und -fusion
Quantenmechanik	lichtelektrischer Effekt, Doppelspalt, Unbestimmtheitsrelation

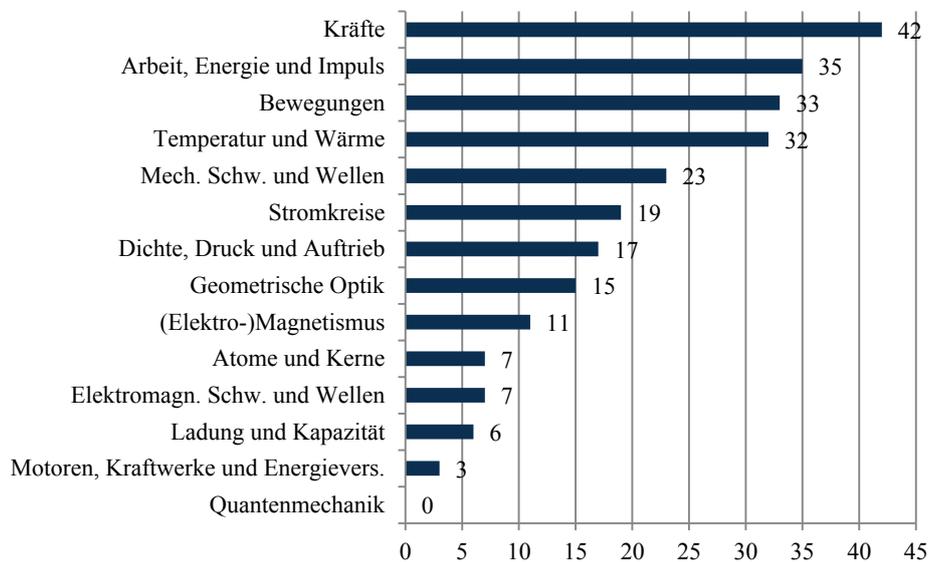


Abb. 1: Ergebnisse Bedarfsabfrage (Nennungen, Stand: 19.07.2013)

### Vorgehensweise und Ergebnisse

Insgesamt wurden 1364 grundständige Studiengänge an Hochschulen in NRW in einer Onlinebefragung im Erhebungszeitraum 17.06. bis 19.07.2013 befragt (zunächst ohne Berücksichtigung verschiedener Abschlüsse, bspw. Lehramt oder Bachelor of Science). 55 Studiengänge äußerten (vorläufig) Bedarf an dem *PhysikCheck*, 45 Studiengänge konkretisierten diesen durch die Nennung von bis zu sechs Subtests (Abbildung). Im Durchschnitt wurden 5,6 Subtests ausgewählt.

### Diskussion und Ausblick

Anhand der vorliegenden Daten lässt sich festhalten, dass die ausgewählten Wissensbereiche einen deutlichen Schwerpunkt in der klassischen Mechanik haben und damit thematisch den ersten Inhalten typischer Grundlagen- bzw. Einführungsvorlesungen der Physik entsprechen. Der *PhysikCheck* kann somit denjenigen Untersuchungen Rechnung tragen, die auf die Relevanz schulischer Vorkenntnisse für eine erfolgreiche Absolvierung der Studieneingangsphase in naturwissenschaftlichen Studiengängen hinweisen und die Nutzung von Selbsttests und Vorbereitungsangeboten vor Studienbeginn empfehlen (vgl. z. B. Schecker, Ziemer & Pawlak, 2006, S. 71; Albrecht, 2011, S. 117 f.).

Seit dem 1. August 2013 ist der *MatheCheck* freigeschaltet und wird zurzeit von rund 450 Studiengängen angeboten. Der *DeutschCheck* und der *PhysikCheck* werden ab Frühjahr 2014 zur Verfügung stehen.

### Literatur

- Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Verfügbar unter [http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS\\_derivate\\_000000010456/Dissertation\\_Druckversion\\_n\\_Andre\\_Albrecht\\_UB.pdf](http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000010456/Dissertation_Druckversion_n_Andre_Albrecht_UB.pdf) [22.09.2013]
- MSW-NRW (1999). Richtlinien und Lehrpläne für die Sekundarstufe II – Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Physik. Frechen: Ritterbach.
- MSW-NRW (2008). Kernlehrplan für das Gymnasium: Sekundarstufe I des Landes Nordrhein-Westfalen. Physik. Frechen: Ritterbach.
- Schecker, H., Ziemer, T., & Pawlak, E. (2006). Abschlussbericht zur Projekt-Komponente I: Empirische Untersuchungen zu Studienverläufen, Studienprofilen und Studienqualität. Universität Bremen FB1: Physik-/Elektro- u. Informationstechnik.
- Wottawa, R., & Drees, S. (2012). Schritt für Schritt zum passenden Studium: Der „Studifinder“ als Online-Hilfe in der Schule. *Schule NRW*, 12/12, 615-617.

## Modellierung von Eingangsanforderungen für das Studienfach Physik

### Motivation

Heublein, Richter, Schmelzer und Sommer (2012) ermittelten eine Abbruchquote im Bereich „Physik/Geowissenschaften“ von 39% über das gesamte Bachelorstudium. Die Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) berichtet einen um „Parkstudierende“ bereinigten Schwund von 24% der Studierenden in den Fachbachelor-Studiengängen Physik vom ersten zum dritten Semester (Matzdorf & Düchs, 2013). Es deutet sich somit an, dass die Ursachen für Studienabbruch oft in der Studieneingangsphase liegen.

Eine Literaturrecherche von Ulriksen, Madsen und Holmegaard (2010) zeigt, dass Studienabbruch viele Gründe haben kann. Als häufigsten Exmatrikulationsgrund im Physikstudium nennt Albrecht die „inhaltlichen Anforderungen“ (2011, S. 7). Bei der Reduktion entsprechender anforderungsspezifischer Defizite hat sich der Einsatz zusätzlicher Lerneinheiten bewährt, die dann besucht werden sollen, wenn Defizite diagnostiziert werden (Burke da Silva & Hunter, 2009). Zur Diagnose von Defiziten könnte ein Placement-Test eingesetzt werden, der Studierende zu verschiedenen Vorkursniveaus zuordnet. Zur Konstruktion eines solchen Tests müssen die inhaltlichen Anforderungen der Veranstaltungen bekannt sein und nach den Vorkursniveaus strukturiert werden. Bisher wurden diese inhaltlichen Anforderungen aber nicht empirisch ermittelt. Ziel dieser Studie ist deshalb die Ermittlung der inhaltlichen Anforderungen der Physikveranstaltungen des ersten Semesters im Ein-Fach-Bachelor-Studiengang Physik.

### Theoretischer Hintergrund

Vincent Tintos (1993) *longitudinal model of institutional departure* erklärt Studienabbruch vor allem als das Ergebnis eines misslungenen Integrationsprozesses. Zu diesem Modell gehören auch die individuellen Merkmale der Studierenden („*family background*“, „*skills and abilities*“, „*prior schooling*“). Werden die inhaltlichen Anforderungen (Albrecht, 2011) als bestimmte Ausprägungen dieser Merkmale verstanden, so lässt sich mit Hilfe dieses Modells erklären, warum Probleme mit inhaltlichen Anforderungen zum Abbruch führen können. Nach Tintos Modell haben diese Merkmale indirekt einen Einfluss auf die akademische Leistung, die wiederum im Zusammenhang mit der akademischen Integration steht. Stimmen die Eingangsmerkmale nicht ausreichend mit den Anforderungen überein, so kann dies also die akademische Integration beeinträchtigen, was zu einer Abbruchentscheidung führen kann. Zudem ist anzumerken, dass die akademische Leistung selbst als Studienerfolgskriterium betrachtet werden kann.

Das Passungsproblem zwischen inhaltlichen Anforderungen und den individuellen Merkmalen der Studierenden kann auch mit Hilfe von Helmkes (2009) Angebots-Nutzungs-Modell als Passungsproblem zwischen dem Angebot der Lehrveranstaltung und dem Lernpotential (Vorwissen, Intelligenz, ...) der Studierenden betrachtet werden. Zur Verbesserung dieser Passung müssen die inhaltlichen Anforderungen der Eingangsveranstaltungen genauer beschrieben werden. Da mathematische Fähigkeiten als notwendige aber nicht als hinreichende Voraussetzung für Erfolg in Physik betrachtet werden können (Hudson & McIntire, 1977), ist es naheliegend zusätzlich zu den inhaltlichen Anforderungen zur Mathematik auch solche zur Physik zu erheben.

Die KFP (2012) hat in 14 Kategorien mathematische Inhalte aufgeführt, die eine Vereinigungsmenge von Inhalten von Vorkursen für angehende Physikstudierende darstellen. Diese Inhalte wurden bisher aber nicht als Studienanforderungen validiert. Im

Bereich Physik sind die Studienanforderungen völlig unbekannt. Daraus lässt sich folgende Forschungsfrage ableiten.

### Forschungsfrage

FF: Was sind die inhaltlichen Eingangsanforderungen der Physikveranstaltungen des ersten Semesters im Ein-Fach-Bachelor-Studiengang Physik zur Mathematik und zur Physik?

### Design und Stichprobe

Da nach Helmkes Modell der oder die Lehrende das Angebot der Lehrveranstaltung konzipiert, ist es sinnvoll die Anforderungen der Veranstaltungen über eine Befragung der Lehrenden zu ermitteln. Curricula, Vorlesungsskripte oder Universitätslehrbücher sind direkt nur Quellen für die Fachinhalte der Veranstaltungen. Das Ermitteln der Anforderungen ist hier im Allgemeinen nur durch Interpretation möglich. Es ist deshalb sinnvoll, im Rahmen von Interviews die einzelnen Lehrenden selbst diese Interpretation für die eigene Vorlesung durchführen zu lassen. Der Mathematikteil des Interviews baut auf den Kategorien der KFP-Empfehlung auf. Ein entsprechendes System für den Physikteil wurde aus einer Inhaltsanalyse von Inhaltsverzeichnissen sieben universitärer Physikbücher entwickelt. Zehn deutsche Universitäten werden an der Befragung teilnehmen. Es werden 20 Dozentinnen bzw. Dozenten der Vorlesungen und 20 Verantwortliche für den Übungsbetrieb befragt, davon jeweils zehn zur theoretischen Physik und zehn zur Experimentalphysik. Der Interviewtext wird mit Hilfe induktiver Kategorienbildung ausgewertet. Zusätzlich erfolgen eine Analyse der konstruierten Aufgaben und eine quantitative Betrachtung der ausgewählten Inhaltsbereiche.

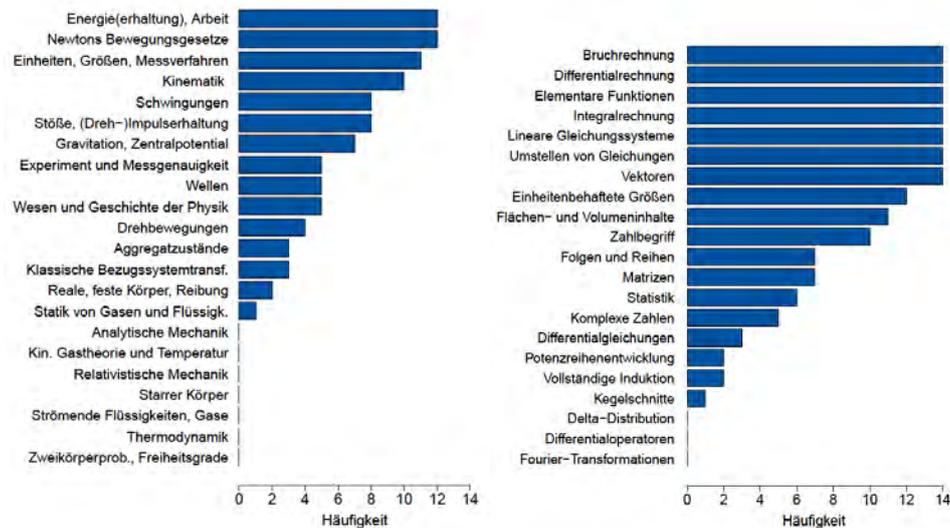


Abb. 1: Häufigkeiten mit der Inhaltsbereiche zur Physik (links) und Mathematik (rechts) als anforderungsrelevant ausgewählt wurden;  $N = 14$  Interviews wurden durchgeführt. Aus Platzgründen wurden die Bereichsbezeichnungen hier zum Teil abgekürzt.

### Instrument

Die Strukturen des Physik- und Mathematikteils des Interviews sind äquivalent. Die/der Befragte wählt zunächst Inhaltsbereiche aus, in denen Studienanfängerinnen und -anfänger etwas wissen oder können sollten, um an ihre/seine Veranstaltung anknüpfen und ihr folgen

zu können. Im zweiten Schritt soll die Person die Anforderungen innerhalb sechs dieser Bereiche genauer beschreiben. Zusätzlich dazu soll sie im Mathematikteil mit Hilfe eines Smartpens® Aufgaben konstruieren.

### Erste Ergebnisse

Das Interview wurde bereits mit  $N = 14$  Personen durchgeführt (Abb. 1). Beim Vergleich der Ergebnisse zur geforderten Physik mit denen zur Mathematik ist auffällig, dass die Übereinstimmung darüber, welche Bereiche Anforderungen enthalten, im Bereich Physik geringer ist. Am häufigsten werden die Bereiche „Energie(-erhaltung), Arbeit, Leistung, Intensität“ und „Dynamik: Newtons Bewegungsgesetze“ ausgewählt. Es gibt vollständige Übereinstimmung darüber, dass sieben Bereiche zur Physik keine Anforderungen enthalten. Im Bereich Mathematik werden sieben Bereiche von allen Befragten als anforderungsrelevant ausgewählt. Bereiche, die zusätzlich zu den vom Interviewer vorgeschlagenen als anforderungsrelevant genannt wurden, sind in dieser Auswertung noch nicht enthalten.

### Diskussion und Ausblick

Bereiche zur Mathematik, in denen die Befragten zu mehr als 50 % übereinstimmen, umfassen vor allem Schulmathematik. Die sieben Bereiche, die laut allen Befragten Anforderungen enthalten, können als notwendige mathematische Basis identifiziert werden. Zur Operationalisierung der Anforderungen für einen inhaltsvaliden Placement-Test werden eine Inhaltsanalyse der Interviews und eine Analyse der konstruierten Aufgaben folgen.

### Literatur

- Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik (Dissertation). Freie Universität Berlin, Berlin. [http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS\\_derivate\\_000000010456/Dissertation\\_Druckversion\\_Andre\\_Albrecht\\_UB.pdf?hosts](http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000010456/Dissertation_Druckversion_Andre_Albrecht_UB.pdf?hosts) (Stand 30.09.2013).
- Burke da Silva, K., & Hunter, N. (2009). The Use of Pre-Lectures in a University Biology Course – Eliminating the Need for Prerequisites. *Bioscience Education*, (14)2, o. S. <http://journals.heacademy.ac.uk/doi/pdf/10.3108/beej.14.2> (Stand 14.10.2013).
- Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Kallmeyer.
- 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. *Forum Hochschule*: Vol. 3. Hannover: Hochschul-Informations-System. [http://www.his.de/pdf/pub\\_fh/fh-201203.pdf](http://www.his.de/pdf/pub_fh/fh-201203.pdf) (Stand 30.09.2013).
- Hudson, M., & McIntire, W. (1977). Correlation between mathematical skills and success in physics. *American Journal of Physics*, 45(5), 470-471.
- Konferenz der Fachbereiche Physik. (2012). Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik zum Umgang mit den Mathematikkenntnissen von Studienanfängern der Physik. <http://www.kfp-physik.de/dokument/KFP-Empfehlung-Mathematikkenntnisse.pdf> (Stand 30.09.2013).
- Matzdorf, R., & Düchs, G. (2013). Immer mehr Parkstudierende: Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland. *Physik Journal*, 12(8), 29-33. [https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/physik\\_journal/artikel\\_pj/physikstudium/physikstudium\\_2013.pdf](https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/physik_journal/artikel_pj/physikstudium/physikstudium_2013.pdf) (Stand 30.09.2013)
- Tinto, V. (1993). *Leaving college: Rethinking the causes and cures of student attrition* (2. Aufl.). Chicago: The University Chicago Press.
- Ulriksen, L., Madsen, L.M., & Holmegaard, H.T. (2010). What do we know about explanations for drop out/opt out among young people from STM higher education programmes? *Studies in Science education*, 46(2), 209-244.

## **Einsatz von Aufgaben in der Hochschullehre**

### **Ausgangslage**

Nach der Einführung der Bildungsstandards wurde der Einsatz von Aufgaben im Chemieunterricht sowie deren Aufgabenqualität grundlegend diskutiert. Aufgrund ihrer vielseitigen und verschiedenen Einsatzmöglichkeiten besitzen Aufgaben ein großes Potential (Graf, 2000). Dabei können Aufgaben unterschiedliche Funktionen wahrnehmen, wie zum Beispiel Entwicklung und Strukturierung von Inhalten, Aneignung von Wissen, individuelle Diagnose für Lernprozesse, individuelle Lernförderung und Leistungsbewertung (Woest, 2004). In der fachdidaktischen Literatur finden sich zahlreiche Beispiele für die Umsetzung von Aufgabentypen für den Chemieunterricht, zum Beispiel offene Aufgaben, kontextualisierte Aufgaben oder Aufgaben mit gestuften Lernhilfen (Stäudel & Woest, 2004).

Aufgaben spielen im Fach Chemie jedoch nicht nur im Schulunterricht, sondern auch in der Hochschullehre eine wichtige Rolle. Dabei ist die Gestaltung und Verwendung von Aufgaben in den beiden Bereichen verschieden. Die Veränderung der Aufgabenkultur hinsichtlich der Konzeptionierung und Schwerpunktlegung im Chemieunterricht der letzten Jahre lässt vermuten, dass der Aufgabeneinsatz im Vergleich Schule und Universität zunehmend deutliche Unterschiede aufweist.

Die Betrachtung von Studienabbruchquoten weisen auf Schwierigkeiten im Übergang Schule – Universität hin (Heublein, Schmelzer & Sommer, 2008). Die bisherigen Studien zum Übergang zwischen Schule und Universität fokussieren sich weitestgehend auf Prädikatoren (Vorwissen, Interesse, Selbstkonzept, etc.) sowie auf Anforderungen und Erwartungen im Vergleich der Perspektiven von Studierenden und Hochschuldozierenden (Brinkworth, McCann, Matthews & Nordström, 2009), jedoch bisher nur wenig auf die Untersuchung der Gestaltung von Lernprozessen. Aufgaben bilden ein zentrales Element von Lernprozessen im Fach Chemie. Daher lässt sich vermuten, dass Unterschiede in der Aufgabenkultur im Vergleich Schule – Universität Schwierigkeiten für Studierende in der Studieneingangsphase mit sich bringen.

Vor diesem Hintergrund stellt sich also die Frage, wie sich der derzeitige Aufgabeneinsatz in der Hochschullehre im Fach Chemie charakterisieren lässt und inwiefern Unterschiede zur Aufgabenkultur des Schulunterrichts beschrieben werden können. Ebenso ist von Interesse, welche weiteren Potentiale für den Aufgabeneinsatz, insbesondere in der Studieneingangsphase, aufgrund dessen erschlossen werden können.

### **Zielsetzung**

In einem Forschungsvorhaben soll der Einsatz von Aufgaben in der Hochschullehre im Fach Chemie daher untersucht werden. Dabei ist ein Ziel der Arbeit, die Aufgabenkultur im Spannungsfeld Schule und Universität näher zu untersuchen sowie einen möglichen Bruch im Übergang vom schulischen hin zum universitären Lernen im Chemiestudium näher zu beschreiben und aufgrund dessen neue Möglichkeiten für den Einsatz von Aufgaben in der Hochschullehre zu erschließen.

### **Forschungsfragen**

Folgende Fragen stehen bei diesem Forschungsvorhaben im Vordergrund:

- Welche Merkmale charakterisieren den derzeitigen Einsatz von Aufgaben in der Hochschullehre im Fach Chemie?

- Welche Unterschiede zeigen sich im Vergleich der Aufgabenkultur in Schule und Hochschule?
- Welche Unterschiede zeigen sich im Aufgabeneinsatz im Vergleich der Teildisziplinen Anorganische, Organische, Physikalische Chemie?
- Welche weiteren Einsatzmöglichkeiten zur Förderung von Studierenden zeigen sich (insbesondere für die Studieneingangsphase)?

Für das Forschungsprojekt werden verschiedene qualitative und quantitative Untersuchungen herangezogen, unter anderem eine Interviewstudie zum Aufgabeneinsatz in der Hochschullehre aus der Perspektive von Hochschuldozentinnen und -dozenten, eine Interviewstudie zum Aufgabeneinsatz in der Hochschullehre aus der Perspektive von Studierenden und eine Analyse von Aufgaben in universitären Lehrwerken. In den Studien werden die Fachbereiche Organische, Anorganische und Physikalische Chemie in den Fokus gestellt. Im Folgenden soll auf die Interviewstudie zu den Perspektiven von Hochschuldozierenden näher eingegangen werden. Im weiteren Verlauf werden Methode sowie erste ausgewählte Ergebnisse dieser Interviewstudie aufgezeigt.

### **Interviewstudie: Aufgabeneinsatz aus der Perspektive von Dozierenden**

Die Studie wird in Form von Telefoninterviews durchgeführt, die in der Regel zwischen 15 und 30 Minuten andauern. Die Interviewteilnehmer sind Professorinnen und Professoren der Fachrichtungen Organische, Anorganische und Physikalische Chemie verschiedener Universitäten. Die Grundlage bildet ein strukturierter Interviewleitfaden, der die Dozierenden zur Konzeption, Verwendung und Bedeutung von Aufgaben im Chemiestudium befragt. Ebenso beinhaltet der Interviewleitfaden Fragen zu den Merkmalen einer guten Lernaufgabe. Die Dozierenden werden befragt, mit welcher Zielsetzung Aufgaben in Veranstaltungen eingesetzt werden. Zum Ende des Interviews bekommen die Hochschullehrenden ein Pdf-Dokument per Email zugesendet, in welchem zwei typische Aufgaben aus ihrem Fachgebiet dargestellt sind. Die Professorinnen und Professoren sollen lernförderliche und/oder lernhinderliche Faktoren der Aufgaben beschreiben und ebenso einen Lösungsweg skizzieren, den sie von den Studierenden erwarten würden.

Zur Auswertung der Interviews wird die induktive Kategorienbildung und zusammenfassende Inhaltsanalyse nach Mayring (2008) herangezogen. Somit werden die Kategorien am Material der Interviews erarbeitet und dann zu einem überschaubaren Kurztext zusammengefasst. Durch die Ergebnisse der qualitativen Untersuchungen sollen Schlüsse hinsichtlich der momentanen Aufgabenkultur in der Hochschule gezogen werden.

#### *Erste ausgewählte Ergebnisse*

Die Auswertung der Untersuchung wurde zunächst stichprobenartig an sechs Interviews durchgeführt. Dabei waren jeweils zwei Professorinnen und Professoren der Fachrichtungen Anorganische, Organische und Physikalische Chemie vertreten. Es ließ sich deutlich erkennen, dass Aufgaben in der Hochschullehre vorrangig in Übungen, aber auch ab und an in den Vorlesungen eingesetzt werden. Wie am Anfang beschrieben, nehmen die Aufgaben ähnlich wie in der Schule verschiedene Funktionen ein. In den Interviews werden von den Dozierenden Erarbeiten, Wiederholen, Üben, Vertiefen, Anwenden und Abfragen genannt. Den befragten Dozierenden ist es dabei wichtig, dass die Aufgaben zwischen einfachen Reproduktionsaufgaben und vertiefenden Anwendungsaufgaben variieren (siehe Zitat 1 und 5). Die Aufgaben für Klausuren, Übungen oder Problemstellungen für die Vorlesungen formulieren die Hochschullehrenden weitestgehend selbst (siehe Zitat 4). In einigen wenigen Fällen greifen die Dozierenden auf Aufgaben aus Lehrbüchern zurück. Einige Dozierende geben dazu an, dass das Angebot von Aufgaben in den Lehrbüchern nicht ausreicht und ausgebaut werden sollte. Bei der Formulierung von Aufgaben ist den Hochschullehrenden wichtig, dass vor allem die Inhalte der Vorlesung aufgegriffen werden. Auf die Frage,

welche Merkmale eine gute Lernaufgabe besitzen müsste, haben sich fünf solcher Merkmale besonders bei den befragten Professorinnen und Professoren herauskristallisiert:

- eindeutige Formulierung der Aufgaben
- realitätsnaher Bezug (siehe Zitat 2)
- inhaltliche Passung (siehe Zitat 5)
- Einbindung in einen Kontext (siehe Zitat 3)
- Orientierung am Niveau der Lernenden

Interessant ist dabei, dass die Dozierenden mehrere Merkmale einer guten Lernaufgabe benennen. In den Interviews deutet sich allerdings an, dass die konkrete Umsetzung dieser Kriterien bei der Entwicklung von Lernaufgaben eine Schwierigkeit darstellt. Einige wenige Hochschuldozierende gaben an, dass ihnen dazu einfach das fachdidaktische Wissen und die entsprechende fachdidaktische Expertise fehlen (Zitat 6).

*Tab. 1: Ausgewählte Zitate*

Nr.	Zitat
Zitat 1	„[...] Aufgaben eine gewisse Breite (besitzen), von leicht bis knifflig [...]“
Zitat 2	„Und das man beim Inhalt auch dann möglichst realitätsnahe Aufgaben berechnet [...]“
Zitat 3	„[...] ich versuche immer den gesellschaftlichen Bezug herzustellen [...]“
Zitat 4	„Also da nutze ich nicht irgendetwas, was schon da ist, sondern entwickle die Aufgaben selbst“
Zitat 5	„Eine gute Aufgabe wäre, wo man ein bisschen darüber nachdenken muss, aber wo man mit dem erworbenen Fachwissen halt die Aufgabe lösen kann.“
Zitat 6	„Also da war auch immer fachdidaktische Kompetenz dahinter, die ich alleine nie gehabt hätte.“

### **Ausblick**

Die Interviewstudie berücksichtigt bisher nur vier Universitäten. In Kürze werden deutschlandweit an anderen Universitäten weitere Interviews mit Professorinnen und Professoren durchgeführt. Ebenso sollen in einem nächsten Schritt die quantitativen Untersuchungen zur Aufgabenanalyse im schulischen und hochschulschulischen Bereich stattfinden. Aus den Ergebnissen beider Untersuchungen sollen Merkmale für den Aufgabeneinsatz in der Studieneingangsphase entwickelt werden.

### **Literatur**

- Brinkworth, R., McCann, B., Matthews, C., & Nordström, K. (2009). First year expectations and experiences: student and teacher perspectives. *Higher Education*, 58(2), 157-173
- Graf, E. (2000). Aufgaben gut stellen und richtig beantworten – Tipps für Lehrende und Lernende. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 56, 35-38.
- Heublein, U., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2008). Die Entwicklung der Studienabbruchquote an den deutschen Hochschulen - Ergebnisse einer Berechnung des Studienabbruchs auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2006.
- Mayring, P. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse. In U. Flick, E. Kardorff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung*, Reinbek bei Hamburg, 468-475.
- Stäudel, L., & Woest, V. (2004). Themenheft Aufgaben. *Naturwissenschaft im Unterricht – Chemie*, 82/83.
- Woest, V. (2004). Aufgabenformate. *Naturwissenschaften im Unterricht*, 82, 7-13.

## **Schüler und Studierende lernen gemeinsam mehr!?**

### **Freie Lernzeiten differenzierend gestaltet durch Erstsemesterstudierende**

#### **Forschungsprojekt und Rahmenbedingungen**

Das Forschungsprojekt beinhaltet zwei thematisch verschiedene Stränge, welche sich allerdings bedingen und am Ende des Untersuchungszeitraums wieder zusammengeführt werden sollen.

Auf Seite der Studierenden gilt es die Wirksamkeit einer sogenannten „Praxis-von-Anfang“-Ausbildung zu untersuchen. Ein Teil der Chemielehramtsstudierenden des ersten Semesters besucht das Seminar des Äquivalenzmoduls der Jenaer Chemiedidaktik. Dabei erarbeiten sich die Studierenden die wichtigsten Grundlagen der Unterrichtsplanung und erlernen gleichzeitig erste differenzierende Methoden. In der zweiten Hälfte des ersten Semesters haben die Studierenden die nötige Zeit, um paarweise ein zugeteiltes Unterrichtsthema vorzubereiten. Sie haben die Aufgabe offene und differenzierende Materialien zu entwerfen. In Konsultationen können sich die Studierenden Rat einholen und ihre Materialien dementsprechend überarbeiten, bevor sie am Ende des Semesters ihre Unterrichtsstunden in der Projektschule halten. Bei dieser handelt es sich um eine reformpädagogisch orientierte Gesamtschule. In der sogenannten Eigenen Lernzeit (ELZ) lernen Schüler unterschiedlicher Leistungsniveaus und zusätzlich verschiedener Altersstufen gemeinsam. Kinder der 7. und 8. sowie der 9. und 10. Klassen werden in dieser Freiarbeitsphase jeweils zusammen unterrichtet. Die Studierenden treffen damit in ihrer ersten Unterrichtserfahrung auf eine sehr heterogene Lerngruppe. Binnendifferenzierung ist eines der Themen, das viele Lehrkräfte vor eine „unzumutbare weitere Arbeitsbelastung“ stellt (Raguse et al., 2013), obwohl es heutzutage mit zunehmender Heterogenität auch „normaler“ Schulklassen umso wichtiger ist, die Studierenden darauf vorzubereiten (Becker & Stäudel, 2010). Das Bewusstsein für die Notwendigkeit differenzierender Lernformen sollte ein wesentlicher Aspekt guter Lehrerbildung sein. Inwiefern dies gelingt, ist eine der Forschungsfragen dieses Projektes.

Im 2. Teil der Studie wird das Lernen der Schülerinnen und Schüler untersucht. Die ELZ ist fester Bestandteil des Stundenplans. Die Schüler wählen sich jeweils für einen Zeitraum von sechs Wochen in die verschiedenen ELZ Angebote ein. Neben zusätzlichen Angeboten zu den regulären Fächern gibt es auch die Möglichkeit Angebote zu besuchen, die nicht den klassischen Schulfächern zuzuordnen sind, beispielsweise eine ELZ zum Thema Fotografie. Man kann in der ELZ Chemie daher durchaus mit Schülern rechnen, die ein gesteigertes Interesse am Fach aufweisen. Dennoch bestehen aufgrund der beschriebenen Heterogenität große Unterschiede in den Lernvoraussetzungen. Die ELZ soll deshalb vor allem eine Möglichkeit für die Schüler sein, nach ihren Vorlieben das Tempo, die Inhalte, Methoden und Schwierigkeitsgrade betreffend zu lernen. Der Lehrer nimmt sich in dieser Freiarbeitsphase zurück und wird zum Lernberater. So soll eine individuelle Förderung erzielt, dabei aber allgemeine Lernziele erreicht werden (von Wedel-Wolff, 1995; Ahlring, 1995). Inwieweit hierbei positive Effekte im Kompetenzzuwachs zu verzeichnen sind, ist eine weitere Forschungsfrage des Projekts.

#### **Forschungsdesign**

Zur Überprüfung der Wirksamkeit der beiden Forschungsfragen finden empirische Instrumente der Datenerhebung wie Fragebögen und Wissenstests Anwendung. Die Studierenden wurden nach Planung und vor Unterrichtsführung zu ihren Motiven der

Berufswahl sowie zur Einschätzung ihrer geplanten Unterrichtsstunden befragt. Außerdem fand eine weitere Befragung zur Reflexion im Anschluss an den Unterricht statt. Die Items zur Berufswahl lassen sich vier Kategorien zuordnen, um eine Aussage über die wichtigen Einflussfaktoren treffen zu können. Folgende Kategorien wurden eingeteilt: Interesse am Fach/an der Wissenschaft, pädagogisches Interesse, Interesse am Berufsbild und der Einfluss Dritter. Die Items zur Einschätzung bzw. Reflexion des Unterrichts sind so gestaltet, dass sie einen Vergleich der Angaben zulassen und somit eventuelle Einstellungsänderungen durch die erste Praxiserfahrung aufgezeigt werden können. Ein Beispiel für die Konzeption der Items sind folgende zu bewertende Aussagen: „Ich finde es gut, bereits im ersten Semester Chemieunterricht zu halten.“ und „Ich fand es gut, bereits im ersten Semester Chemieunterricht zu halten.“ Die Fragebögen verwenden eine fünfstufige Likert-Skala zur Einschätzung der Zustimmung. Die Items sind außerdem so gestaltet, dass sie sich wiederum in zwei übergeordnete Kategorien einordnen lassen: Einschätzung des Unterrichtserfolgs, Einschätzung der Konzepte „Praxis-von-Anfang-an“ und „Eigene Lernzeit“.

Die Schüler wurden nach der sechswöchigen Unterrichtseinheit auf ihre Kompetenzzuwächse hin getestet. Dazu wurde ein Test zum Thema „Chemische Reaktionen“ für die Lerngruppe aus den Klassen 7/8 und ein Test zum Thema „Jonennachweise“ für die Schüler aus 8/9 entwickelt. Diese wurden Schülern vorgelegt, die an der ELZ teilgenommen haben, aber auch solchen, die sich nicht eingewählt hatten, um anschließend einen Vergleich der vorhandenen Kompetenzen vornehmen zu können. Die Tests bestanden zur Hälfte aus Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten zur leichteren Auswertbarkeit sowie aus Fragen ohne Vorgaben, um ein tieferes Verständnis zu überprüfen. Die Fragen bezogen sich nur auf die von den Studierenden behandelten Inhalte und sollten den unterschiedlichen Leistungsniveaus gerecht werden. Dabei wurden grundlegende, aber auch spezielle Fragen gestellt, um eine ausgewogene Vergleichsbasis zwischen Teilnehmern und Nichtteilnehmern herzustellen.

### **Ergebnisse der Pilotierung**

Die Pilotstudie zum Projekt fand im Wintersemester 2012/2013 statt. In der Befragung der Studierenden (N=16) zu ihren Berufswahlmotiven zeichneten sich das Interesse am Fach bzw. an der Fachwissenschaft sowie das pädagogische Interesse als wichtige Gründe ab. Überwiegend häufig schrieben sie sich selbst chemisches Talent und naturwissenschaftliches Interesse zu. Zudem mache ihnen die Arbeit mit Kindern Freude und sie wollen naturwissenschaftliches Interesse wecken. Mittlere Zustimmung fanden die Items bezogen auf den Einfluss der landläufigen Annahmen zum Berufsbild, so z. B. der zu erreichende Beamtenstatus oder die gute Vereinbarkeit mit der Familienplanung. In der Kategorie „Einfluss Dritter“ zeigt sich ein zweiseitiges Bild. Mit einem hohen Mittelwert von 3,75 stimmen die meisten der Aussage: „Ich möchte ChemielehrerIn werden, weil ich selbst eine/n sehr gute/n ChemielehrerIn hatte.“ zu. Wohingegen der Einfluss von Eltern, Freunden oder einer Berufsberatung als weniger relevant erachtet wird.

Im zweiten Teil der Befragung sollten die Studierenden ihre entworfenen Unterrichtsstunden zur Gestaltung der ELZ einschätzen. Der Vergleich mit der Befragung zur Reflexion des Unterrichts nach der Durchführung zeigt für ausgewählte Items deutliche Einstellungsänderungen. Exemplarisch sei nachfolgend die Auswertung des Items: „Ich finde/fand es gut bereits im ersten Semester Chemieunterricht zu halten.“ angeführt. Nur einer der 17 Probanden ist nach der Durchführung skeptischer als zuvor, alle anderen behalten ihre volle Zustimmung bei bzw. erhöhen sogar auf diese. Als weiteres Beispiel sei die Einschätzung der benötigten Zeit genannt. Viele gaben in der zweiten Befragung an, dass die Schüler weniger gut mit der Zeit zurechtkamen als sie anfangs einplanten. Die Ergebnisse der Schülertests lassen ebenfalls erste interessante Schlüsse zu und geben Hinweise darauf, wie das Forschungsdesign in der Hauptstudie verbessert werden kann.

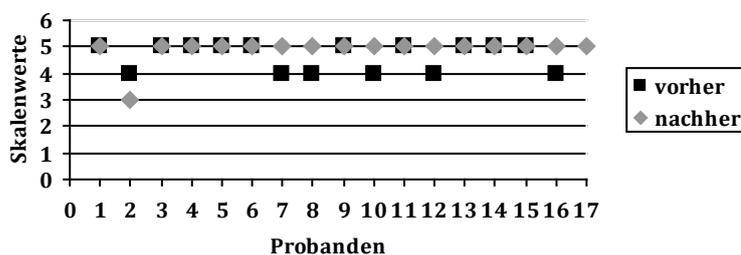


Abb. 1: Unterrichten im ersten Semester

Beispielhaft sollen die Ergebnisse der Teilnehmer der ELZ 7/8 mit den Nichtteilnehmern der entsprechenden Klassenstufen diskutiert werden. Die TN haben die Wissensfragen mit Auswahlmöglichkeiten durchschnittlich zu 48,097 % richtig beantwortet, die NTN nur zu 43,529 %. Dennoch haben bei 4 von 15 Fragen mehr NTN richtig geantwortet als TN. Die vermutete Ursache liegt im an der Schule angewandten Epochalunterricht. Da die Tests für die NTN im Chemieunterricht durchgeführt wurden, bestand diese Gruppe nur aus Schülern, die gerade Chemie hatten. In der ELZ sind dagegen Schüler aus verschiedenen Klassen und somit auch solche, die gerade Physik- oder Biologieunterricht haben. In der Hauptstudie soll deshalb eine weitere Projektschule gefunden werden und außerdem hauptsächlich Wiederholungs- bzw. Vertiefungsinhalte zum Unterrichtsgegenstand werden. Bei den Fragen ohne Auswahlmöglichkeit schnitten die TN mit durchschnittlich 35,294 % richtigen Antworten deutlich besser ab als die NTN mit 20%.

#### Ausblick

Die Hauptstudie wird mit den Erstsemesterstudierenden des Wintersemesters 2013/14 an zwei Projektschulen stattfinden. Außerdem wird der gehaltene Unterricht auch hinsichtlich bestimmter Unterrichtsqualitätskriterien bewertet und mit der Selbsteinschätzung abgeglichen. Die SchülerInnen wie die LehrerInnen sollen zudem über die Zusammenarbeit mit den Studierenden befragt werden, um Erkenntnisse darüber zu gewinnen, ob neben den Studierenden auch die Schule von der Kooperation profitieren kann oder bloßer Lernort für die Studierenden bleibt. Die Ergebnisse der Schülertests sollen weiterhin auf eine Lehrerabhängigkeit und auf Fehlvorstellungen, die aus der Antwortstruktur hervorgehen, überprüft werden.

#### Literatur

- Ahrling, I. (1995). Freie Arbeit in der Sekundarstufe I. In C. Claussen (Hrsg.), Handbuch Freie Arbeit. Weinheim und Basel, Beltz-Verlag, 238-253.
- Becker, H., & Stäudel, L. (2010). Chemiedidaktik 2009. Trendbericht GDCh, In: Nachrichten aus der Chemie, 58(3), 366-367.
- Raguse, K., Weber-Peukert, G., Woldt, P., & Lotz, A. (2013). Individuelle Förderung im Chemieunterricht – Der Förderkreis am Beispiel der Unterrichtseinheit „Laborführerschein“. Chemie konkret [In Druck].
- Von Wedel-Wolff, A. (1995). Schritte zur Freiarbeit. In C. Claussen (Hrsg.), Handbuch Freie Arbeit. Weinheim und Basel, Beltz-Verlag, 157-162.

## **Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung der Erkenntnisgewinnungskompetenz**

### **Einleitung**

Die dritte Phase der Lehrerbildung weist eine hohe Bedeutung für die Kompetenzentwicklung von Lehrkräften auf. Das Ziel von Fortbildungen ist die Steigerung der Lehrerprofessionalität, womit letztendlich ein verbesserter Unterricht intendiert wird (Lipowsky & Rzejak, 2012). Die Evaluation von Lehrerfortbildungen ermöglicht eine Effektivitätsüberprüfung und hilft dabei, Rückmeldung über den Kompetenzzuwachs der Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu erhalten und bisher nicht erkannte Möglichkeiten der Optimierung aufzudecken (Haenisch, 1990). Die für dieses Projekt neu konzipierte Fortbildung bezieht sich auf den Einsatz von Experimenten zur Förderung der Erkenntnisgewinnungskompetenz. Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen werden nur selten im Unterricht gefördert. Untersuchungen haben gezeigt, dass nur selten Experimente zur Hypothesenüberprüfung eingesetzt werden und die Schülerinnen und Schüler in den meisten Fällen nicht hinreichend bei der Planung und Auswertung eingebunden werden (Tesch & Duit, 2004; Seidel et al., 2007). Ebenfalls zeigen die Lernenden Schwierigkeiten beim Experimentieren gemäß dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg (Hammann et al., 2006). Aus diesem Grund beschäftigt sich der Inhalt der Fortbildung mit einer in der Schulpraxis erprobten Einsatzvariante, die von der AG Sumfleth (Universität Duisburg-Essen) entwickelt und erprobt wurde. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass positive Effekte beim Experimentieren erzielt werden können, wenn Schülerinnen und Schüler unter Einsatz von Strukturierungshilfen, eines Strukturierungstrainings und Feedback-Formen eigenständig Experimente planen, durchführen und Schlussfolgerungen ziehen (Walpuski & Sumfleth, 2007; Wahser & Sumfleth, 2008).

### **Forschungsfragen**

Es wird eine Lehrerfortbildung entwickelt und evaluiert, deren Ziel es ist, diejenigen Kompetenzen der Chemielehrkräfte zu fördern, die für die Vermittlung von Kompetenzen auf Schülerseite im Bereich der Erkenntnisgewinnung bedeutsam sind. Dafür wird eine eintägige Fortbildung für Lehrkräfte der Sekundarstufe I konzipiert, die gemäß dem Modell von Lipowsky (2010) evaluiert wird. Dieser beschreibt die Evaluation von Lehrerfortbildungen auf vier Ebenen: *Zufriedenheit der Teilnehmerinnen und Teilnehmer*, *Erweiterung der Lehrerkognitionen*, *Unterrichtspraktisches Handeln* und *Effekte auf Schülerinnen und Schüler*. Gemäß diesen vier Ebenen gestalten sich die Forschungsfragen dieses Projektes:

F1: Wird die Fortbildung von den Lehrkräften als positiv empfunden?

F2: Ändert sich die Einstellung in Richtung eines Einsatzes von Experimenten zur Erkenntnisgewinnung?

F3: Erhöht sich das fachdidaktische Wissen zum Experimenteinsatz?

F4: Erstellen die Lehrkräfte Unterrichtsmaterialien gemäß dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg?

F5: Sind die Lehrkräfte in der Lage, die Inhalte der Fortbildung in ihrem Unterricht umzusetzen und diesen gemäß dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg zu gestalten?

F6: Experimentieren die Schülerinnen und Schüler gemäß dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg?

### Testinstrumente

Für die Beantwortung der Forschungsfragen werden verschiedene Testinstrumente eingesetzt. Um die Zufriedenheit der teilnehmenden Lehrkräfte zu analysieren, wird ein Fragebogen eingesetzt, der einerseits die Beurteilung der Fortbildungsqualität und andererseits die Erwartungen der Lehrkräfte erfasst. Zusätzlich wird mit dem Fragebogen erfasst, inwiefern die Erwartungen erfüllt werden können (Pietzner, Scheuer & Daus, 2004) (Fortbildungsqualität: 6 Items,  $\alpha = .84$ ; Referent: 4 Items,  $\alpha = .72$ ; Erwartung: 4 Items,  $\alpha = .69$ ; Erfüllung: 4 Items,  $\alpha = .81$ ). Des Weiteren werden ein Test zum fachdidaktisch-experimentellen Wissen (Tepner, Backes & Sumfleth, unveröffentlicht) (56 Items, 30 Relationen,  $\alpha = .77$ ) und ein Einstellungsfragebogen zum Experimenteinsatz (18 Items,  $\alpha = .80$ ) eingesetzt. Die Lehrkräfte werden in der Fortbildung während der Unterrichtsmaterialplanung gefilmt. Für die Analyse dieser Videos wird sowohl ein niedrig-inferentes Manual ( $\kappa = .75 - .83$ ) als auch ein hoch-inferenter Kodierfragebogen verwendet ( $ICC_{\text{unjust}} = .73 - .93$ ). Die Kodiermanuale für die Unterrichtsvideos werden momentan erstellt.

### Untersuchungsdesign

#### Stichprobenumfang

Für die Pilotierung wurden drei Fortbildungen durchgeführt, an denen 29 Lehrerinnen und Lehrer der Sekundarstufe I teilgenommen haben. Insgesamt wurden sechs Videos davon erstellt, wie die Lehrkräfte in der Fortbildung Unterrichtsmaterialien erstellen. Nach der Fortbildung wurden vier Fortbildungsteilnehmerinnen und -teilnehmer im Unterricht gefilmt sowie zehn Schülergruppen.

#### Untersuchungsablauf

Zehn Tage vor der Fortbildung werden der Einstellungsfragebogen und der fachdidaktische Wissenstest online an die teilnehmenden Lehrkräfte verschickt. Danach folgt die eintägige Fortbildungsveranstaltung, in der die Lehrkräfte die erprobte Einsatzvariante zum Experimenteinsatz kennenlernen (Walpuski & Sumfleth, 2007; Wahser & Sumfleth, 2008). Nachdem die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sich mit den Materialien auseinandergesetzt haben und ihnen an einem Beispiel erläutert wird, wie der Unterricht auf diese Weise geplant werden kann, erstellen sie zu einem zuvor durchgeführten Experiment Unterrichtsmaterialien. Diese Phase wird videographiert, um anschließend zu untersuchen, inwiefern die Lehrkräfte in der Lage sind, die Inhalte der Fortbildung bei der Erstellung von Unterrichtsmaterialien zu berücksichtigen. Am Ende der Fortbildung werden erneut der Einstellungsfragebogen und der fachdidaktische Wissenstest zum Experimenteinsatz eingesetzt, und die Lehrkräfte füllen den Fragebogen zur Zufriedenheit aus. Drei Monate nach der Fortbildungsveranstaltung werden der Einstellungsfragebogen und fachdidaktische Wissenstest online verschickt, um zu schauen, ob nachhaltig kognitive Änderungen feststellbar sind. Darüber hinaus wird anhand von Einzelfällen analysiert, inwiefern eine Implementierung im Schulunterricht stattfindet, indem die Lehrkraft und die Schülergruppen im nachfolgenden Unterricht beim Experimentieren gefilmt werden.

### Erste Ergebnisse der Pilotierung

Erste Auswertungen des Zufriedenheitsfragebogens zeigen, dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sowohl die Fortbildungsqualität als auch die Fähigkeit des Referenten positiv einschätzen ( $M_{\text{Fortbildungsqualität}} = 1.37^1$ ,  $SD = 0.35$ ,  $n = 28$ ;  $M_{\text{Referent}} = 1.39^2$ ,  $SD = 0.38$ ,  $n = 27$ ). Ebenfalls wird deutlich, dass die Erwartungen der Lehrkräfte durch die Fortbildung erfüllt

<sup>1</sup> 3-stufige Likertskala von *optimal* (1) bis *ausreichend* (3)

<sup>2</sup> 5-stufige Likertskala von *sehr gut* (1) bis *schlecht* (5)

werden können. Bezüglich der Einstellung zum Experimenteinsatz kann pre-post eine signifikante Änderung festgestellt werden ( $t(28) = 5.18, p < .001, d = 0.99, N = 29$ ). Langfristig (pre-follow-up) ist eine tendenzielle Änderung sichtbar ( $t(11) = 2.10, p = .060, d = 0.39, n = 12$ ). Der Test zum fachdidaktisch-experimentellen Wissen zeigt ähnliche Ergebnisse (pre-post:  $t(28) = -3.89, p = .001, d = 0.46, N = 29$ ; pre-follow-up:  $t(11) = -0.94, p = .369, d = 0.24, n = 12$ ). Des Weiteren lassen erste Analysen der Fortbildungsvideos darauf schließen, dass die teilnehmenden Lehrkräfte die Unterrichtsmaterialien größtenteils gemäß dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg planen. Sie berücksichtigen alle Phasen, die für die Materialplanung von Bedeutung sind und zeigen insgesamt geringe Schwierigkeiten bei der Planung.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die ersten Ergebnisse der Pilotierung zeigen, dass die neu konzipierte Fortbildung auf Zufriedenheit bei den teilnehmenden Lehrkräften stößt. Außerdem kann eine Änderung der Einstellung bzgl. des Experimenteinsatzes zur Erkenntnisgewinnung festgestellt werden. Das fachdidaktisch-experimentelle Wissen kann durch die Fortbildung erhöht werden, wobei untersucht werden muss, ob dies bei einer größeren Stichprobe auch langfristig der Fall ist. Die Videos zur Materialplanung zeigen, dass die Lehrkräfte die Materialien gemäß dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg gestalten. Die Analyse der Unterrichtsvideos steht noch aus. Für die Hauptuntersuchung ist folgender Stichprobenumfang geplant:  $N$  (Fortbildungsteilnehmer)  $\approx 110$ ,  $N$  (Videos Unterrichtsplanung)  $\approx 30$ ,  $N$  (Videos Lehrkraft im Unterricht)  $\approx 15$  und  $N$  (Videos Schülergruppen)  $\approx 60$ .

### Literatur

- Haenisch, H. (1990). Evaluation in der Lehrerfortbildung: Ziele, Verfahrensweisen, Beispiele. Forum Lehrerfortbildung, 17, 5-51.
- Hammann, M., Hoi Phan, T. T., Ehmer, M., & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. MNU, 59/5, 292-299.
- 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. Münster: Waxmann Verlag.
- Lipowsky, F., & Rzejak, D. (2012). Lehrerinnen und Lehrer als Lerner – Wann gelingt der Rollentausch? Merkmale und Wirkungen wirksamer Lehrerfortbildungen. Schulpädagogik heute, 5(3), 1-17.
- Pietzner, V., Scheuer, R., & Daus, J. (2004). Fragebogenstudie zum Fortbildungsverhalten von Chemielehrerinnen und –lehrern. In H. J. Bader, K. Höner & I. Melle (Hrsg.), Frankfurter Beiträge zur Didaktik der Chemie. Band 3. Frankfurt am Main: Vertragsbuchhandlung Schutt.
- Seidel, T., Prenzel, M., Wittwer, J., & Schwindt, K. (2007). Unterricht in den Naturwissenschaften (147-179). In PISA-Konsortium Deutschland, PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie. Münster: Waxmann.
- Tepner, O., Backes, A., & Sumfleth, E. (unveröffentlicht). Test zum fachdidaktisch-experimentellen Wissen von Chemielehrkräften.
- Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 51-69.
- Wahser, I., & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 14, 219-241.
- Walpuski, M., & Sumfleth, E. (2007). Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 13, 181-198.

Stephanie Münstermann<sup>1,2</sup>  
 Sascha Schmeling<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CERN  
<sup>2</sup>RWTH Aachen

## Fachliches und fachdidaktisches Wissen über Elementarteilchenphysik

### Ausgangslage

Zum 1.8.2014 wird in Nordrhein-Westfalen der neue Kernlehrplan Physik für die Sekundarstufe II, beginnend mit der Einführungsphase, in Kraft treten. Dieser enthält das Themenfeld Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik, wobei das Thema Teilchenphysik erstmalig in den Lehrplan aufgenommen wird. Für die Lehrerinnen und Lehrer in NRW liegt die fachphysikalische Ausbildung in diesem Themengebiet aber entweder lange zurück oder ist gar nicht erfolgt. Da Elementarteilchenphysik bisher nicht unterrichtet wurde, konnte zudem kein fachdidaktisches Wissen hierzu erworben werden.

### Motivation

Der Physiknobelpreis 2013 wurde an François Englert und Peter Higgs für die Vorhersage des Higgs-Teilchens verliehen, welches 2012 am Teilchenbeschleuniger CERN experimentell nachgewiesen wurde. Solche Meilensteine der Physik, die Eingang in die Medien finden, wecken das Interesse der Schülerinnen und Schüler für moderne Physik. Hieraus ergibt sich aber auch die Notwendigkeit, diese Fachinhalte qualifiziert zu unterrichten. Diese Qualifizierung soll im Rahmen einer praxisnahen Fortbildung, welche die Lehrerinnen und Lehrer in Nordrhein-Westfalen mit dem nötigen Basiswissen und Material ausstattet, um Elementarteilchenphysik im Unterricht zu unterrichten.

### Theoretischer Hintergrund

Die geplante Lehrerfortbildung zum Thema Elementarteilchenphysik soll neben dem nötigen fachlichen Wissen (*content knowledge, CK*) auch fachdidaktisches Wissen (*pedagogical content knowledge, PCK*) vermitteln. Der Begriff des PCK wurde 1976 von Shulman als „das fehlende Paradigma“ beschrieben und ist seitdem Gegenstand der Forschung. Eine qualitative Art der Erfassung und Beschreibung des pädagogischen Fachwissens von Lehrkräften in den naturwissenschaftlichen Fächern ist die Methode der **CoRes** (**C**ontent **R**epresentations) und **PaP-eRs** (**P**edagogical and **P**rofessional-experience **R**epertoires) (Bertram & Loughran, 2011).

Tab. 1: Erfassung der CoRes

Klasse: Thema:	Idee A	Idee B	Idee C
Was sollen die Schüler Ihrer Meinung nach über diese Idee lernen?			
Warum ist es für Schüler wichtig, dies zu wissen.			
Was wissen Sie zusätzlich über diese Idee, von dem Sie der Meinung sind, dass die Schüler es noch nicht wissen müssen.			
Welche Schwierigkeiten / Einschränkungen sind mit dem Unterrichten dieser Idee verbunden.			
Welches Vorwissen der Schüler beeinflusst Ihren Unterricht zu dieser Idee?			
Welche anderen Faktoren beeinflussen Ihren Unterricht zu dieser Idee?			
Unterrichtsmethoden (und Begründung, warum genau diese Methoden gewählt werden, um diese Idee in Angriff zu nehmen.)			
Mögliche Methoden, um den Grad des Verständnisses der Schüler in Bezug auf diese Idee festzustellen. (Einschließlich der wahrscheinlichen Bandbreite von Antworten)			

Die CoRes ermöglichen die Untersuchung des Wissens der Lehrkräfte darüber, wie ein bestimmter Unterrichtsinhalt für eine bestimmte Zielgruppe unterrichtet werden soll. Die PaP-eRs erfassen das Wissen darüber, wie die Lehrkraft plant, das fachliche Wissen unter Berücksichtigung der Lernenden für eine konkrete Unterrichtssituation aufzubereiten bzw. im Unterricht umzusetzen. Die Erfassung der CoRes erfolgt mit Hilfe einer leeren Tabellenvorlage (Tab. 1), in der die Lehrer, zugeschnitten auf eine Thema und eine Klassenstufe, zunächst die „**Big Ideas**“ (Loughran et al., 2012) als Spaltenüberschriften notieren. Anschließend werden für jede Idee die einzelnen Fragen beantwortet. Eine erfolgreiche **Lehrerfortbildung** zeigt Auswirkungen auf vier Ebenen (Lipowsky & Rzejak, 2012):

- Ebene 1: Reaktion der Teilnehmenden Lehrkräfte
- Ebene 2: Veränderungen des professionellen Lehrerwissens
- Ebene 3: Veränderungen des unterrichtlichen Handelns
- Ebene 4: Die Entwicklung der Schülerleistungen

Auf der ersten Ebene wird der Fortbildungserfolg an der direkten Reaktion der Teilnehmer festgemacht. Fortbildungen, die einen hohen Praxisbezug haben, konkrete Anregungen und Materialien zu Verfügung stellen, die Möglichkeit zum Austausch mit Kollegen bieten und neue Impulse für den täglichen Unterricht setzen, erzeugen eine positive Teilnehmerreaktion (Guskey, 2002). Eine hohe Akzeptanz der Fortbildung lässt jedoch nicht automatisch auf einen Wissenszuwachs der Teilnehmer schließen (Goldschmidt & Phelps, 2007). Der Lernzuwachs der Teilnehmer stellt eine zweite Ebene für die Analyse des Erfolgs einer Fortbildung dar. Neben kognitiven Merkmalen können auf dieser Ebene auch affektiv-motivationale Merkmale erfasst werden, die Studienlage hierzu ist allerdings eher als gering anzusehen, während zahlreiche Studien den Erfolg von Fortbildungsmaßnahmen im Bereich kognitiver Dimensionen nachgewiesen haben (Timperley et al., 2007; Lipowski 2011). Auf der dritten Ebene kann der Erfolg einer Weiterbildungsmaßnahme anhand der Veränderung des unterrichtlichen Handelns der Lehrkraft ablesen werden. Bisher gibt es hierzu jedoch nur wenige empirische Studien (Lipowski & Rzejak, 2012). Die Auswirkung von Lehrerfortbildungen auf die Entwicklung von Schülerleistungen ist mittlerweile durch verschiedene Studien belegt (Timperley, et al. 2007; Lipowski, 2010). Sie stellt die vierte und am weitest reichende Ebene dar.

### **Ziel**

Die Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung, die sowohl Fachwissen, wie auch fachdidaktisches Wissen zum Thema „Elementarteilchenphysik“ vermittelt, ist somit Ziel des hier vorgestellten Projektes.

### **Design**

Der neue Lehrplan in NRW verlangt die Behandlung des Themas Elementarteilchenphysik im Unterricht, lässt aber inhaltliche viele Freiheiten. Für eine entsprechende Lehrerfortbildung müssen also zunächst die fachlichen Inhalte festgelegt werden. Deswegen sollen in einem ersten Schritt (vgl. Abb. 1) die „Big Ideas der Teilchenphysik“ mit Hilfe der Methode von Loughran et al. ermittelt werden. Hierzu werden 15 Teilchenphysiker (mit Lehrererfahrung) mit Hilfe einer modifizierten CoRes-Tabelle nach den Big Ideas befragt, die ihrer Meinung nach in einem Physikleistungskurs behandelt werden sollen. Modifiziert wurde die Tabelle dahingehend, dass die Befragten nur die ersten drei Fragen zu den Big Ideas beantworten sollten. Grund hierfür war, dass ausgewählte Experten nahezu ausschließlich Lehrererfahrung mit Studierenden besitzen. Lehrkräfte konnte zu diesem Thema nicht gefunden werden, da das Thema wie oben beschrieben bisher nicht Teil des Unterrichtscurriculums war. Deshalb wären Fragen nach dem Schülerwissen/-vorstellungen etc. in beiden Fällen nicht aussagekräftig gewesen. Im weiteren Projektverlauf (Abb. 1) wird basierend auf den

ermittelten Big Ideas in Abstimmung mit dem Lehrplan eine Unterrichtseinheit entwickelt und erprobt.



Abb. 1: Graphische Darstellung des Studiendesign

Diese soll die Möglichkeit bieten, die weiteren Fragen der CoRes-Tabelle gemeinsam mit den Lehrern zu beantworten und besondere Schwierigkeiten im Schülerverständnis dieses Themas aufzuzeigen. Des Weiteren bietet sich so die Möglichkeit verschiedene Unterrichtsmaterialien zu erproben. Auf Grundlage dieser Unterrichtseinheit wird dann die Lehrerfortbildung entwickelt, die auf diese Weise sowohl fachphysikalisches wie auch praxiserprobtes fachdidaktisches Wissen vermittelt. Teilnehmer dieser Fortbildung sind 30 Lehrkräfte aus NRW, die als Multiplikatoren ihrerseits wiederum Lehrkräfte fortbilden sollen. Zur Evaluation der Fortbildung ist ein Wissenstest der Teilnehmer geplant. Eine Evaluation der, durch die Sekundärfortbildung, fortgebildeten Lehrer ist angedacht, zum jetzigen Zeitpunkt jedoch noch nicht sichergestellt.

### Erste Ergebnisse der Befragung nach den Big Ideas der Teilchenphysik

Die bisherige Befragung (N=8) der Teilchenphysiker hat 5 „Big Ideas“ geliefert: Das Standardmodell, Detektoren und Beschleuniger, Feynman-Diagramm, Offene Fragen der Teilchenphysik, Astroteilchenphysik und Kosmologie. Abhängig davon, ob die Experten eher aus einem theoretischen oder praktischen Umfeld stammten unterschied sich die inhaltliche Tiefe der einzelnen Ideen. Einig waren sich aber alle Experten darin, dass eine mathematische Behandlung des Themas für ein grundlegendes Verständnis nicht notwendig ist.

### Literatur

- Bertram, A., & Loughran, J., (2011). Science Teachers' Views on CoRes and PaP-eRs as a Framework for Articulating and Developing Pedagogical Content Knowledge. Published online: 25 May 2011 © Springer Science+Business Media B.V. 2011.
- Goldschmidt, P., & Phelps, G., (2007). Does teacher professional development affect content and pedagogical knowledge: How much and for how long? National Center for Research on Evaluation, Standards and Student Testing (CRESST), Center for the Study of Evaluation (CSE). Los Angeles.
- Guskey, T. R. (2002). Professional development and teacher change. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, H.3/4, 381-391.
- Lipowsky, F., (2011). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und -weiterbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 398-417). Münster.
- Lipowski, F., & Rzejak D. (2012). Lehrerinnen und Lehrer als Lerner - Wann gelingt der Rollentausch? Merkmale und Wirkungen wirksamer Lehrerfortbildungen. *Schulpädagogik Heute*, H. 5.
- Loughran et al. (2012). Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Professional Learning*, 12.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Timperley, H., Wilson, A., Barrar, H., & Fung, I. (2007). *Teacher professional learning and development: Best evidence synthesis iteration (BES)*. Wellington.

Julia Hoche<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>2</sup>  
 Heidrun Heinke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen  
<sup>2</sup>Universität Potsdam

## Lehrerfortbildung zum Einsatz von Smartphones im Physikunterricht

Lehrerfortbildungen können zur Professionalisierung von Lehrkräften beitragen. Verschiedene Studien zeigen, wie effiziente Fortbildungen gestaltet werden müssen, sodass eine Implementation der Inhalte oder Intentionen in den Unterricht der jeweiligen Lehrkraft gelingen kann. Auf der Basis dieser Ergebnisse wird eine Fortbildung zum Einsatz von Smartphones im Physikunterricht entwickelt, durchgeführt und evaluiert. Dieses Vorhaben wird im Weiteren ausführlicher erläutert.

### Motivation

Smartphones können als vielseitige Messinstrumente den Physikunterricht bereichern. Zudem impliziert die Einbindung dieser Alltagsgeräte der „Digital Natives“ im Physikunterricht einen klaren Alltagsbezug, und der Einsatz von Smartphones im Physikunterricht ermöglicht die Auslagerung von Experimenten in die Hausaufgaben. Die Physik ist somit nicht mehr auf die Unterrichtszeit und das Schulgelände beschränkt. Für Schulen bietet die Aussicht auf den Einsatz der privaten Smartphones im Unterricht Möglichkeiten von kostengünstigen Schülerexperimenten selbst in der Oberstufe. Die Einschränkung auf Smartphones (und nicht auf digitale Endgeräte) erfolgt u. a. aufgrund der Ergebnisse der JIM-Studie (2012). Es zeigt sich, dass die Smartphones/iPhones bei der „Geräte-Ausstattung im Haushalt 2012“ um 20 Prozentpunkte gegenüber 2011 zugenommen haben. Bei Tablet-PC/iPad war es nur eine Zunahme von 9 Prozentpunkten.

Um Smartphones als Messinstrumente in den Physikunterricht zu integrieren, müssen zunächst die Lehrkräfte geschult werden. Die Entwicklung und Evaluation einer hierzu geeigneten Lehrerfortbildung ist Ziel der vorgestellten Arbeiten.

### Experimente mit Smartphones

Mögliche Beiträge des Einsatzes von Smartphones beim Experimentieren für den Aufbau experimenteller Kompetenz können auf der Grundlage des Modells experimenteller Kompetenz (Schreiber, Theyßen & Schecker, 2009) beschrieben werden. Danach wird durch Smartphone-Experimente eine Schwerpunktsetzung in den Bereichen „Durchführung“ und „Auswertung“ erwartet. Der Einsatz des Smartphones als Messinstrument deckt den Bereich der „Durchführung von Experimenten“ ab, wobei aufgrund der eingebauten Sensoren die Zusammenstellung der Geräte und der Aufbau der Versuchsanordnung weniger umfangreich als bei herkömmlichen Experimenten ausfallen können. Die zur Verfügung stehenden Apps zeichnen die Messungen auf, sodass ein Mitschreiben der einzelnen Messwerte entfällt. Eine Auswertung am Smartphone ist möglich, aber ebenso ein Export der Messdaten in Datenverarbeitungsprogramme. Auf diese Weise eingesetzt, beeinflusst der Einsatz von Smartphones den Kompetenzerwerb zusätzlich in der Phase der Auswertung der Experimente.

### Forschungsstand zu Lehrerfortbildungen

Untersuchungen zu Lehrerfortbildungen zeigen, dass bei der Konzipierung von Lehrerfortbildungen folgende Aspekte berücksichtigt werden sollen:

- Orientierung der Inhalte an den Interessen und Bedürfnissen der Teilnehmer (Rösken, 2008)
- enger fachdidaktischer (und inhaltlicher) Bezug zu den Inhalten (Lipowski, 2010)

- Theorieeinheiten, Übungs- und Anwendungsphasen (Pennig, 2005)
- gegenseitiger Austausch und Zusammenarbeit der Teilnehmer (Lipowski, 2004)
- Erprobung der Inhalte im eigenen Unterricht (Suckut, 2013)

Nach Lipowski (2010, S. 51) lassen sich die Zusammenhänge in einer Übersicht entsprechend Abb. 1 darstellen:

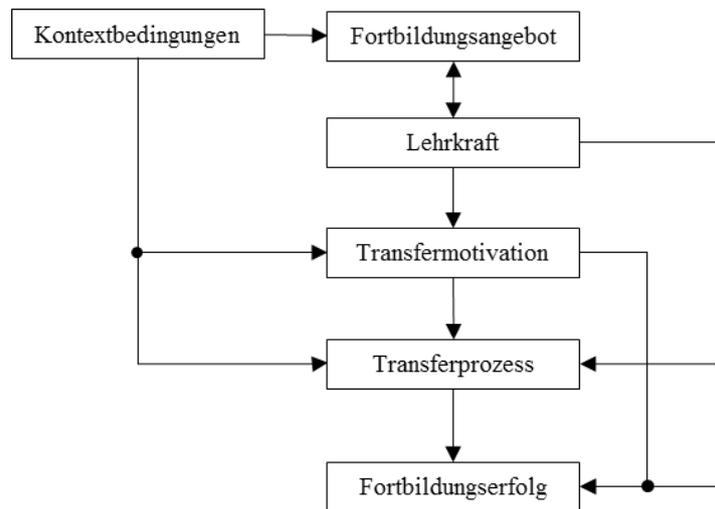


Abb. 1: Modell zur Erklärung der Wirksamkeit einer Lehrerfortbildung in Anlehnung an Lipowski (2010)

Dabei wurden im Block „Lehrkraft“ die folgenden Teilaspekte zusammengefasst:

- Voraussetzungen der Lehrkräfte
- Erfolgserwartung
- Subjektiver Wert der erwarteten Veränderung(en)
- Wahrnehmung und Nutzung des Angebots durch die Lehrkraft
- Förderung und Erhalt der Teilnahmemotivation

### Konzipierung einer Lehrerfortbildung zum Einsatz der Smartphones

Damit sich die Lehrkräfte aktiv mit den Inhalten der Fortbildung auseinandersetzen, wird diese nach dem Sandwich-Prinzip (Wahl, 2006) konzipiert. Die resultierende Grundstruktur der Lehrerfortbildung zeigt Abb. 2.

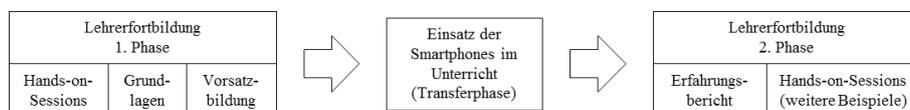


Abb. 2: Ablauf der Lehrerfortbildung

Der erste Teil der Lehrerfortbildung besteht aus einem praxisorientierten Training an einem Beispiel für Experimente mit Smartphones (z. B. nur Experimente mit dem Beschleunigungssensor). In dieser Phase sollen Berührungängste mit der neuen Technik und der nach unseren Erhebungen deutliche Informationsrückstand vieler Lehrkräfte gegenüber Schülerinnen und Schülern beim Umgang mit Smartphones abgebaut werden. Aus diesem Grund soll bei der Lehrerfortbildung ein Schwerpunkt auf die „Hands-on-Sessions“ gesetzt werden, um das Selbstkonzept der Lehrkräfte beim Umgang mit den

Smartphones und deren Einsatz als Messinstrument zu stärken und entsprechende Handlungskompetenz aufzubauen. Im Anschluss an den Praxisteil findet eine Schulung zu den theoretischen Grundlagen des Einsatzes von Experimenten im Physikunterricht (u. a. Modell experimenteller Kompetenz) statt und es werden Möglichkeiten der Verwendung des Smartphones aufgezeigt. Die erste Phase endet mit einer persönlichen schriftlichen Vorsatzbildung durch die Lehrkraft.

Nach einem halben Jahr bietet der zweite Teil der Fortbildung den Teilnehmern neben der Möglichkeit der Reflexion über den Einsatz des Smartphones im eigenen Unterricht auch weitere experimentelle Beispiele hierzu. Die in der Lehrerfortbildung verwendeten Experimente orientieren sich an den Beispielen von Vogt, Kuhn & Gareis (2011), Kuhn, Vogt & Müller (2011) und Müller (2011).

### **Forschungsgegenstände**

In der Studie sollen die folgenden Fragen mit Hilfe von Fragebögen und Interviews untersucht werden:

- Akzeptieren die Lehrkräfte das Smartphone als Messinstrument im Physikunterricht?
- Wie setzen die Lehrkräfte das Smartphone ein (z. B. nur zur Motivation)?
- Wird das Smartphone gezielt in Hausaufgaben eingesetzt?
- Führt die Teilnahme an der Fortbildung zu einer Veränderung der Handlungskompetenz der Lehrkräfte?
- War die Lehrerfortbildung effektiv, d. h. führt sie zu Fortbildungserfolg nach Lipowski (2010)?

### **Literatur**

- JIM-Studie (2012). Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, JIM-Studie 2012, Download unter: [www.mpfs.de](http://www.mpfs.de).
- Kuhn, J., Vogt, P., & Müller, S. (2011). Handys und Smartphones. Einsatzmöglichkeiten und Beispielexperimente im Physikunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 7(60), 5-12.
- Lipowski, F. (2004). Was macht Fortbildungen für Lehrkräfte erfolgreich? Befunde der Forschung und mögliche Konsequenzen für die Praxis. *Die deutsche Schule*, 96(4), 462-479.
- Lipowski, F. (2010). Lernen im Beruf – Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders, J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen – Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung*, 51-72.
- Müller, R. (2011). Geschwindigkeitsmessungen mit dem Audioeditor. Kontextorientierte Aufgabe (20). *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 7(60), 42-43.
- Pennig, D. (2005). Entwicklung, Erprobung und Evaluation eines Konzeptes zur Lehrerfortbildung und Lehrerausbildung, Dissertation, Download unter: <http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=5203>
- Rösken, B. (2008). Zu innovativen Aspekten von Lehrerfortbildung. In E. Vasarhélyi (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2008*, 669-672.
- Schreiber, N., Theyßen, H., & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 8(3), 92-101.
- Suckut, J. (2013). Die Wirksamkeit von piko-OWL als Lehrerfortbildung: Eine Evaluation zum Projekt Physik im Kontext in Fallstudien. *Studien zum Physik- und Chemielernen*, Band 149.
- Vogt, P., Kuhn, J., & Gareis, S. (2011). Beschleunigungssensoren von Smartphones – Möglichkeiten und Beispielexperimente zum Einsatz im Physikunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 7(60), 15-22.
- Wahl, D. (2006). Lernumgebungen erfolgreich gestalten. Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln. Bad Heilbrunn, Klinkhardt.

## **Qualitative Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) in physikdidaktischen Handlungsfeldern**

### **Einführung**

Cakiroglu et al. (2012, S. 458) "echo the need for new or revised measure(s) that would reliably assess science teaching efficacy and its components." Denn obwohl SWE<sup>1</sup> als eine wesentliche Komponente professioneller Handlungskompetenz (angehender) Physiklehrkräfte betrachtet werden (vgl. Baumert & Kunter, 2006) und vermutet wird, dass SWE nicht nur die Planung und Durchführung von Unterricht, sondern auch Motivation, Selbstwirksamkeitserwartungen oder Leistungen von Schülerinnen und Schüler beeinflussen (vgl. z. B. Woolfolk Hoy, Hoy & Davis, 2009), existiert nach Kenntnis der Autoren derzeit kein Instrument, welches zuverlässig SWE (angehender) Physiklehrkräfte erfasst. Das Science Teaching Efficacy Belief Instrument (STEBI, Riggs & Enochs, 1990) wurde hinsichtlich der Gütekriterien häufig kritisiert (Cakiroglu et al., 2012, S. 458); andere Instrumente konnten in Validierungsstudien ebenfalls nicht überzeugen (Pruski et al., 2013).

Die Autoren entwickeln daher ein neues deutschsprachiges Testinstrument, um SWE (angehender) Physiklehrkräfte bezüglich der physikdidaktischen Handlungsfelder „Schülervorstellungen“, „Experimentieren“, „Elementarisieren“ und „Aufgaben“ jeweils differenziert nach den Dimensionen Planung und Durchführung von Physikunterricht zu messen. Eine ausführlichere Darstellung der geplanten Entwicklungs- und Validierungsschritte findet sich in Rabe, Krey und Meinhardt (2013). Ergebnisse einer ersten Pilotstudie stimmen zuversichtlich, überhaupt ein Instrument entwickeln zu können, welches den genannten Anforderungen genügt (Rabe, Meinhardt & Krey, 2012). Nachfolgend werden Ergebnisse der qualitativen Validierungsstudien exemplarisch dargestellt sowie Konsequenzen für die geplanten empirischen Anschlussstudien andiskutiert.

### **Forschungsfragen für die qualitative Validierung**

- Sind die entwickelten Items für die verschiedenen Befragungsgruppen (Studierende, Lehramtskandidatinnen & -kandidaten, Berufseinsteiger) inhaltlich und sprachlich verständlich?
- Passen die entwickelten Items zum jeweiligen Handlungsfeld?
- Sind die gewählten Handlungsbarrieren passend und authentisch? (Umsetzung der Definition, vgl. Fußnote 1)
- Sind die gewählten Handlungsfelder vollständig abgebildet?
- Sind die Dimensionen (Planung/Durchführung) trennscharf abgebildet?

### **Methode**

Um die genannten Forschungsfragen zu untersuchen, wurde eine Expertenbefragung konzipiert, an der 17 Professorinnen und Professoren aus dem Bereich der Didaktik der Physik teilnahmen. Ihnen wurden in einem (Online-)Fragebogen die zugrunde gelegte Definition (siehe Fußnote 1) und die daraus abgeleiteten Item-Konstruktionsregeln sowie die entwickelten Items zu jeweils zwei Handlungsfeldern in den Dimensionen Planung und Durchführung

<sup>1</sup> Unter SWE verstehen Schmitz und Schwarzer (2000, p. 13) „[...] die subjektive Gewi[ss]heit, eine neue oder schwierige Aufgabe auch dann erfolgreich bearbeiten zu können, wenn sich Widerstände in den Weg stellen.“

von Physikunterricht vorgestellt. Die Expertinnen und Experten wurden gebeten pro Item/Skala bzgl. der oben genannten Forschungsfragen eine Einschätzung vorzunehmen. Zusätzlich wurde erfragt, für welche zusätzlichen Handlungsfelder SWE-Skalen entwickelt werden sollten und ob die Differenzierung der Skalen in Planung und Durchführung als sinnvoll erachtet wird.

Zusätzlich wurden 21 Interviews mit Personen aus allen potentiellen Befragungsgruppen geführt (13 Studierende, vier Lehramtsanwärterinnen & -anwärter, vier Berufseinsteiger). Vier Studierende hatten wenig bis keine schulpraktische Erfahrung (drittes Semester: Einführungsvorlesung Physikdidaktik, Praktikum Schulexperimente), fünf Studierende verfügten über geringe schulpraktische Erfahrung (fünftes/sechstes Semester: Schulpraktische Übungen) und vier Studierende konnten umfangreiche schulpraktische Erfahrungen vorweisen, weil sie bereits das Praxissemester in Brandenburg absolviert hatten (neuntes Semester). In den Interviews wurde insbesondere die Verständlichkeit und Authentizität der Items thematisiert. Dazu sollten die Interviewten die Items einmal laut vorlesen, dann mit eigenen Worten das Gelesene zusammenfassen und anschließend eine begründete Selbsteinschätzung vornehmen. Die Interviews dauerten im Mittel 60 Minuten, wurden auf Tonband aufgezeichnet und anschließend ausschnittsweise transkribiert.

### **Ergebnisse**

Aus den Studien konnten wertvolle Hinweise bezüglich der Itemkonstruktion gewonnen werden. Einige Items erwiesen sich als unpräzise/mehrdeutig oder unauthentisch (insbesondere aufgrund der gewählten Handlungsbarrieren) und wurden angepasst. Insbesondere die teilweise extremen Formulierungen („...in jeder Situation...“, „...immer...“) wurden übergreifend als problematisch wahrgenommen und entfernt, sodass die Items in der überarbeiteten Fassung weder All-Aussagen noch mehrere Hürden gleichzeitig beschreiben. Auch Negationen („Es bereitet mir keine Probleme...“) wurden aus den Itemformulierungen entfernt, nachdem diese mehrfach zu Verwirrungen geführt hatten und auch aus testtheoretischer Sicht Schwierigkeiten zu erwarten wären. Je weiter fortgeschritten die Studierenden im Studium waren bzw. je mehr schulpraktische Erfahrung sie vorweisen konnten, desto verständlicher waren die Items für die Studierenden. Dies konnte beispielsweise dann beobachtet werden, wenn Fachtermini in den Itemformulierungen verwendet wurden. Wann immer es möglich war, wurden Fachbegriffe durch Umschreibungen oder alltagsnahe Formulierungen ersetzt. Seitens der Expertinnen und Experten wurde vorgeschlagen, eine einheitliche Formierungsstruktur zu verwenden („Ich kann..., auch wenn...“).

Die vorgeschlagenen Handlungsfelder wurden von den Expertinnen und Experten grundsätzlich als relevant eingestuft. Allerdings wiesen sie auf teils fehlende Facetten der Handlungsfelder hin, sodass einige Items ergänzt wurden. Das gewählte Spezifitätsniveau (kein Bezug auf spezifische Inhalte der Physik) stellte für die Interviewten größtenteils keine Hürde dar – in der Regel wurden passende, teils auch themen- oder inhaltspezifische Situationen assoziiert.

Die grundsätzliche Differenzierung in Planungs- und Durchführungsskalen wurde zu einem großen Teil befürwortet. Allerdings wurde teilweise die Umsetzung in den einzelnen Itemformulierungen kritisiert. In den Interviews kristallisierte sich heraus, dass speziell zu den Planungsskalen eher Durchführungssituationen assoziiert wurden. Die Items wurden daraufhin mit dem Ziel überarbeitet, den Planungsaspekt deutlicher hervorzuheben.

### **Diskussion**

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass mithilfe der qualitativen Validierung wertvolle Informationen gesammelt werden konnten, die in einem weiteren Überarbeitungsschritt zu einer deutlichen Verbesserung der Items führten. Wünschenswert wäre es, die Umformulierungen erneut hinsichtlich ihrer Verständlichkeit zu überprüfen (z. B. mit Hilfe von Inter-

views oder der Methode des lauten Denkens). Dass die Items mit zunehmender Erfahrung besser verstanden wurden und die Tatsache, dass Studierende häufig äußerten, ihre Einschätzung sei von ihrer Erfahrung abhängig, stimmt optimistisch, mit dem konzipierten Instrument die Entwicklung von SWE über einen gewissen Zeitraum (Studium) abbilden zu können, was perspektivisch in einer Anschlussuntersuchung mit längsschnittlichem Charakter geprüft werden soll (vgl. Rabe et al., 2013).

Um Verständnisschwierigkeiten auf ein Minimum zu reduzieren, wurden einerseits Fachtermini größtenteils ersetzt, andererseits wird angestrebt, einen erklärenden Instruktionstext voranzustellen. Dieser soll unvermeidliche Fachbegriffe wie „Schülervorstellungen“ kurz erläutern.

Zwar wurden die einzelnen Handlungsfelder als relevant erachtet sowie einzelne Items ergänzt, um diese möglichst vollständig abzubilden – die Frage der Eindimensionalität wurde trotzdem mehrfach gestellt und kann wohl erst nach einer statistischen Überprüfung genauer beantwortet werden. Obwohl die Trennung von Planung und Durchführung als theoretisch sinnvoll erschien, wurde angemerkt, dass zu überprüfen sei, ob die vorgenommene Differenzierung auch empirischen Prüfungen standhalten könne.

### Ausblick

Im Sinne einer Validierung als „continuing process“ (Messick, 1995, S. 741) sollen die überarbeiteten Skalen erneut statistisch überprüft werden – auch um oben genannten Fragen weiter nachzugehen. Im Rahmen eines Dissertationsprojektes ist dazu eine Querschnitterhebung für das Wintersemester 2013/2014 geplant. Neben Faktoren- und Korrelationsanalysen sowie Mehrgruppenvergleichen sollen auch Raschmodellierungen durchgeführt werden, sodass Aussagen zur Eindimensionalität der Skalen, zur Abgrenzung der Konstrukte und zur Gruppeninvarianz des Instruments getroffen werden können. Die Ergebnisse aller Validierungsstudien sollen abschließend zu einem „Validitätsargument“ (Kane, 1992) zusammengefasst werden.

### Literatur

- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469-520.
- Cakiroglu, J., Capa-Aydin, Y., & Woolfolk Hoy, A. (2012). Science Teaching Self Efficacy Beliefs. In B. J. Fraser, K. G. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 449–462). Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.
- Kane, M. T. (1992). An Argument-Based Approach to Validity, 112(3), 527-535.
- Messick, S. (1995). Validity of Psychological Assessment. *American Psychologist*, 50(9), 741–749.
- Pruski, L. A., Blanco, S. L., Riggs, R. A., Grimes, K. K., Fordtran, C. W., Barbola, G. M., ... Lichtenstein, M. J. (2013). Construct Validation of the Self-Efficacy Teaching and Knowledge Instrument for Science Teachers-Revised (SETAKIST-R): Lessons Learned. *Journal of Science Teacher Education*.
- Rabe, T., Krey, O., & Meinhardt, C. (2013). Physikdidaktische Selbstwirksamkeitserwartungen (zukünftiger) Physiklehrkräfte II – eine Projektskizze. In S. Bernholt (Ed.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012 (pp. 638 – 640). Münster: LIT.
- Rabe, T., Meinhardt, C., & Krey, O. (2012). Entwicklung eines Instruments zur Erhebung von Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 293-315.
- Riggs, I. M., & Enochs, L. G. (1990). Toward the Development of an Elementary Teacher's Science Teaching Efficacy Belief Instrument. *Science Education*, 74(6), 625-637.
- Schmitz, G. S., & Schwarzer, R. (2000). Selbstwirksamkeitserwartung von Lehrern: Längsschnittbefunde mit einem neuen Instrument. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 14(1), 12-25.
- Woolfolk Hoy, A., Hoy, W. K., & Davis, H. A. (2009). Teacher's Self-Efficacy Beliefs. In K. R. Wentzel & A. Wigfield (Eds.), *Handbook of Motivation at School* (pp. 627–653). New York: Routledge.

### Untersuchung der Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen im Fach Chemie

Das von Lipowsky (2011) entwickelte Angebots-Nutzungs-Modell zur Beschreibung des beruflichen Lernens von Lehrkräften im Rahmen von Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen zeigt die zahlreichen Einflussvariablen und komplexen Beziehungen zwischen diesen Variablen im Hinblick auf den Fortbildungserfolg.

Zu Ausschnitten dieses Modells gibt es eine Reihe empirischer Befunde, die Lipowsky (2011) zusammenfasst. Einen positiven Einfluss haben insbesondere didaktische oder inhaltliche Merkmale, wie die inhaltliche Relevanz der Fortbildung oder der Fokus der Fortbildung auf domänenspezifische Lern- und Verstehensprozesse der Schülerinnen und Schüler. Zudem stellt Lipowsky (2011) mit Verweis auf z.B. Herman & Choi (2008) heraus, dass insbesondere Fortbildungen, die auf die Intensivierung formativen Assessments setzen, sowohl zu einer Änderung des unterrichtlichen Handelns der Lehrkräfte als auch zu einer positiven Beeinflussung der Schülerleistungen beitragen können.

Zur Wirkung struktureller Merkmale ist die Befundlage weniger eindeutig. Beispielsweise konnte nachgewiesen werden, dass langfristig angelegte Veranstaltungen die Einstellungen von Lehrkräften verändern (Supovitz & Turner, 2000) und einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler haben (Lipowsky, 2011). Jedoch ließen sich diese Wirkungen der Fortbildungsdauer nicht generell bestätigen. Zudem lassen sich langfristige Fortbildungsangebote in der Regel nur schwer in der Praxis umsetzen. Ein Grund dafür sind sicherlich die rechtlichen Rahmenbedingungen, die für deutsche Lehrkräfte beispielsweise nur ein geringes oder sogar kein festes Stundenkontingent zu Fortbildungszwecken vorsehen (Richter, Kuhl, Reimers, & Pant, 2012).

Insgesamt kommt Lipowsky (2011) zu dem Schluss, dass *„die gängige Fortbildungspraxis in vielen Bundesländern mit kurzen, inhaltlich wenig verbundenen und isolierten Veranstaltungsangeboten, die häufig Methodenfragen und damit Oberflächenmerkmale von Unterricht thematisieren, [...] wenig geeignet [scheint], Lehrer zu einer vertieften Reflexion ihres unterrichtlichen Handelns zu bewegen und bei ihnen Neugier und Interesse für die Lern- und Verstehensprozesse der Schüler zu wecken“* (Lipowsky, 2011, S. 412).

Daher stellt sich die Frage, welche Wirkungen vor dem Hintergrund der gegebenen Rahmenbedingungen in Abhängigkeit von den Veranstaltungsmerkmalen durch Fortbildungen erzielt werden können. Um diese übergreifende Fragestellung zu beantworten, werden drei verschiedene Fortbildungsmaßnahmen mit unterschiedlichen Merkmalen untersucht. Die Projekte werden im Folgenden skizziert. Ein inhaltlicher Schwerpunkt ist das formative Assessment.

#### **Transfer Wissenschaft → Schule: Kognitionen der Lehrkräfte**

Das Projekt ‚Transfer Wissenschaft → Schule‘ zielt auf die Veränderung der Lehrerkognitionen ab, insbesondere auf die Veränderung des Fachwissens und fachdidaktischen Wissens. Aktuelle Forschungsthemen sowie Wege der Erkenntnisgewinnung aus der Fachwissenschaft sind in einer ersten Fortbildungsveranstaltung Thema. Anschließend werden in einer zweiten Veranstaltung Möglichkeiten der didaktischen Umsetzung des Themas im Unterricht aufgezeigt. In einer dritten Sitzung wird der Schwerpunkt auf Methoden des

formativen Assessments, also auf die Bereiche Diagnose und Bewertung von Schülerleistungen im Lernprozess, gelegt. Das Hauptmerkmal der Veranstaltungsreihe ist damit ein strukturelles Merkmal, nämlich die Dreiteilung der gesamten Maßnahme in drei einzelne, thematisch aufeinander aufbauende Termine.

Die Untersuchung ist als quasi-experimentelles Design mit Vergleichsgruppe (z. B. Wayne, Yoon, Zhu, Cronen, & Garet, 2008) geplant. Die Vergleichsgruppe wird die Veranstaltungen im gleichen zeitlichen Umfang, aber nur zu fachdidaktischen Inhalten belegen. Durch diese Variation des Fortbildungsinhalts kann die Wirkung des Inhalts zwischen den beiden Gruppen verglichen und insbesondere der Einfluss der fachwissenschaftlichen Veranstaltung auf die Lehrerkognitionen überprüft werden.

Um den Einfluss der beiden Fortbildungsreihen auf die Lehrerkognitionen zu messen, werden zwei Testinstrumente eingesetzt. Zum einen wird ein Fachwissenstest zu den Inhalten der fachwissenschaftlich ausgerichteten Veranstaltung und zum anderen ein fachdidaktischer Wissenstest zu Inhalten der eher fachdidaktisch orientierten Veranstaltungen entwickelt. Um die Veränderung der Lehrerkognitionen bestimmen zu können, wird das Wissen zu drei Messzeitpunkten (prä, post, und follow-up) erhoben. Als Kontrollvariablen werden die Motivation der Lehrkräfte und die schulischen Kontextbedingungen (verändert nach Frey et al., 2009) erfasst. Insgesamt wird eine Stichprobengröße von  $N = 100$  Lehrerinnen und Lehrern aus dem Bundesland Schleswig-Holstein angestrebt.

#### **Implementierung Rahmenplan: Unterrichtsplanung der Lehrkräfte**

Die deutschsprachige Gemeinschaft Belgiens führt zum Schuljahr 2013/2014 einen kompetenzorientierten Lehrplan ein. In Zukunft sollen alle Lehrkräfte der Gemeinde nach dessen Vorgaben kompetenzorientiert unterrichten. Dies erfordert auf Seiten der Lehrkräfte eine Veränderung des unterrichtspraktischen Handelns. Über die Dauer von drei Jahren werden zur Unterstützung der Implementierung pro Schuljahr zwei Fortbildungsveranstaltungen je naturwissenschaftlichem Fach angeboten. In der ersten Veranstaltung sind die Themen Aufgabenkultur, Experimente und Reihenplanung vorgesehen. Anschließend haben die Lehrkräfte Gelegenheit, das Gelernte in ihrem Unterricht umzusetzen. In der zweiten Fortbildungsveranstaltung zum Schuljahresende werden die Erfahrungen sowie konkrete Beispiele reflektiert.

Die Untersuchung ist als Evaluationsstudie mit vier Messzeitpunkten angelegt. Vor Durchführung der gesamten Maßnahme werden die Lehrkräfte zu den schulischen Kontextbedingungen (adaptiert nach Frey et al., 2009) befragt. Außerdem werden ihre Einstellungen gegenüber kompetenzorientiertem Unterricht anhand des Fragebogens ‚Stages of Concern about an Innovation‘ (Pant, Vock, Pöhlmann, & Köller, 2008) erhoben. Um die Veränderungen in der Unterrichtsplanung zu messen, werden als drittes Testinstrument Unterrichtsvignetten entwickelt und eingesetzt. Diese beschreiben Unterrichtsinhalte und -situationen, für die die Lehrkräfte Unterricht schriftlich skizzieren sollen.

An der Evaluationsstudie nehmen alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Fortbildungsveranstaltungen teil. Dies sind gleichzeitig alle Lehrerinnen und Lehrer der deutschsprachigen Gemeinschaft,  $N = 55$  Lehrkräfte für Biologie, Chemie und Physik.

#### **ASSIST-ME: Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler**

Im Rahmen des ASSIST-ME Projekts werden Methoden des formativen Assessments (Black & William, 2004) für Unterricht nach dem ‚scientific inquiry‘-Ansatz (Linn, Davis, & Bell, 2004) entwickelt. Anschließend werden Lehrkräfte im Einsatz dieser Methoden zur lernbe-

gleitenden Diagnose fortgebildet. Danach erfolgt die Umsetzung der Methoden im Unterricht mit dem Ziel, den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zu erhöhen.

Die Untersuchung ist als Interventionsstudie mit Kontrollgruppe angelegt. Die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe werden ohne die Einbindung formativen Assessments unterrichtet, jedoch von der gleichen Lehrkraft und mit Einbindung summativen Assessments. Durch den Vergleich von Interventions- und Kontrollgruppe kann zum einen der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler in Abhängigkeit vom Einsatz formativen Assessments überprüft und zum anderen die Qualität der unterrichtlichen Umsetzung der Methoden analysiert werden. Als weitere Kontrollgruppe werden Lehrkräfte hinzugezogen, die nicht an den Fortbildungen teilgenommen haben.

Um die Umsetzungsqualität analysieren zu können, werden einzelne Unterrichtsstunden als Videos aufgenommen. Diese Aufnahmen werden ergänzt durch Lehrerfragebögen zu den Vor- und Nachteilen der Diagnosemethoden. Zudem werden die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im Bereich scientific inquiry anhand eines inhaltlich auf die Stunden abgestimmten Kompetenztests ermittelt. Der Test wird zu drei Messzeitpunkten, prä, post, und follow-up, eingesetzt.

An den Fortbildungsveranstaltungen werden circa 10 Lehrkräfte teilnehmen. Anschließend werden die Lehrkräfte parallel in zwei Klassen der Sekundarstufe I unterrichten und die Inhalte der Fortbildung über circa vier Wochen umsetzen. Je Lehrkraft umfassen Interventions- und Kontrollgruppe jeweils circa 25 Schülerinnen und Schüler. Folglich nehmen insgesamt circa 500 Schülerinnen und Schüler teil. Hinzu kommen die 10 Lehrkräfte und ihre circa 250 Schülerinnen und Schüler, die nicht an den Fortbildungen teilgenommen haben.

#### Literatur

- Black, P., & William, D. (2004). The Formative Purpose: Assessment Must First Promote Learning. In M. Wilson (Ed.), *Yearbook of the National Society for the Study of Education: Vol. 103. Towards coherence between classroom assessment and accountability* (pp. 20–50). Chicago: University of Chicago Press.
- Frey, A., Taskinen, P., Schütte, K., Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., ... (2009). *PISA 2006 Skalenhandbuch*. Münster: Waxmann.
- Herman, J. L., & Choi, K. (2008). *Formative Assessment and the Improvement of Middle School Science Learning: the Role of Teacher Accuracy: CRESST Report 740*. Los Angeles. Retrieved from <http://www.cse.ucla.edu/products/reports/R740.pdf>
- Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (Eds.). (2004). *Internet environments for science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Lipowsky, F. (2011). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und weiterbildung. In E. Terhart, H. Bennis, & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 398-417). Münster: Waxmann.
- Pant, H. A., Vock, M., Pöhlmann, C., & Köller, O. (2008). Offenheit für Innovationen: Befunde aus einer Studie zur Rezeption der Bildungsstandards bei Lehrkräften und Zusammenhänge mit Schülerleistungen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54 (6), 827-845.
- Richter, D., Kuhl, P., Reimers, H., & Pant, H. A. (2012). Aspekte der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften in der Primarstufe. In P. Stanat, H. A. Pant, K. Böhme, & D. Richter (Hrsg.), *Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern am Ende der vierten Jahrgangsstufe in den Fächern Deutsch und Mathematik. Ergebnisse des IQB-Ländervergleichs 2011* (S. 237–250). Münster: Waxmann.
- Supovitz, J. A., & Turner, H. M. (2000). The Effects of Teacher Professional Development on Science Teaching Practices and Classroom Culture. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (9), 963-980.
- Wayne, A. J., Yoon, K. S., Zhu, P., Cronen, S., & Garet, M. S. (2008). Experimenting With Teachers Professional Development: Motives and Methodes. *Educational Researcher*, 37 (8), 469-479.

## Professionalisierung durch Praxisbezug im Lehr-Lern-Labor-Seminar

### Hintergrund

Das pädagogische (PK), fachdidaktische (PCK) und fachwissenschaftliche (CK) Professionswissen ist wesentlicher Bestandteil etablierter Modelle der professionellen Handlungskompetenz von (Physik-)Lehrkräften (Baumert & Kunter, 2006; Riese & Reinhold, 2010). Selbstkonzepte finden unter dem Oberbegriff der ‚motivationalen Orientierungen‘ Eingang in diese Modelle und sind daher ein Teilaspekt professioneller Handlungskompetenz.

Das (akademische) Selbstkonzept beruht auf der Eigeneinschätzung individueller Fähigkeiten. Es handelt sich um ein hierarchisches Konstrukt (Shavelson et al., 1976), das domänenspezifisch differenziert werden kann (z. B. Marsh, 1986) und durch vergangene individuelle Erfahrungen und Leistungen bestimmt wird (skill development, Calsyn & Kenny, 1977). Darüber hinaus beeinflusst das Selbstkonzept das zukünftige domänenspezifische Leistungsniveau (self enhancement, z.B. Köller et al., 2006).

Im Sinne des skill development-Ansatzes ist daher zu vermuten, dass Erfahrungen während des Studiums durchaus Einfluss auf das domänenspezifische akademische Selbstkonzept zukünftiger Lehrkräfte haben können. Insbesondere sollten Praxissituationen dazu führen, die eigenen Kompetenzen zu hinterfragen und neu zu bewerten.

Neben dem klassischen Schulpraktikum bietet das Lehr-Lern-Labor-Seminar an der Universität Würzburg als verpflichtender Ausbildungsinhalt Lerngelegenheiten, erworbenes domänenspezifisches Wissen (CK, PCK und PK) in realistischen Praxissituationen zu erproben. In der ersten Phase des Seminars konzipieren und realisieren Studierende des Lehramts Experimentierstationen für Schülerinnen und Schüler (SuS) einer bestimmten Jahrgangsstufe. Im Anschluss betreuen sie mehrmals SuS in Kleingruppen beim Experimentieren im Schülerlabor an den jeweiligen Stationen und erhalten dabei Feedback von Kommilitonen und Dozenten der Fachdidaktik. Positive Effekte auf die Fähigkeitzuschreibungen der Studierenden wurden gefunden (Trefzger & Völker, 2012).

### Studiendesign

In einer Längsschnittstudie wird die Entwicklung des akademischen Selbstkonzepts von angehenden Physiklehrkräften über den Zeitraum von drei Semestern untersucht. Dabei ist insbesondere von Interesse, ob Hinweise auf unterschiedliche Einflüsse von klassischen Praxiserfahrungen (Schulpraktika) im Vergleich zu den Erfahrungen im Lehr-Lern-Labor identifiziert werden können. Die hier berichteten ersten Ergebnisse beziehen sich auf den ersten Erhebungszeitraum im Sommersemester 2013. Das akademische Selbstkonzept wurde zu Semesterbeginn und -ende bei den Studierenden im Lehr-Lern-Labor-Seminar (N = 21, weiblich 45 %, männlich 55 %, alle im 6. Fachsemester) erhoben.

### Erhebungsinstrument

Als Erhebungsinstrument dienen die Skalen von Dickhäuser et al. (2002). Sie eignen sich für den Einsatz bei Studierenden und werden der Tatsache gerecht, dass zur Einschätzung eigener Fähigkeiten oft auf verschiedene Bezugsnormen zurückgegriffen wird. So wird das akademische Selbstkonzept in Bezug auf die Kommilitonen (soziale Referenz ‚s‘), in Bezug auf die wahrgenommene bisherige eigene Entwicklung (individuelle Referenz ‚i‘), in Bezug auf die Anforderungen des Studiums (kriteriale Referenz ‚k‘) sowie ohne explizite Angabe einer Bezugsnorm (‚a‘) erhoben. Um der dreigliedrigen Struktur des Lehramtsstudiums gerecht zu

werden, wurden die Items mit den Zusätzen „...in Bezug auf die Fachwissenschaft Physik“ (CK), „...in Bezug auf die Physik-Fachdidaktik“ (PCK) und „...in Bezug auf erziehungswissenschaftliche Inhalte“ (PK) ergänzt (jeweils siebenstufige Likert-Skala).

### Erste Ergebnisse

Tabelle 1 zeigt Mittelwerte und Standardabweichungen der verwendeten Subskalen für den ersten Erhebungszeitpunkt zum Beginn des Sommersemesters 2013. Für den Vergleich der Verteilungen wurde jeweils ein gepaarter t-Test gerechnet.

Es kann erstens festgestellt werden, dass die Fähigkeiten innerhalb einer Domäne (CK, PCK, PK) für die verschiedenen Bezugsrahmen teilweise signifikant unterschiedlich bewertet werden. So ergeben sich für alle drei Domänen in der sozialen Bezugsnorm und in der Subskala ohne explizite Angabe einer Bezugsnorm (absolute Aussagen) deutlich geringere Werte als in den beiden anderen Bezugsnormen. Auffallend ist dabei der signifikante Unterschied ( $p < .05$ ) zwischen der sozialen Bezugsnorm und der individuellen sowie kriterialen Bezugsnorm in allen drei Domänen. Ebenfalls erwähnenswert ist der auffallend hohe Mittelwert in der Domäne Fachwissen (CK) bezogen auf die individuelle Bezugsnorm. Diese Verteilung unterscheidet sich hoch signifikant ( $p < .01$ ) von den Verteilungen bezogen auf alle anderen Bezugsnormen in dieser Domäne.

Betrachtet man zweitens das Selbstkonzept in den unterschiedlichen Domänen jeweils für eine gegebene Bezugsnorm, so ist festzustellen, dass lediglich in der individuellen und in der kriterialen Bezugsnorm signifikant unterschiedliche Einschätzungen für die verschiedenen Domänen vorliegen. Bezogen auf die individuelle Entwicklung im Laufe des Studiums werden die Fähigkeiten im PK-Bereich signifikant geringer ( $p < .05$ ) eingeschätzt als im CK und PCK-Bereich. Gemessen an den Anforderungen des Studiums können signifikant höhere ( $p < .05$ ) Werte im PCK-Bereich (im Vergleich zu CK und PK) festgestellt werden.

Tab. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Verteilungen der Subskalenwerte in den Domänen CK, PCK und PK. Für jede Domäne werden zusätzlich signifikante Unterschiede in den verwendeten Bezugsnormen berichtet. Dabei gilt: \* ( $p < .1$ ), \*\* ( $p < .05$ ), \*\*\* ( $p < .01$ ).

	CK					PCK					PK					
	M	SD	i	k	s	M	SD	i	k	s	M	SD	i	k	s	
a	3.24	1.06	**	**	*	a	3.70	0.82		**	**	a	3.26	1.20	*	**
i	4.16	0.83		**	**	i	3.94	0.93			**	i	3.54	0.92		**
k	3.49	0.98			**	k	3.94	0.79			**	k	3.56	1.16		**
s	3.07	0.91				s	3.32	0.73				s	3.10	0.89		

Tabelle 2 gibt einen Überblick über den pre-post-Vergleich der Selbstkonzeptskalen in den drei Domänen. Auf 10 % Niveau ( $p < .1$ ) ergeben sich in allen drei Bereichen signifikante Zuwächse in allen verwendeten Bezugsnormen mit Ausnahme der individuellen Bezugsnorm: Weder in CK, noch in PCK oder PK wird eine individuelle Weiterentwicklung eigener Fähigkeiten im Laufe des Semesters gesehen. Dagegen lässt sich in der sozialen Bezugsnorm ein signifikanter Unterschied in allen drei Domänen feststellen ( $p < .05$  in PCK,  $p < .01$  in CK und PK). Im Bereich CK ergibt sich zusätzlich ein signifikanter Zuwachs in der kriterialen Bezugsnorm ( $p < .05$ ) und in der Subskala ohne explizite Bezugsnorm ( $p < .01$ ).

Die befragten Studierenden sehen also zu Beginn des 6. Fachsemesters einen deutlich höheren Fähigkeitszuwachs bezogen auf ihr bisheriges Studium in den Bereichen der Fachwissenschaft (CK,  $M = 4.16$ ) und der Fachdidaktik (PCK,  $M = 3.94$ ) im Vergleich zu dem erziehungswissenschaftlichen Bereich (PK,  $M = 3.54$ ). Insbesondere im Vergleich zu den Kommilitonen werden die eigenen Fähigkeiten aber deutlich zurückhaltender bewertet. Gerade in dieser Bezugsnorm lassen sich aber am Ende des 6. Fachsemesters die größten Änderungen feststellen. Eventuell tragen die Teamarbeit und die gegenseitige Beobachtung

bei der Betreuung der Schüler während des Lehr-Lern-Labor-Seminars dazu bei, die eigenen Fähigkeiten im sozialen Vergleich neu zu bewerten.

Tab. 2: Statistik des pre/post-Vergleichs (gepaarter t-Test) der Verteilungen zu den Selbstkonzept-Subskalen in den drei Domänen CK, PCK und PK. Die Buchstaben in der zweiten Zeile kennzeichnen die verwendeten Referenznormen (siehe Text). Berichtet werden die Mittelwerte der Verteilungen. Dabei gilt: \* ( $p < .1$ ), \*\* ( $p < .05$ ), \*\*\* ( $p < .01$ ).

	CK				PCK				PK			
	a	i	k	s	a	i	k	s	a	i	k	s
pre	3.24	4.16	3.49	3.07	3.70	3.94	3.94	3.32	3.26	3.54	3.56	3.10
post	3.86	4.11	3.78	3.52	3.89	4.17	4.13	3.58	3.53	3.78	3.82	3.47
<i>p</i>	***		**	***	*		*	**	*		*	***

### Zusammenfassung

Es ergeben sich erste Hinweise auf eine systematische Veränderung des akademischen Selbstkonzeptes von Lehramtsstudierenden im 6. Fachsemester. Inwieweit Merkmale des spezifischen Ausbildungsinhaltes Lehr-Lern-Labor-Seminar (insbesondere die Arbeit im Team, sowie ausgeprägte Praxisphasen bei der Schülerbetreuung) bestimmend sind, wird Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

### Literatur

- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften, Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469-520.
- Calsyn, R., & Kenny, D. (1977). Self-concept of ability and perceived evaluations by others: Cause or effect of academic achievement. Journal of Educational Psychology, 69, 136-145.
- Dickhäuser, O. et al. (2002). Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept. Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 23(4), 393-405.
- 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, 27-39.
- Marsh, H.W. (1986). Verbal and math self-concepts: An internal/external frame of reference model. American Educational Research Journal, 23, 129-149.
- Riese, J., & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 167-187.
- Shavelson, R. J., Hubner, J. J., & Stanton, G. C. (1976). Self-concept: Validation of construct interpretations. Review of Educational Research, 46, 407-441.
- Trefzger, T., & Völker, M. (2012). Ergebnisse einer explorativen Untersuchung zum Lehr-Lern-Labor. In S. Bernholt (Ed.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht, 134-136. Münster: LIT-Verlag.

## **Optimierung und Evaluation eines Laborpraktikums für Lehramtsstudierende**

### **Zielsetzung**

Im Fokus des Projekts steht die Optimierung eines Anfängerpraktikums in Allgemeiner Chemie mit dem Ziel, die Studierenden zu einer Reflexion über die durchzuführenden Experimente anzuregen. Im Rahmen der Arbeit wird im Hinblick auf die Lernziele des Praktikums der Grad an kognitiver Aktivierung erhöht, mit dem Ziel, den Lernerfolg in Bezug auf das Fachwissen, Methodenwissen und Interesse zu erhöhen.

### **Theoretischer Hintergrund**

Laborpraktika gehören zu den wichtigsten Lehrmethoden in der naturwissenschaftlichen Bildung (Reid & Shah, 2005). Sie bieten den Studierenden die Möglichkeit, das theoretisch erworbene Wissen praktisch nachzuvollziehen und somit zu vertiefen, experimentelle Fertigkeiten zu erwerben und die Planung und Durchführung von Experimenten zu erlernen. Die bedeutende Eigenschaft des Experimentierens zeichnet sich durch die Vermittlung zwischen der Domäne der Objekte und Beobachtungen und der Domäne der Vorstellungen aus (Abrahams & Millar, 2008). So können Lernende beim Ausführen von Experimenten auf zwei Ebenen produktiv sein, nämlich auf der Handlungsebene und auf der Verständnisebene (Abrahams & Millar, 2008). Sie müssen also über verschiedene Fähigkeiten auf beiden Ebenen verfügen, um erfolgreich experimentieren zu können. Dabei gehören zur Handlungsebene manuelle Fähigkeit und die Beobachtungsfähigkeit und zur Verständnisebene die Interpretationsfähigkeit und Planungsfähigkeit (Johnstone & Al-Shuaili, 2001). Mit den Experimentierphasen können außerdem noch weitere Ziele wie z. B. Interessensentwicklung, Persönlichkeitsentwicklung oder Steigerung der sozialen Kompetenz erreicht werden (Schulz, 2010).

Eine Analyse von Praktikumsprotokollen ergab, dass der Großteil von Versuchsvorschriften eher "kochbuchartig" angelegt ist und demzufolge niedrige kognitive Prozesse anspricht (Domin, 1999). Das "kochbuchartige" Abarbeiten von Experimentalvorschriften steht oft in der Kritik, da die Lernenden lediglich auf einen Effekt hinarbeiten und kein tieferes Verständnis für die fachlichen Hintergründe des Experiments entwickeln (Eilks & Byers, 2010).

Im Rahmen der Schulforschung wurden die Forschungsergebnisse zu experimentellen Arbeitsweisen zunehmend rezipiert und antizipiert, wohingegen die universitäre Ausbildung weitere Maßnahmen zur Unterstützung von Studierenden benötigt (Eilks & Byers, 2010).

Die Implementierung der kognitiven Aktivierung im Praktikumsprotokoll im Rahmen dieser Studie soll die Lernenden zu einer aktiven Auseinandersetzung mit den Lerninhalten des Praktikums anregen.

Kognitiv aktivierende Lernanlässe dienen dem Aufbau eines konzeptuellen Verständnisses, welches durch die Vernetzung von Wissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten gekennzeichnet ist. Auf diese Weise aufgebaute Konzepte stellen grundlegende Werkzeuge für Problemlöseprozesse und zur Anwendung des erworbenen Wissens in neuen Situationen dar (Kunter et al., 2005). Zudem soll kognitive Aktivierung, neben dem direkten Effekt auf den Lernzuwachs, die Motivation und das Interesse der Lernenden an den Lerninhalten und Lehrveranstaltungen fördern (Clausen, 2002).

### Fragestellungen

Aus den oben beschriebenen Problemen im Umfeld der Laborpraktika ergeben sich folgende Forschungsfragen:

Forschungsfrage 1: Kann der Erfolg des Laborpraktikums durch kognitive Aktivierung erhöht werden?

Forschungsfrage 2: Werden die manuellen Fertigkeiten durch ein kognitiv aktivierendes Praktikum genauso gut erlernt wie im „klassischen“ Praktikum?

### Methode

Vor den Lernzielen des Praktikums und den Forschungsergebnissen zur wirksamen Gestaltung von Laborpraktika wird zunächst ein überarbeitetes Praktikumsprotokoll erstellt. Im Anschluss wird eine Interventionsstudie durchgeführt, welche zur Überprüfung der Lernwirksamkeit des optimierten Praktikums dient. Zu diesem Zweck sollen Testinstrumente zum Fachwissen, zu laborpraktischen Fähigkeiten und zum Wissen über Experimentierstrategien eingesetzt werden. Zusätzlich werden Interessensdaten erhoben. Diese Testinstrumente wurden im Rahmen der Pilotstudie im WS 2012/13 an der Universität Duisburg-Essen eingesetzt. Die Erhebungen wurden im Pre-Post-Design zu Beginn und zum Ende des Praktikums durchgeführt. Im experimentellen Design dieser Studie haben zwei Gruppen von Studierenden das traditionelle Praktikum bearbeitet, während zwei weitere Gruppen das überarbeitete Praktikum bearbeiteten (N=77). Dabei boten die beiden Praktikumsformen die identische Lernzeit und verfolgten die gleichen Lernziele.

Im Folgenden wird auf die Ergebnisse der in der Pilotstudie eingesetzten Testinstrumente eingegangen. Zur Erfassung der experimentellen Kompetenz wurde der Lab Skills Test entwickelt, welcher sich aus einem theoretischen und praktischen Teil zusammensetzt. Der theoretische Teil beinhaltet 11 Items und thematisiert den Umgang mit Messwerten und Beobachtungen und die Handhabung von Laborgeräten. Der praktische Teil ist in vier Stationen aufgeteilt, welche je eine bestimmte laborpraktische Tätigkeit ansprechen. Die Reliabilitäten (Cronbachs  $\alpha$ ) für den Pre- und Post-Test für den theoretischen Teil dieses Testinstruments betragen .48 und .38. Für den praktischen Teil betragen die Reliabilitäten für den Pre- und Post-Test .69 und .60. Aufgrund dieser Ergebnisse wird der Lab Skills Test für den Einsatz in der Hauptstudie mit weiteren Items ergänzt. Darüber hinaus muss der Fachwissentest inhaltlich optimiert werden, da auch hier die Reliabilität nur mäßig ist. In Tabelle 1 sind Reliabilitäten der eingesetzten Testinstrumente zusammengefasst.

Tab. 1: Reliabilitäten der Testinstrumente

Testinstrument	Cronbachs $\alpha$	Items
Fachwissen (Pre-Test)	.65	23
Fachwissen (Post-Test)	.61	23
Lab Skills (Theorie) (Pre-Test)	.48	11
Lab Skills (Praxis) (Pre-Test)	.69	20
Lab Skills (Theorie) (Post-Test)	.38	11
Lab Skills (Praxis) (Post-Test)	.60	20
Einstellung gegenüber Chemielernen (Pre-Test)	.84	47
Einstellung gegenüber Chemielernen (Post-Test)	.87	47
Schlussfolgerndes Denken	.90	32
Fachinteresse	.84	11
Selbsteinschätzung	.71	20

### Erwartete Ergebnisse

Aus den in dem Dissertationsprojekt vorgenommenen Änderungen im Praktikum wird die Aufklärung des Einflusses der Praktikumsgestaltung auf den Lernerfolg und das Interesse

der Studierenden erwartet. Es wird angenommen, dass das kognitiv aktivierende Praktikum den Lernerfolg in Bezug auf das Fachwissen, Methodenwissen und Interesse erhöht. Dabei werden die manuellen Fertigkeiten im kognitiv aktivierenden Praktikum genauso gut erlernt wie im „klassischen“ Praktikum. Hinsichtlich des praktischen Ertrages dieser Arbeit wird der Einsatz des optimierten Praktikumsskriptes betrachtet, um zukünftig ein möglichst gutes Praktikum für die Studierenden anbieten zu können.

#### 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, 1945-1969.
- Clausen, M. (2002) Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive? Empirische Analysen zur Übereinstimmung, Konstrukt- und Kriteriumsvalidität. Münster: Waxmann.
- Domin, S. D. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles, *Journal of Chemical Education*, 4, 543-547.
- Eilks, I., & Byers, B. (2010). The need for innovative methods of teaching and learning chemistry in higher education – reflections from a project of the European Chemistry Thematic Network, *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 233-240.
- Johnstone, A.H., & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature, *University Chemistry Education*, 5, 42-51.
- Kirschner P.A., & Meester, M.A.M. (1988). The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives, *Higher Education*, 17, 81-98.
- Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Klusmann, U., Krauss, S., Blum, W., Jordan, A., & Neubrand, M. (2005). Der Mathematikunterricht der PISA-Schülerinnen und Schüler. Schulformunterschiede in der Unterrichtsqualität. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 8(4), 502-520.
- Reid, N., & Shah, I. (2005). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 172-185.
- Schulz, A. (2010). Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht, Dissertation, Universität Duisburg-Essen.
- Venkatachalam, C., & Rudolph, R. W. (1974). Cookbook versus creative chemistry: A new approach to research-oriented general chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 52(7).

### **Förderung experimenteller Fähigkeiten von Sachunterrichtsstudierenden: Zielgruppe und erste Konzeption eines Experimentalpraktikums**

#### **Ausgangslage**

Schon im naturwissenschaftlichen Sachunterricht in der Grundschule sollen sich die Schülerinnen und Schüler mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, u. a. im Bereich des Experimentierens, auseinandersetzen (MSW NRW, 2008). Sie sollen „einfache Versuche [...] beraten, planen und durchführen“ sowie „komplexere Versuche nach Anleitung [...] selbstständig durchführen und auswerten.“ (GDSU, 2013). Damit Sachunterrichtslehrkräfte solch einen Unterricht durchführen und die genannten Ziele erreicht werden können, müssen die Lehrkräfte selbst – möglichst bereits im Rahmen des Studiums – experimentelle Fähigkeiten und Wissen über experimentelle Methoden erwerben. Aus diesem Grund wird an der Universität Duisburg-Essen ein Experimentalpraktikum in Physik für Sachunterrichtsstudierende konzipiert, in dem insbesondere experimentelle Fähigkeiten gezielt gefördert werden sollen.

Mit der Umstellung auf eine Bachelor-Master-Struktur wurde im Land NRW für das Lehramt an Grundschulen das Studienfach „Lernbereich Natur- und Gesellschaftswissenschaften“ (im Folgenden kurz „Sachunterricht“) eingeführt. Die Studierenden dieses Faches durchlaufen während ihres Bachelorstudiums neben sachunterrichtsdidaktischen auch fachliche Veranstaltungen in allen für den Sachunterricht relevanten Teildisziplinen. Innerhalb der Physik besuchen die Studierenden beispielsweise eine Einführungsvorlesung sowie ein Experimentalpraktikum. Die Spezialisierung auf einen Lernbereich (Gesellschaftswissenschaften oder Naturwissenschaften/Technik) oder ein Leitfach (z. B. Physik oder Geschichte), die in anderen für den Sachunterricht qualifizierenden Studiengängen üblich ist, wird im Studiengang „Sachunterricht“ zugunsten eines sehr breit angelegten Fächerkanons aufgegeben.

Studien zeigen bei Sachunterrichtsstudierenden und -lehrkräften ein durchschnittlich eher geringes Interesse an und eine niedrige Kompetenzeinschätzung in Physik (z. B. Landwehr, 2002; Köster, 2006). Daher ist zu erwarten, dass es sich bei der Zielgruppe des Experimentalpraktikums ebenfalls um eine Gruppe mit durchschnittlich geringem Interesse und Selbstkonzept handelt.

#### **Konzeption des Experimentalpraktikums**

Basierend auf der in der Ausgangslage motivierten Zielsetzung und den Annahmen über die Voraussetzungen der Zielgruppe wurden für das Sommersemester 2013 zunächst vier Praktikumsversuche entwickelt, bei denen die explizite Förderung experimenteller Fähigkeiten – im Gegensatz zur Vermittlung von Fachinhalten – im Fokus steht. Die Konzeption der Praktikumskripte basiert auf der Methode der „direkten Instruktion“ (Weinert, 1996). Bei dieser (Unterrichts-) Methode wird davon ausgegangen, dass eine explizite Förderung beim praktischen Handeln wirksamer ist als ein implizites (Mit-)Lernen (learning by doing) (vgl. Bell, Blair, Crawford & Lederman, 2003; Chen & Klahr, 1999). Die Studierenden bearbeiten innerhalb eines Praktikumstermins ein Praktikumskript, in dem explizit einzelne methodische Aspekte (z. B. Variablenkontrolle) erklärt werden. Die Methoden sollen anschließend in angeleiteten Experimenten angewendet werden.

Die Schwerpunkte der Förderung ergeben sich aus dem Modell experimenteller Kompetenz nach Nawrath, Maiseyenko und Schecker (2011). Darin werden sieben Teilkompetenzen unterschieden, die sich auf das Vorbereiten, das Durchführen und das Auswerten von

Experimenten beziehen. Innerhalb des ersten Blocks des Praktikums wird an je einem Praktikumstermin der Fokus auf eine der folgenden Teilkompetenzen gelegt:

- Beobachten, Messen und Dokumentieren,
- Versuch funktionsfähig aufbauen,
- Daten aufbereiten und auswerten und
- Experiment planen.

Im Anschluss an diesen Block führen die Studierenden in einem zweiten Block Versuche nach Anleitung durch, bei denen der Schwerpunkt auf dem Fachwissenwerb liegt, und haben in einem dritten Block die Gelegenheit, frei zu experimentieren. Im Fokus der im Folgenden beschriebenen Evaluation stand nur der erste Block mit dem Schwerpunkt auf der Förderung experimenteller Fähigkeiten.

### **Fragestellungen und Instrumente**

Die ersten Studierenden haben die Physikveranstaltungen des neuen Studienganges im Sommersemester 2013 durchlaufen. Dieser Durchgang wurde genutzt, um durch Erhebung der individuellen Voraussetzungen die Zielgruppe zu charakterisieren sowie erste Praktikumsversuche zur Förderung experimenteller Fähigkeiten zu erproben und zu evaluieren. Als Forschungsinstrumente wurden Fragebögen und halbstrukturierte Interviews eingesetzt. Zunächst wurden demographische Daten (z. B. Geschlecht, Alter, letzter Physikunterricht, letzte Physiknote) erhoben. Außerdem bewerteten die Studierenden Aussagen zu ihrem physikbezogenen Interesse und Selbstkonzept (nach Brell, 2008). Der Selbstkonzeptfragebogen besteht aus 6 Items und wird auf einer vierstufigen Likertskala beantwortet. Weitere im Laufe des Praktikums eingesetzte Fragebögen ermöglichen eine Evaluation der Praktikumsstermine (z. B. Arbeitsaufwand) und Praktikumsinhalte (z. B. Bekanntheit und Schwierigkeit einzelner methodischer Aspekte).

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse der Fragebogenerhebung berichtet.

### **Erste Ergebnisse**

#### *Zielgruppe*

Hinsichtlich der Zusammensetzung und Charakterisierung der Kohorte zeigen sich folgende Ergebnisse, die überwiegend erwartungskonform sind:

- Es studieren deutlich mehr Frauen (47 von 58) als Männer.
- Die meisten Studierenden stimmen der Aussage „Physik macht mir Spaß“ nicht bzw. eher nicht zu (35 von 51).
- Die meisten Studierenden belegten Physik nur in der Sekundarstufe I (53 von 60).
- Die letzte Physiknote wird sehr inhomogen eingeschätzt ( $\bar{X} = 3,4$  auf einer Skala von 1 bis 6,  $SD = 1,3$ ).
- Das Selbstkonzept der Studierenden ist durchschnittlich eher gering und ebenfalls inhomogen ( $\bar{X} = 2,0$  auf einer Skala von 1 bis 4;  $SD = 0,77$ ).

Diese Ergebnisse zeigen die Besonderheiten der Gruppe, die bei der Konzeption und Durchführung des Experimentalpraktikums berücksichtigt werden müssen, aber auch genutzt werden können.

#### *Veränderung des Selbstkonzeptes der Studierenden*

Das Selbstkonzept der Studierenden in Bezug auf Physik und physikalische Experimente wurde vor und nach der Veranstaltung erhoben. Es ist eine Steigerung des Selbstkonzeptes zwischen den zwei Erhebungszeitpunkten zu verzeichnen. Nach dem Semester bewerten die Studierenden ihre Fähigkeiten in einem mittleren Bereich ( $\bar{X} = 2,5$ ;  $SD = 0,62$ ) und die Einschätzung ist weniger inhomogen. Der Unterschied wird für die Gesamtgruppe von 41 Personen signifikant bei mittlerer Effektstärke ( $t(40) = -5,73$ ;  $p < 0,001$ ;  $d = 0,63$ ). Die

Gruppe der Studierenden, die Physik bis zum Abitur belegt hat ( $N = 7$ ), schätzt ihre Fähigkeiten sowohl im Vorab- als auch im Abschlussfragebogen höher ein ( $\bar{X}_{\text{Pre}} = 3,1$ ;  $SD_{\text{Pre}} = 0,63$ ;  $\bar{X}_{\text{Post}} = 3,3$ ;  $SD_{\text{Post}} = 0,50$ ) als diejenigen, die Physik nur in der Sekundarstufe 1 belegt haben ( $\bar{X}_{\text{Pre}} = 1,8$ ;  $SD_{\text{Pre}} = 0,62$ ;  $\bar{X}_{\text{Post}} = 2,3$ ;  $SD_{\text{Post}} = 0,47$ ). Diese Unterschiede sind erwartungskonform, aufgrund der geringen Gruppengröße jedoch unter Vorbehalt zu sehen.

#### *Bewertung der Praktikumstermine und -inhalte zu den methodischen Grundlagen*

Die Studierenden bewerten die methodischen sowie die inhaltlichen Anforderungen der ersten vier Praktikumstermine durchweg als angemessen (jeweils  $\bar{X} = 0,02$  auf einer Skala von zu hoch (1) bis zu niedrig (-1)). Auch der Arbeitsaufwand wird im Mittel als angemessen bewertet ( $\bar{X} = -0,15$ ).

Die im Praktikum behandelten fachmethodischen Aspekte werden tendenziell als leicht verständlich eingeschätzt (Mittelwerte von 1,98 bis 3,02 auf einer Skala von 1 bis 6). Einige der behandelten Methoden sind aus der Schule, dem bisherigen Studium o. ä. nicht bekannt (Variablenkontrolle und systematische Fehlersuche). Diese werden tendenziell schwieriger eingeschätzt.

#### **Ausblick**

Die Vermutungen hinsichtlich der Voraussetzungen der Lerngruppe konnten insgesamt bestätigt werden. Die Anforderungen, die im Praktikum gestellt wurden, werden von den Studierenden durchweg als angemessen eingeschätzt. Im Detail geben die Befragungsergebnisse konkrete Hinweise auf Optimierungsmöglichkeiten. Allerdings beruhen die Charakterisierung der Zielgruppe und die Evaluation der Praktikumsversuche bisher lediglich auf Selbsteinschätzungen der Studierenden. In weiteren Entwicklungszyklen sollen die Praktikumsversuche optimiert und das Vorwissen (fachinhaltlich und fachmethodisch) sowie der Lernerfolg der Studierenden mit Tests genauer erfasst werden.

#### **Literatur**

- Bell, R.L., Blair, L.M., Crawford, B.A., & Lederman, N.G. (2003). Just do it? Impact of a Science Apprenticeship Program on High School Students' Understanding of the Nature of Science and Scientific Inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487-509.
- Brell, C. (2008). Lernmedien und Lernerfolg – reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht, Empirische Untersuchung in acht Klassen an Gymnasien (Laborstudie) zum Computereinsatz mit Simulationen und IBE. Berlin: Logos.
- 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.
- GDSU (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Köster, H. (2006). Freies Explorieren und Experimentieren – Eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrung mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht. Berlin: Logos.
- Landwehr, B. (2002). Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik – Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen. Berlin: Logos.
- MSW NRW (2008). Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule. Frechen: Ritterbach.
- Nawrath, D., Maiseyenko, V., & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz- Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Physik in der Schule*, 60(6), 42-48.
- Weinert, F.E. (1996). Lerntheorien und Instruktionsmodelle. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Lernens und der Instruktion*. Göttingen: Hofgrefe.

Irina Schwarz<sup>1</sup>  
 Christian Effertz<sup>1</sup>  
 Heike Theyßen<sup>2</sup>  
 Heidrun Heinke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen  
<sup>2</sup>Universität Duisburg-Essen

## Darstellung von Messergebnissen in Physikpraktika – Problem und Hilfen

### Einführung

An der RWTH Aachen wird das Physikpraktikum für Studierende der Biologie nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997) neu gestaltet. Eine Befragung Lehrender im Rahmen der „Fachlichen Klärung“ (Schwarz et al., 2013a) ergab, dass die Auswertung und Darstellung von Messdaten aus Sicht der Dozenten ein sehr wichtiges Ziel des Physikpraktikums darstellt. Bei der Erhebung der Lernerperspektive wurde daher besonderes Augenmerk auf die Kenntnisse und Fähigkeiten zur Auswertung physikalischer Messungen und zur Darstellung der Messergebnisse gelegt. Hierzu wurden im WS 2012/2013 die Kenntnisse zur Auswertung physikalischer Messungen bei Biologie-studierenden mittels Fragebogen vor Beginn und am Ende des Praktikums erhoben.

Der Fragebogen enthielt neben wenigen mathematischen Aufgaben vor allem Fragen zum Umgang mit Messdaten im Kontext eines typischen Praktikumsversuches (nach Heinicke, 2012). Zusätzlich wurden die Praktikumsprotokolle der Studierenden analysiert, um die Anwendung der Kenntnisse und ggf. deren Entwicklung im Verlauf des Praktikums zu untersuchen. Die Auswertung der erhobenen Daten dient der Entwicklung von Hilfen, deren Wirkung im WS 2014/2015 in einem Pre-Posttest-Design untersucht werden soll.

### Vorkenntnisse der Studierenden

Abb. 1 zeigt, in welcher Klassenstufe die Biologie-studierenden (WS 2012/2013, N = 96) in der Schule zuletzt Physikunterricht hatten. Da 60% der Studierenden zum letzten Mal in der 10. Klasse Physikunterricht hatten, können bei der Mehrzahl der Studierenden nur Grundkenntnisse in Physik erwartet werden.

Vor Beginn und am Ende des Praktikums wurde bei den 96 Biologie-Studierenden mittels Fragebogen ihr Umgang mit Messdaten im Kontext eines typischen Praktikumsversuchs untersucht (in Anlehnung an eine Datenerhebung von Heinicke, vgl. Schwarz et al., 2013b).

Zum Beispiel sollten die Studierenden aufgrund einer zwölfstelligen Taschenrechnerdarstellung, die aus mehreren Messergebnissen errechnet war, das Endergebnis angeben. Die Ausgangsmesswerte waren zwei- bis fünfstellig, ohne explizite Angabe von Messunsicherheiten. Aufgrund der signifikanten Stellen der Ausgangsmesswerte wären also maximal zwei signifikante Stellen beim Endergebnis zulässig gewesen. Vor dem Praktikum entschieden sich 43% der Studierenden für die Angabe des Endergebnisses mit acht signifikanten Stellen, was zwei Stellen nach dem Komma entsprach. Nach dem Praktikum stieg dieser Anteil sogar auf 48%.

In einem zweiten Beispiel sollte das Ergebnis einer Messreihe aus fünf Werten ermittelt werden. Die Studierenden wählten zwar überwiegend den Mittelwert, aber eine Messunsicherheit gaben vor dem Praktikum nur 7%, nach dem Praktikum nur 20% der Studierenden an.

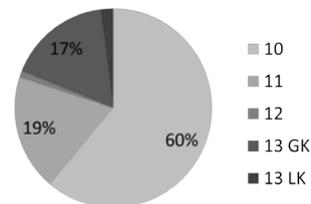


Abb. 1: Die Studierenden hatten Physikunterricht bis zur Klasse ...

Diese Beobachtungen fanden Berücksichtigung bei der Konzeption von Hilfen zur Darstellung von Messdaten.

### Analyse der Protokolle

Zusätzlich zu der Fragebogen-Auswertung wurde für einen vollständigen Durchgang des Physikpraktikums für Biologiestudierende (WS 2012/2013) ein kompletter Satz von Protokollen vor der ersten Korrektur durch den Betreuer digitalisiert und analysiert. Insgesamt wurden 310 Praktikumsprotokolle erfasst, die von 103 Studierenden zu 10 Versuchen (in der Regel in Partnerarbeit) erstellt worden waren. Die Praktikumsversuche enthalten meist mehrere experimentelle Teilaufgaben, die zu einem eigenständigen quantitativen Endergebnis führen. In den 10 Versuchen ließen sich deshalb insgesamt 20 Versuchsteile identifizieren.

Zu Beginn jedes Physikpraktikums absolvieren die Studierenden einen Versuch zur „Auswertung von Messdaten“, in dem u. a. die Bestimmung von Messunsicherheiten vermittelt und geübt wird. Im Praktikum werden die Studierenden generell zur Angabe von Messunsicherheiten angehalten. Eine explizite Aufforderung zur Angabe von Messunsicherheiten enthalten die Versuchsanleitungen aber nicht zu jedem Versuchsteil. Insgesamt wurden 673 Bearbeitungen von Versuchsteilen analysiert, 404 davon zu Versuchsteilen ohne explizite Aufforderung, 269 zu Versuchsteilen mit expliziter Aufforderung zur Angabe einer Messunsicherheit. Analysiert wurde für jede Bearbeitung eines Versuchsteils, ob und in welcher Form eine Messunsicherheit angegeben wurde.

Abb. 2 zeigt die ersten Ergebnisse der Analyse, wonach die quantitative Angabe von Messunsicherheiten im Endergebnis selbst bei expliziter Aufforderung nur bei etwa 48% aller Bearbeitungen erfolgte. Ein erheblicher Teil der Studierenden hat zwar die Berechnung der Messunsicherheit durchgeführt, dieses dann aber nicht im Endergebnis dargestellt („nur berechnet“ in Abb.2) was vermuten lässt, dass das Verständnis für die Sinnhaftigkeit der Messunsicherheit im Ergebnis fehlt.

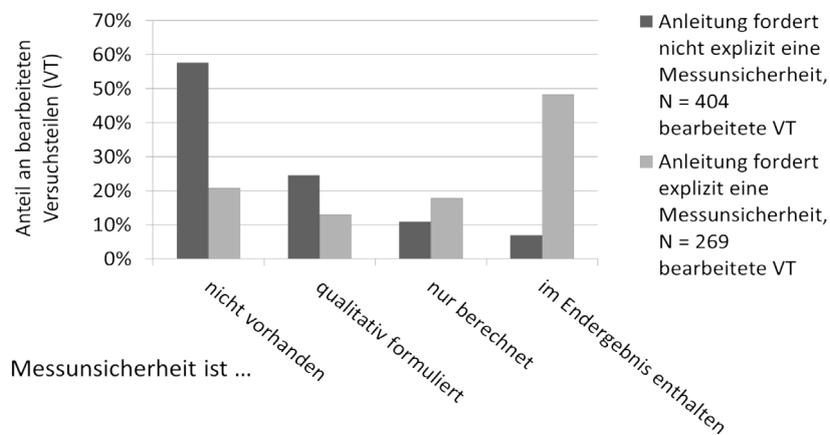


Abb. 2: Darstellung von Messergebnissen in den Protokollen

Die graphischen Darstellungen in den Protokollen waren im Allgemeinen weitgehend korrekt, aber nur in 43 von 475 Graphen wurden Fehlerbalken eingezeichnet, selbst wenn die Messunsicherheiten vorher ausführlich berechnet wurden. Das Einzeichnen von Fehlerbalken war im ersten Versuch des Praktikums zur „Auswertung von Messdaten“ explizit thematisiert worden.

Eine Analyse der zeitlichen Entwicklung des Umgangs mit Messunsicherheiten über die Dauer des Praktikums steht noch aus.

### Entwicklung von Hilfen

Durch die Entwicklung von speziellen Hilfen soll der Lernerfolg bei der Auswertung und Darstellung von Messwerten gesteigert werden. Basiskompetenzen wie die korrekte Angabe und Interpretation von Messergebnissen mit Messunsicherheiten, die sinnvolle Angabe signifikanter Stellen und die qualitative Abschätzung von Messfehlern sollen erläutert werden. Bezüglich der graphischen Darstellung und Auswertung sind zum Beispiel das Einzeichnen von Fehlerbalken und die lineare Regression, per Hand oder mit einer Tabellenkalkulation vorgenommen, wesentliche Themen.

Dazu werden vertonte Lernvideos entwickelt, die in kurzen Sequenzen das jeweilige Thema im Verlauf behandeln und jeden Schritt erklären.

Tab. 1 : Inhalte der konzipierten Hilfen

Themen	Videosequenzen
Messergebnisse darstellen und interpretieren	Messunsicherheit berechnen
	Rundung der Messfehler
	Messunsicherheit mittels Fehlerfortpflanzung berechnen
	signifikante Stellen abschätzen
	qualitative Fehlerabschätzung
graphische Darstellung	Skalierung von Messdaten
	Fehlerbalken einzeichnen
	Regressionsgerade einzeichnen
	nichtlineare Graphen darstellen
graphische Auswertung	Steigung mittels linearer Regression bestimmen
	linearisierte Darstellungen
	graphische Fehlerabschätzung

Alle Lernvideos sollen sowohl für die manuelle als auch die computergestützte Datenauswertung zur Verfügung stehen und später jederzeit online und geräte-unabhängig abrufbar sein.

### Ausblick

Im WS 2013/2014 sollen die Handhabung und das Verständnis der Hilfen getestet werden. Eventuelle Verbesserungen können dann im SS 2014 eingearbeitet werden und gegebenenfalls mit Studierenden anderer Fachrichtungen erprobt werden.

Für die Evaluation der Hilfen ist eine Studie im Kreuzdesign mit Hilfen zur Fehlerrechnung und graphischen Darstellung im WS 2014/2015 vorgesehen.

### Literatur

- Heinicke, S. (2012). Aus Fehlern wird man klug. Berlin: Logos Verlag.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3(3), 3-18.
- Schreiber, N., Theyßen H., & Schecker H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! PhyDid 3/8.
- Schwarz, I., Effertz, C., & Heinke, H. (2013a). Untersuchungen zur Nachbereitungsform „Protokoll“ im Physikpraktikum für Biologie-Studierende. In S. Bernholt (Hrsg.), GDGP-Jahrestagung Hannover 2012.
- Schwarz, I., Effertz, C., & Heinke, H. (2013b). Entwicklung eines Physikpraktikums für Biologiestudierende, der Umgang mit Messunsicherheiten. PhyDid B: DPG-Frühjahrstagung-Jena 2013.
- Theyßen, H. (1999). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. In Niedderer & Fischler (Hrsg.), Studien zum Physiklernen, Bd. 9. Berlin: Logos Verlag.

## Feedbackbögen zu Protokollen im Physikpraktikum

Neuere Studien verweisen auf den hohen Stellenwert einer ausgeprägten Feedbackkultur in Lernprozessen. Ein individuelles, bedeutungsvolles und konstruktives Feedback unterstützt den Lernerfolg. Für studentische Tutoren, die häufig in Physikpraktika eingesetzt werden, ist es allerdings oft nicht leicht, ein angemessenes Feedback zu formulieren. Aufbauend auf positiven Erfahrungen mit Feedbackbögen zu Kurzvorträgen werden in Physikpraktika an der RWTH Aachen künftig auch versuchsspezifische Feedbackbögen für Protokolle eingesetzt. Sie sollen sowohl den studentischen Tutoren als auch den Studierenden als Hilfestellung dienen. Die entwickelten Feedbackbögen sowie erste Erfahrungen zu ihrem Einsatz werden im Folgenden vorgestellt.

### Motivation

Feedback gibt Studierenden Informationen über die eigene Leistung oder das eigene Verstehen. Diese Informationen sollen dazu dienen, bereits im Gedächtnis vorhandene Informationen zu bestätigen, zu überschreiben, anzupassen oder zu restrukturieren (vgl. Hattie, 2011). Einen besonders großen Einfluss auf den Lernerfolg hat Feedback genau dann, wenn es mit dem Vorwissen der Studierenden kompatibel ist. Dabei muss das Feedback klar, zweckgerichtet und sinnvoll sein und sich explizit auf Lernziele beziehen. Feedback ist auch dann besonders lernwirksam, wenn Informationen nicht nur zu falschen, sondern auch zu korrekten Antworten gegeben werden. Eine Erhebung im SS 2012 zeigt, dass es studentischen Tutoren, die oft als Betreuer in Physikpraktika an Hochschulen zum Einsatz kommen, schwer fällt, Rückmeldungen an die studentischen Lerner zu formulieren, welche die oben genannten Anforderungen erfüllen. In der Erhebung wurde anhand von 70 Protokollen das schriftliche Feedback von 4 Tutoren untersucht. Es stellte sich heraus, dass Art und Umfang des Feedbacks im Allgemeinen sehr stark variieren. Einige ausgewählte Beispiele des schriftlichen Tutorenfeedbacks zeigt Abbildung 1.

Ein detaillierter Kriterienkatalog kann Tutoren dabei helfen sowohl wissenschaftliche als auch sprachliche Aspekte von Praktikumsprotokollen objektiver zu bewerten (vgl. Allie et al., 2006). Häufig dienen die formulierten Kriterien aber den Tutoren als Entscheidungshilfe bei der Punkte- oder Notenvergabe (vgl. Käß, 2012; Allie et al., 2006) und nicht als explizite Lerngelegenheit für die Studierenden. Die an der RWTH entwickelten Feedbackbögen sollen den Tutoren dabei helfen, ein lernwirksames Feedback zu verfassen, ohne bei den Studierenden den Druck einer Prüfungssituation hervorzurufen. Ebenso werden mit den frei zugänglichen Feedbackbögen die Erwartungen an die geforderten Protokolle für die Studierenden klar formuliert. In diesem Sinne verdeutlichen die Feedbackbögen u. a., wo Versuchsschwerpunkte liegen, welche Besonderheiten einen Versuch auszeichnen oder welchen Stellenwert einzelne Versuchsteile im Protokoll haben. Ein großer Teil des

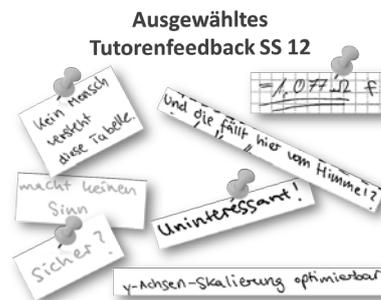


Abb. 1: Ausgewähltes schriftliches Tutorenfeedback aus einer Erhebung im Sommersemester 2012.

Feedbacks wird den Studierenden derzeit im Rahmen einer kurzen Nachbesprechung in mündlicher Form gegeben. Dieses mündliche Betreuerfeedback ist meist negativ formuliert (62%) und bleibt den Studierenden auch nur bruchstückhaft im Gedächtnis: Nach einem Tag erinnern sich die Studierenden im Schnitt nur noch an ein Viertel des gegebenen Feedbacks (vgl. Voigt, 2011).

### **Konzeption von Feedbackbögen**

Ziel der vorgestellten Studie ist es daher, das schriftliche Tutorenfeedback zu formalisieren und damit die Qualität des Feedbacks zu steigern. Ausgehend von positiven Erfahrungen mit im Jahre 2011 eingeführten Feedbackbögen zu Vorträgen im Praktikum, soll dieses Ziel mit der Einführung von versuchsspezifischen Feedbackbögen zu Protokollen im Physikpraktikum erreicht werden. Im SS 2013 wurden dazu an der RWTH Aachen im Rahmen einer Expertenrunde 27 Items zur Beurteilung von Praktikumsprotokollen formuliert. Diese Items umfassten schwerpunktmäßig den Bereich der Datenauswertung und Interpretation (15 Items) sowie auch formale Kriterien für Praktikumsprotokolle, die Darstellung der theoretischen Grundlagen eines Versuches und die Beschreibung von Aufbau und Durchführung der Experimente. Im Folgenden wurden 38 Tutoren zu 34 Versuchen im physikalischen Praktikum für Nebenfachstudierende befragt. Auf einem Fragebogen mit vierstufiger Skala wurden die Tutoren gebeten, die Bedeutung der einzelnen Items speziell für Protokolle zu dem von ihnen betreuten Versuch einzuschätzen. Da die Mehrzahl der Tutoren zu zwei Versuchen Rückmeldungen gab, ergaben sich 63 Datensätze, die den Entwurf eines 22 Items umfassenden einheitlichen Grundgerüsts für Feedbackbögen ermöglichten. Dieses Gerüst umfasst jene Items, die versuchsunabhängig für alle Praktikumsprotokolle wichtig sind. Zusätzlich wurden zu Semesterbeginn und zu Semesterende halbstrukturierte Interviews mit 9 studentischen Tutoren geführt. In diesen Interviews wurden die Tutoren gebeten, Versuchsbesonderheiten und Schwerpunkte der von ihnen betreuten Versuche zu formulieren. Die Ergebnisse dieser Interviews wurden anschließend genutzt, um das zuvor entwickelte Grundgerüst um zusätzliche, versuchsspezifische Items zu erweitern. Abbildung 2 zeigt exemplarisch den sich daraus ergebenden versuchsspezifischen Feedbackbogen zu Protokollen für einen Versuch, in dem elektrische Widerstände und ihre Temperaturabhängigkeit mit verschiedenen Messmethoden untersucht werden.

### **Evaluation**

In einer ersten Evaluationsphase wurden je 5 Protokolle zu 2 verschiedenen Versuchen ausgewählt, die von 4 studentischen Tutoren mit Hilfe der Feedbackbögen beurteilt wurden. Bewertet wurden somit 10 x 22 versuchsübergreifende Items. In 85% aller Fälle waren mindestens 3 von 4 Tutoren einer Meinung. Von den untersuchten Items konnten 8 mit einer Übereinstimmung von  $\kappa \in [0,703; 0,800]$  ohne Änderung für den Feedbackbogen übernommen werden. Interviews mit den an der Evaluation teilnehmenden Tutoren ergaben, dass die übrigen Items noch konkreter und trennschärfer formuliert werden sollten. Weiterhin wird es zukünftig möglich sein, einzelne Versuchsteile separat zu beurteilen. Insgesamt wurden die Feedbackbögen von den Tutoren hinsichtlich Übersichtlichkeit, Effizienz bei der Protokollrückgabe und Nachvollziehbarkeit der Bewertung (für die Studierenden) durchweg sehr positiv bewertet. Ebenfalls positiv beurteilt wurde, dass der Feedbackbogen auch den Tutoren noch einmal vor Augen führt, worauf bei der Protokollkorrektur geachtet werden muss. Darüber hinaus lässt sich der Bogen, nach Meinung der befragten Tutoren, ohne nennenswerten Mehraufwand ausfüllen. Somit konnte in der ersten Evaluation eine hohe Akzeptanz der Feedbackbögen seitens der Betreuer festgestellt werden. Der Einsatz im Praktikum wird zeigen, ob dies auch bei den



Stephan Fraß<sup>1</sup>  
 Ines Lammertz<sup>1</sup>  
 Uta Magdans<sup>2</sup>  
 Heidrun Heinke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>RWTH Aachen  
<sup>2</sup>Universität Potsdam

## Erhebung von Daten für IBE mit Smartpens

Interaktive Bildschirmexperimente (IBE) werden bislang in idealisierten Lernumgebungen angeboten. Um den Prozess des Realexperiments besser abbilden zu können, sollen IBE um Fehler beim Experimentieren und deren Auswirkungen erweitert werden. Hierzu ist eine Bedarfsanalyse nötig, die Fehlerquellen in der Experimentierphase aufdeckt. Für Prozessanalysen beim Experimentieren waren bisher aufwendige Videostudien erforderlich. Eine effiziente Alternative bietet der Einsatz von *Smartpens*, die Protokolle bereits während des Entstehungsprozesses bei der Messdatenaufnahme digitalisieren und das Schriftbild mit einer Zeit- und Tonspur verknüpfen (Marggraff, 2007). Das produktorientierte Protokoll wird um prozessorientierte Komponenten erweitert. Dies hilft sowohl typische Abläufe beim Experimentieren nachzuvollziehen als auch häufige Fehler zu identifizieren. Die Ergebnisse einer Datenerhebung mit *Smartpens* im Physikpraktikum der RWTH Aachen im WS 2012/2013 im Versuch Photoeffekt und ihre Relevanz bezüglich eines IBE desselben Versuches werden in diesem Beitrag vorgestellt.

### Der Versuch „Photoeffekt“

Im Versuch (vgl. Abb. 1) soll mit Hilfe der Kondensatormethode das Planck'sche Wirkungsquantum  $h$  bestimmt werden. Zunächst wird die maximale kinetische Energie der aus der Photozelle austretenden Elektronen in Abhängigkeit von der Frequenz, gegeben durch verschiedene Filter, bestimmt. Mittels linearer Regression soll anschließend das Planck'sche Wirkungsquantum ermittelt werden. Der zu untersuchende Versuchsablauf lässt sich in drei Bereiche gliedern:

*Justage:* Der durch das Anschalten der Quecksilberdampf Lampe (*a*) entstehende Leuchtfleck soll so auf der Photozelle (*e*) ausgerichtet werden, dass er den Anodenring nicht bestrahlt. Hierzu können sowohl der Höhenregler der Photozelle als auch eine Irisblende (*b*) genutzt werden. Die Position der Linse (*c*) ist in der IBE nicht veränderbar.

*Messung:* Für eine Messung wird zunächst ein Filter (*d*) (576nm, 546nm, 436nm oder 405nm) ausgewählt. Bevor der Ladevorgang des Kondensators (*f*) am Multimeter (*g*) beobachtet werden kann, muss dieser über einen Tastschalter entladen werden. Ist keine ladebedingte Spannungsänderung mehr am Kondensator zu erkennen, kann der Messwert aufgenommen werden (vgl. Abb. 2). Die Messung soll einige Male wiederholt werden.

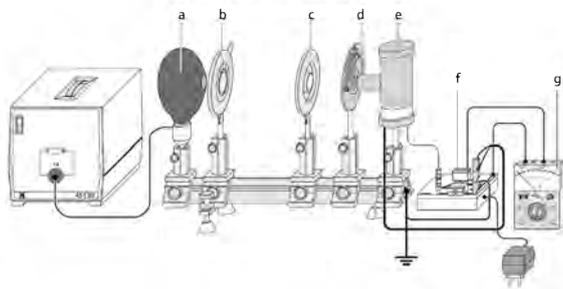


Abb. 1: Schematische Zeichnung des Versuchs Photoeffekt. © LD Didactic GmbH

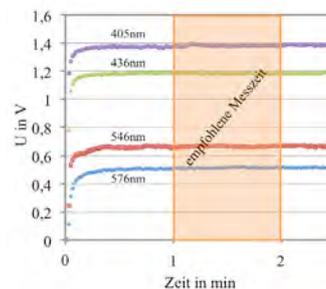


Abb. 2: Verschiedene Ladepotentialkurven des Kondensators

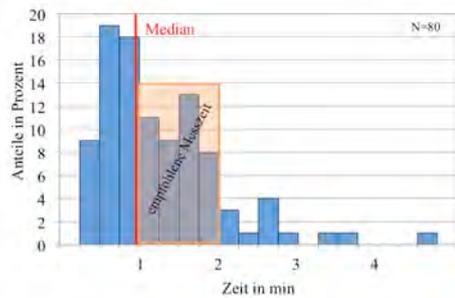


Abb. 3: Für die Aufnahme eines Datenpunktes benötigte Messzeit

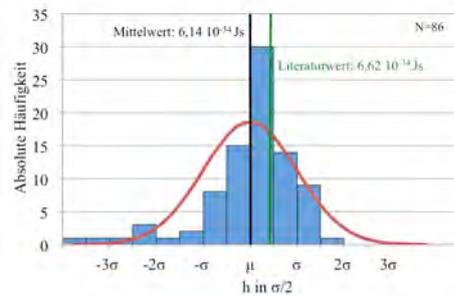


Abb. 4: Verteilung der mit linearer Regression ermittelten  $h$ -Werte um den Mittelwert  $\mu$

**Auswertung:** Zunächst werden die Messwerte für jede Frequenz gemittelt und in einem U-f-Diagramm aufgetragen, in das dann mittels linearer Regression eine Ausgleichsgerade gelegt wird. Das Planck'sche Wirkungsquantum ergibt sich aus der Steigung jener Ausgleichsgeraden.

### Setup und Skript des IBE

Die Interaktion des Benutzers mit dem Interface des IBE wird durch sogenannte *Hotzones* realisiert. Dies sind Funktionszonen, die im Sinne einer direkten Manipulation (Schulz, 1998) versuchen, die real-haptischen Bedienoptionen gemäß der Eingabemöglichkeiten abzubilden und nachzuempfinden. Reale „komplexe Kommandos werden [somit] durch physische Aktionen“ (Zastrow, 2001) mit der Maus bzw. mit dem Finger auf dem Touchpad ersetzt. Da in dem interaktiven Bildschirmexperiment zunächst ein objekt- bzw. prozessorientierter Fokus realisiert werden soll, werden die *Hotzones* gemäß den Anforderungen an die Justage und der Messung ausgerichtet. Diese *Hotzones* steuern *Bilderzonen* direkt oder indirekt über ein Skript an. Abhängig von den *Hotzone*-Eingaben generiert dieses Skript den zeitlichen Spannungsverlauf am Kondensator und damit das Messergebnis auf dem Multimeterdisplay. Grundlage für das Setup und Skript sind Daten und Erkenntnisse, die mittels *Smartpens* erhoben wurden.

### Datenerhebung mit Smartpens

**Funktionsweise:** Der *Smartpen* wird in Verbindung mit dem sogenannten *Dotpaper* – Punktpapier - dazu verwendet, handschriftliche Notizen und die während des Schreibens gesprochenen Worte zeitlich zu erfassen, zu speichern und auf einen Computer zu übertragen. Dazu sind im Stift neben einer Kugelschreibermine auch eine Kamera und ein Mikrofon integriert. Wird mit dem *Smartpen* auf dem *Dotpaper* geschrieben, so kann mit Hilfe der Kamera und des Punkterasters auf dem Papier ein mit der Zeit verknüpfter Vektordatensatz generiert werden, mit dem sowohl der Entstehungsprozess des Schriftbildes als auch die Audiodaten später am Computer nachvollzogen werden können (Marggraff, 2007).

**Studie:** Der *Smartpen* wurde im oben beschriebenen Versuch „Photoeffekt“ bei 226 Praktikumsgruppen eingesetzt. Da die Studierenden neben dem experimentellen Teil (Justage und Messdatenaufnahme) auch die Auswertung vor Ort im Praktikum anfertigen, konnte der komplette Versuchsablauf (ca. 120 min) erfasst werden. Erste Ergebnisse für vier von acht Messaufbauten werden hier vorgestellt.

**Akzeptanz:** Lediglich 4% der Studierenden gaben nach der Erhebung an, dass sie „die Benutzung des Stiftes [...] beim Experimentieren behindert“ hätte. Zudem gaben ca. 18% an durch die Einschränkung der Schreibmaterialien auf *Dotpaper* und *Smartpen* in ihrer Arbeit

gestört worden zu sein (Dittmar, 2012). Eine exemplarische Betrachtung der Audiodaten zeigt, dass die Anwesenheit des Mikrophones schon nach kurzer Zeit nicht mehr sprachhemmend auf die Studierenden wirkt. Die Vermutung liegt nahe, dass die durch die Smartpenaufnahme bedingte Veränderung der Interaktionsrealität (Dinkelaker & Herrle, 2009) nicht im gleichen Maße auftritt wie beispielsweise bei einer Videostudie.

*Messdauer:* Da Messergebnisse in der Regel sofort nach deren Erhebung protokolliert werden, ermöglicht die Auswertung des Intervalls zwischen dem Notieren von Messdaten einen Rückschluss auf die benötigte Messzeit für einen Messpunkt. Die Evaluation der Aufnahme von 80 Messwerten ergab das in Abbildung 3 dargestellte Histogramm. Es zeigt sich, dass die in der Anleitung empfohlene Messzeit von ein bis zwei Minuten von den Studierenden nicht eingehalten wurde. Bei ca. 60% der Messungen wurde zu kurz gewartet, bis der Spannungswert abgelesen bzw. notiert wurde. Der Kondensator wurde entweder nicht ausreichend geladen (vgl. Abb. 2) oder die Messungen (bei gleicher Wellenlänge) wurden ohne zwischenzeitliche Kondensatorentladung vorgenommen. Dies kann entweder auf ein mangelndes konzeptionelles Verständnis über den Ladevorgang des Kondensators deuten oder Hinweise auf ein falsches Verständnis von statistischem Arbeiten geben.

*Systematische & statistische Abweichungen:* Aus den Messdaten werden mittels linearer Regression  $h$ -Werte ermittelt, deren Verteilung Abb. 4 zeigt. Diese Verteilung kann zur umfassenden Charakterisierung der im Praktikum verwendeten Aufbauten (Oxidationsgrad der Photozelle, Güte der Interferenzfilter, Abschirmung der Elektrik) und der Messmethode als solches herangezogen werden. Zudem lässt sich eine charakteristische statistische Schwankung der Messergebnisse ermitteln.

### **Ausblick**

Von den Prozessdaten lassen sich Anforderungen für die Weiterentwicklung des IBE-Designs ableiten. Um die Bedeutung der Messzeit hervorzuheben und zu erreichen, dass sich die Studierenden verstärkt mit derselben auseinandersetzen, kann beispielsweise eine Uhr in die Experimentierumgebung integriert werden. Damit das Verhalten der IBE den im Praktikum verwendeten Messaufbauten entspricht, muss die aus der umfassenden Charakterisierung gewonnene Verteilung in das Skript und somit in die Messdatenausgabe implementiert werden. So kann beispielsweise die Verteilung für eine Variation der Messreihen verwendet werden, damit nicht bei jeder Messung exakt die gleichen Werte generiert werden. Bisher wurden das Schriftbild und der zeitliche Entstehungsprozess desselben ausgewertet. Eine systematische Auswertung der Audioinformationen folgt im Wintersemester 2013/14.

### **Danksagung**

Das hier erwähnte IBE wurde in Kooperation mit dem Lehrstuhl Prof. Dr. Nordmeier der FU Berlin erstellt. Unser Dank gilt insbesondere Jürgen Kirstein, Tobias Gutzler, Oliver Schulze und Gunnar Keuer.

### **Literatur**

- Dinkelaker, J., & Herrle, M. (2009). Erziehungswissenschaftliche Videographie. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Dittmar, T. (2012). Protokolle mit dem Smartpen – Eine Untersuchung am Photoeffekt-Versuch für Studierende des Maschinenbaus. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung. Aachen.
- Marggraff, J. (2007). Patentanmeldung US 20070280627 A1: Recording and playback of voice messages associated with note paper. Angemeldet am 19. Mai 2006, veröffentlicht am 6. Dezember 2007.
- Schulz, A. (1998). Interfacedesign – Die visuelle Gestaltung interaktiver Computeranwendungen. Dissertation. St. Ingberg: Röhrling Universitäts-Verlag.
- Zastrow, M. U. (2001). Interaktive Experimentieranleitungen. Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten im Physikalischen Praktikum. Dissertation. Berlin: Logos.

### **Reform des Physikpraktikums für Mediziner – Anlage einer Studie**

Während des vorklinischen Studienabschnitts absolvieren die Studierenden der Humanmedizin ein Praktikum zu Inhalten der Experimentalphysik. Im Rahmen von an der Justus-Liebig-Universität durchgeführten Evaluationen des Fachbereichs Medizin wurde deutlich, dass sich die Studierenden Veränderungen in Bezug auf das Praktikum wünschen, sie nehmen das Praktikum als eine Hürde und nicht als Lerngelegenheit wahr. Im Zuge einer Modernisierung der Praktikumsversuche sollen daher durch Verknüpfungen von physikalischen und medizinischen Inhalten die Akzeptanz des Praktikums erhöht sowie die Relevanz von physikalischen Themen für das Medizinstudium stärker hervorgehoben werden. Die verstärkte Einbettung physikalischer Sachverhalte in medizinische Kontexte soll zudem genutzt werden, um die Wirkung der geänderten kontextuellen Einbettung zu untersuchen. Hier stellt sich u. a. die Frage, ob die Bezüge zu medizinischen Sachverhalten von den Studierenden wahrgenommen werden und zu Diskussionen über die physikalischen Inhalte beitragen.

Der Begriff „Kontext“ wird häufig verwendet, um auf den lebensweltlichen Bezug eines Arbeitsauftrages, eines Experiments oder einer Information zu verweisen. Es wird damit besonders hervorgehoben, dass ein Fachinhalt mit der Lebenswelt des Adressaten verknüpft ist oder durch ihn verknüpft werden kann (Fechner, 2009).

Im englischsprachigen Raum findet sich unter dem Oberbegriff STS (Science-Technologie-Society) eine Vielzahl von Studien, die den Einfluss eines lebensweltlichen Bezuges auf das Lernen untersuchen. In Deutschland sind vor allem die Ansätze Chemie im Kontext (ChiK), Biologie im Kontext (bik) und Physik im Kontext (piko) bekannt. In einer Übersicht über einige dieser Studien kommt Bennett (2005) zu der Schlussfolgerung, dass die Studien zwar positive Effekte des Kontextbezugs auf die Einstellungen zu Naturwissenschaften nachweisen können, in Bezug auf Lernergebnisse ist jedoch keine eindeutige Interpretation der Befundlagen möglich. Es scheint jedoch so zu sein, dass die Einbettung eines Sachverhaltes in einen lebensweltlichen Kontext zumindest keinen Nachteil in Bezug auf das Verständnis fachlicher Inhalte nach sich zieht (Bennett, 2005). Im Bereich kontextorientierter Praktika konnte bereits aufgezeigt werden, dass sich eine adressatenspezifische Gestaltung mit kontextorientierten Inhalten positiv auf Motivation und Lernwirksamkeit auswirken (Plomer, 2011; Theyßen, 1999). Bisher wenig wurde in Studien zur Kontextorientierung jedoch untersucht, wie im Bearbeitungsprozess selbst der Kontextbezug von den Lernenden aufgegriffen und für das fachinhaltliche Lernen genutzt wird.

#### **Vorerhebung**

Im Sommersemester 2013 wurde neben Videoaufzeichnungen der Bearbeitung bestehender Versuche auch eine Befragung im Prä-Post-Design durchgeführt. Die Items der Fragebögen zielten auf Interesse, Motivation und Erwartungen an das Praktikum beziehungsweise Erleben während des Praktikums ab. Es wurde dabei unter anderem erfasst, welche der z. Z. im Praktikum durchgeführten Versuche für die Studierenden einen medizinischen Bezug erkennen lassen: „Bei welchem Versuch / welchen Versuchen können Sie jetzt, nach der Durchführung des Praktikums, einen medizinischen Bezug erkennen?“ (Ankreuzen aus einer Liste aller Versuche). In ähnlicher Weise wurde die Relevanz erhoben: „Welche(r) Versuch(e) sind Ihrer Meinung nach besonders relevant für Ihr Medizinstudium und Ihre

spätere Berufstätigkeit?“. Es zeigte sich, dass bei wenigen Versuchen der medizinische Bezug erkennbar ist und die Mehrzahl der Versuche nicht als relevant angesehen wird (vgl. Abb. 1). Weitere Ergebnisse der Befragung bestätigen die Annahme, dass die Studierenden der Medizin nur ein geringes Interesse im Bereich der Physik aufweisen.

In Bezug auf das Sachinteresse konnte anhand der Fragebögen festgestellt werden, dass physikalische Inhalte, die in einen medizinischen Kontext eingebettet wurden, im Gegensatz zu den rein physikalisch umgesetzten Versuchen als interessanter eingeschätzt werden. Die Ergebnisse der Vorbefragung stützen somit die auch aus anderen Befundlagen ableitbare Vermutung, dass eine Überarbeitung bzw. Neukonzeption der Versuche mit stärkerer Herausarbeitung des medizinischen Bezugs mindestens zu einem positiven Erleben der Studierenden führen sollte. Es ist zudem zu vermuten, dass ein solches Erleben zu vertiefter Bearbeitung führt und damit auch Lernprozesse anstößt, die bisher nur schwer zu erreichen waren.

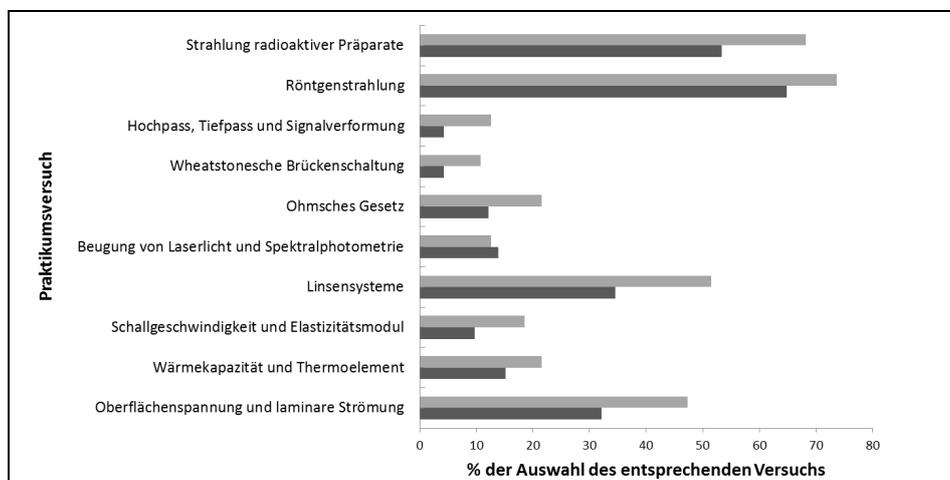


Abb. 1: Erkennbarkeit und Relevanz von medizinischen Bezügen bei den aktuell eingesetzten Praktikumsversuchen (hellgrau: medizinischer Bezug aus Sicht der Studierenden erkennbar, dunkelgrau: Relevanz aus Sicht der Studierenden erkennbar)

### Gestaltung der Praktikumsversuche

In Anlehnung an Nawraths (2010) Unterscheidungen zum Begriff der Kontextorientierung wird für die Überarbeitung bzw. Neukonzeption der Praktikumsversuche zwischen „kontextstrukturierten“ und „fachsystematisch strukturierten“ Versuchen unterschieden. Bei den neu entwickelten Praktikumsversuchen handelt es sich um kontextstrukturierte Versuche, in denen der Kontext Ausgangspunkt der gesamten Anlage des Versuches ist und die Physik herangezogen wird, um den medizinischen Sachverhalt aufzuklären. Die überarbeiteten Versuche bleiben fachsystematisch strukturiert; hier hat der Kontext die Funktion, plausibel zu machen, weshalb fachliche Überlegungen sinnvoll sind. Trotz der im Detail verschiedenen Strukturierung handelt es sich immer um Kontextorientierung, da eine Vernetzung von Physik und Medizin angestrebt wird. Neben der systematischen Bezugnahme auf Kontexte liegt der Überarbeitung bzw. der Neuentwicklung ein Ansatz zugrunde, der auf den Konzeptaufbau der Studierenden abzielt (u. a. von Aufschnaiter & Rogge, 2010).

In einem iterativen Verfahren wurden zunächst Versuche identifiziert, die in ihrer Grundanlage bereits geeignet erscheinen und eher positiv erlebt werden (u. a. die Versuche zur Strahlung radioaktiver Präparate und zur Röntgenstrahlung, vgl. Abb. 1). Zu Kontexten,

die relevant erscheinen, zu denen es aber bisher keine Versuche gibt, wurden exemplarisch zwei Versuche neu konzipiert (vgl. Abb. 2): „Mechanismen des Farbsehens und der Farbfehlsichtigkeit“ (vgl. Vorholzer, 2011) und „Ultraschall“<sup>1</sup>. Die überarbeitet/neu konzipierten Versuche werden gegenwärtig mit Schüler/innen der Oberstufe und Studierenden pilotiert und sollen voraussichtlich zum Wintersemester 2014/2015 im Praktikum implementiert werden.

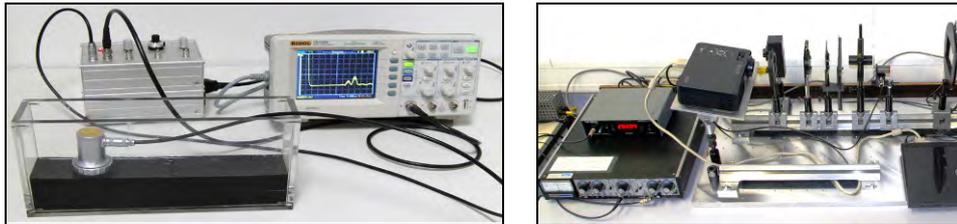


Abb. 2: Neu entwickelte Praktikumsversuche „Ultraschall“ (links) „Mechanismen des Farbsehens und der Farbfehlsichtigkeit“ (rechts)

### Hauptstudie

In der Hauptstudie werden die Videoaufzeichnungen der Bearbeitung der Versuche von Befragungen der Studierenden begleitet. Dabei werden, ähnlich wie in der Vorbefragung, eine Prä-Post-Befragung zum Interesse und zur Relevanz sowie eine bearbeitungsbegleitende Befragung zum Erleben durchgeführt. Durch diese Datenquellen sollen zum einen Hinweise auf die Anpassung der Versuche an die kognitiven und motivational-emotionalen Bedürfnisse der Lernenden generiert werden. Zum anderen sollen sie genutzt werden, um Lern- und Erlebensprozesse von Studierenden in kontextorientierten Lernumgebungen zu untersuchen.

### Literatur

- von Aufschnaiter, C. & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 95-114.
- Bennett, J. (2005). Bringing science to life: the research evidence on teaching science in context. <http://www.york.ac.uk/media/educationalstudies/documents/research/Contextsbooklet.pdf> [28.10.2013].
- Fechner, S. (2009). Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education. Berlin: Logos.
- Nawrath, D. (2010). Kontextorientierung: Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Plomer, M. (2011). Physik physiologisch passend praktiziert. Berlin: Logos.
- Theyßen, H. (1999). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. Berlin: Logos.
- Vorholzer, A. (2011). Versuchskonzept zum interaktiven Erlernen der grundlegenden physikalischen Mechanismen des menschlichen Farbsehens. Wissenschaftliche Hausarbeit zur Erlangung des Ersten Staatsexamens für Gymnasien an der Justus-Liebig-Universität Gießen. <http://www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb07/fachgebiete/physik/einrichtungen/didaktik/quali/resolveuid/b311d35945ede95fcc9b3afbc9caf1da> [28.10.2013].

<sup>1</sup> Wir danken Lena Hoffmann und Andreas Bork für die Entwicklung und Erprobung von Versuchsaufbauten zum „Ultraschall“ im Rahmen ihrer Wissenschaftlichen Hausarbeit zum ersten Staatsexamen für das Lehramt.

## **Entwicklung und Erforschung von Ansätzen selbstregulierten Lehrens und Lernens im Chemieunterricht**

### **Einleitung**

Schülerinnen und Schüler sollen in der Schule dazu befähigt werden, ihren eigenen Lernprozess stärker selbst zu gestalten, um auf ein Leben nach der Schule besser vorbereitet zu werden und um schon während der Schulzeit bessere Lernerfolge erzielen zu können (Boekaerts, 1999; Zimmerman, 2002). Wichtige Aspekte, die das Selbstregulierte Lernen (SRL) umfassen, sind beispielsweise die eigenständige Zielsetzung und Zielverfolgung und die Beobachtung und anschließende Reflexion des eigenen Lernprozesses (Zimmerman, 2002; Wirth, 2009). Die Umsetzung des SRL ist in der Schule auf Grund der gegebenen Rahmenbedingungen wie Klassengröße oder zeitlicher und inhaltlicher Vorgaben sehr anspruchsvoll. Außerdem fehlt es bisher an konkreten Ideen, mit deren Hilfe Elemente des SRL in den fachspezifischen Bereichen praxisnah umgesetzt werden können (Labuhn, 2008; Wiegand, 2009).

Ziel dieser qualitativ angelegten Aktionsforschungsstudie ist es, Unterstützungsmaßnahmen und Unterrichtsmaterialien zu entwickeln und zu erproben, mit denen bestimmte Elemente des SRL im Chemieunterricht umgesetzt werden können. Außerdem sollen Möglichkeiten und Grenzen des SRL im Chemieunterricht näher beleuchtet werden, um Aussagen darüber machen zu können, in welchem Maße und in welcher Struktur Elemente des SRL in fachspezifischen Bereichen sinnvoll und nachhaltig umgesetzt werden können.

### **Forschungsprojekt**

#### *Untersuchungsdesign – Partizipative fachdidaktische Aktionsforschung*

Aufgrund des Anspruches, dass die entwickelten Materialien einen engen Unterrichtsbezug aufweisen sollen, damit sie von den Lehrerinnen und Lehrern unter den gegebenen Rahmenbedingungen des Chemieunterrichts eingesetzt werden können, wurde als Studiendesign die „partizipative fachdidaktische Aktionsforschung“ (Eilks & Ralle, 2002) ausgewählt. Sowohl die Entwicklungsarbeit als auch die Erforschung der unterrichtlichen Umsetzung erfolgt in enger Kooperation mit Lehrerinnen und Lehrern. Bei regelmäßigen Treffen mit einer festen Lehrergruppe (bestehend aus 10 Lehrkräften und 2 Lehramtsanwärtern) werden mögliche Unterstützungsmaßnahmen und Unterrichtsmaterialien entwickelt und diskutiert, welche dann anschließend im Unterricht der teilnehmenden Lehrkräfte eingesetzt werden. Vereinzelt werden dabei die Lehrkräfte in ihrem Unterricht begleitet, um ausgewählte Schülergruppen bei ihrer Arbeit und dem Umgang mit den Materialien videographieren zu können. Des Weiteren werden einige Schülerinnen und Schüler bezüglich der unterrichtlichen Methodik interviewt und die Materialien aller Lernenden werden eingesammelt. Auf Grundlage der Auswertung dieser Daten und auf Grundlage der Beobachtungsergebnisse der beteiligten Lehrkräfte während des Unterrichtsgeschehens werden die Unterstützungsmaßnahmen und Unterrichtsmaterialien erneut diskutiert, optimiert und nochmals im Unterricht erprobt.

#### *Lernumgebung*

In diesem Format wurde bisher schon eine Lernumgebung zu dem Thema „Trennverfahren“ entwickelt und erstmalig erprobt. Die Lernumgebung wurde für Schülerinnen und Schüler

der siebten bzw. achten Klasse konzipiert (je nach Schulform ist das Thema in den Lehrplänen für die siebte bzw. achte Klasse verankert).

Die Lernenden sollen in Kleingruppen zunächst die verschiedenen Gruppen der Trennverfahren kennenlernen und in einer zweiten Runde ihr erworbenes Wissen anwenden, um kontextorientierte Problemstellungen mit Hilfe von eigenständig durchgeführten Experimenten lösen zu können.

*Tab. 1: Aufbau der Lernumgebung "Trennverfahren"*

	<b>1. Runde: Trennverfahren kennenlernen</b>	<b>2. Runde: Trennverfahren kontextorientiert anwenden</b>
Inhalt	4 Stationen: jeweils Infotexte & vorgegebenes Experiment	4 Stationen: jeweils Problemstellung & selbst zu planendes Experiment
Dauer	ca. sechs Schulstunden	ca. vier Schulstunden
Intention	Erarbeitung der theoretischen Grundlagen & Gewöhnung an die Experimente	Anwendung des Wissen und der experimentellen Kenntnisse auf Problemstellungen

Nach einer zentralen Einführungsphase, in der eine Station exemplarisch gemeinsam im Plenum erarbeitet wird, arbeiten die Schülergruppen anschließend selbstständig an den Stationen. Als zusätzliches Feedbackinstrument wurde auf Wunsch der Lehrkräfte ein Kolloquium für Schülerkleingruppen in die Lernumgebung mit eingebunden. Dieses Kolloquium wird nicht zu Bewertungszwecken herangezogen, sondern dient den Lehrkräften lediglich dazu, einen Einblick in die fachliche und methodische Arbeit ihrer Schülerinnen und Schüler zubekommen. Außerdem erhalten auch die Lernenden ein Feedback zu ihrer Arbeit und können von der Lehrperson auf Problembereiche aufmerksam gemacht werden, die sie eventuell noch einmal aufarbeiten sollten.

Ein Schwerpunkt des SRL, der hier fokussiert wird, ist die „Zielsetzung“. Die Schülerinnen und Schüler sollen zu Beginn jeder Station, nachdem sie die Infokarte gelesen haben und das Thema des Experiments kennen, ein Ziel formulieren. Um die Lernenden bei der Formulierung zu entlasten, werden ihnen als zusätzliche Hilfestellung Formulierungshilfen zur Verfügung gestellt. Durch dieses Vorgehen sollen sich die Lernenden schon vor der Durchführung des Experiments Gedanken zu dessen theoretischem Hintergrund machen, damit sie das Experiment anschließend gezielt durchführen und ihre Aufmerksamkeit auf die wesentlichen fachlichen Inhalte fokussieren können.

#### *Auswertung*

Die Unterrichtsvideos werden in zwei Schritten ausgewertet. Zunächst wird das Verhalten der Schülerinnen und Schüler während des gesamten Unterrichts analysiert. Dazu wurde ein Kodiermanual entwickelt, um sowohl die Reihenfolge der Arbeitsschritte als auch den zeitlichen Umfang der einzelnen Arbeitsphasen bestimmen zu können. Die so identifizierten Phasen, in denen sich die Lernenden mit der Zielsetzung auseinandersetzen, werden in einem zweiten Schritt genauer analysiert, um aufzeigen zu können, in welcher Sozialform und mit welchen Hilfsmitteln die Ziele formuliert wurden.

Die Zielformulierungen der Schülerinnen und Schüler werden hinsichtlich ihrer fachlichen Qualität und ihres inhaltlichen Anspruches ausgewertet, um Aussagen darüber treffen zu können, ob die Schülerinnen und Schüler mit den ihnen zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln (Infokarte, kurzer Input zum Experiment & Formulierungshilfen) in der Lage sind, adäquate Ziele zu verfassen.

Mit Hilfe der Schülerinterviews sollen zusätzliche Informationen darüber gewonnen werden, wie die Schülerinnen und Schüler bei der Auseinandersetzung mit den Zielen vorgegangen sind. Hierdurch sollen zusätzliche Erkenntnisse gewonnen werden, die auf Grundlage der

Videodaten und Schülermaterialien nicht möglich waren. Die Interviews sollen darüber hinaus Aufschluss geben, ob die Lernenden die Formulierung von Zielen als eine Unterstützung für ihren Lernprozess empfunden haben.

#### *Ausblick*

Nachdem die Auswertung der gesammelten Datenmaterialien erfolgt ist, werden diese Ergebnisse mit den Lehrerinnen und Lehrern der Aktionsforschungsgruppe debattiert, um so die Lernumgebung optimieren und erneut erproben zu können.

Parallel dazu werden zusammen mit der Aktionsforschungsgruppe weitere Umsetzungsideen entwickelt, um weitere Aspekte des SRL in anderen Themenbereichen des Chemieunterrichts integrieren zu können.

#### **Literatur**

- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: where are we today? *International Journal of Educational Research*, 31, 445-457.
- Eilks, I., & Ralle, B. (2002). Partizipative fachdidaktische Aktionsforschung - ein Modell für eine praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. *Chemie konkret*, 9(1), 13-18.
- Labuhn, A.-S. (2008). Förderung selbstregulierten Lernens im Unterricht: Herausforderungen, Ansatzpunkte, Chancen. Dissertation Universität Göttingen.
- Wiegand, S. (2009). Selbstreguliertes Lernen in formalen Lernumgebungen – eine Analyse nationaler und internationaler Forschungsansätze und -methoden (Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt Gymnasium/ Gesamtschule, TU Dortmund).
- Wirth, J. (2009). Promoting self-regulated learning through prompts (Editorial). *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23, 91-94.
- Zimmerman, B.-J. (2002). Becoming a Self-Regulates Learner: An Overview. *Theory Into Practice*. 2/41, 64-70.

## Lernwirksamkeit von Materialien mit chemiespezifischem Humor

### Theoriebildung

Nach Einschätzung von Chemielehrkräften wirkt sich Humor positiv auf das Lernen aus (Dickhäuser, 2002; Dickhäuser & Stachelscheid, 2011a). Um diese Vermutung empirisch zu untersuchen, ist in einem ersten Schritt eine theoretisch fundierte Konzeptualisierung erforderlich. Auf Grundlage der Theorie des pädagogischen Humors (Kassner, 2002) und der Inkongruenztheorie des Humors (Koestler, 1964) entstand das Konzept des chemiespezifischen Humors (ChH) als Merkmal von Bild-Textmaterial unabhängig vom Adressaten operationalisierbar und empirischen Untersuchungen zugänglich (Dickhäuser & Stachelscheid, 2012).

Entsprechende Entwicklungsarbeiten führten zum derzeit aktuellen Konzept (Dickhäuser et al., 2013). Abbildung 1 zeigt das Konzept. Material weist das Merkmal ChH auf, wenn drei Bedingungen erfüllt sind: Es muss ein Inhalt des schulischen Chemieunterrichts (Bezugssystem I) und eine auf diesen Inhalt sinnvoll bezogene Situation (Bezugssystem II) vorhanden sein. Außerdem müssen die beiden Bezugssysteme unpassend miteinander

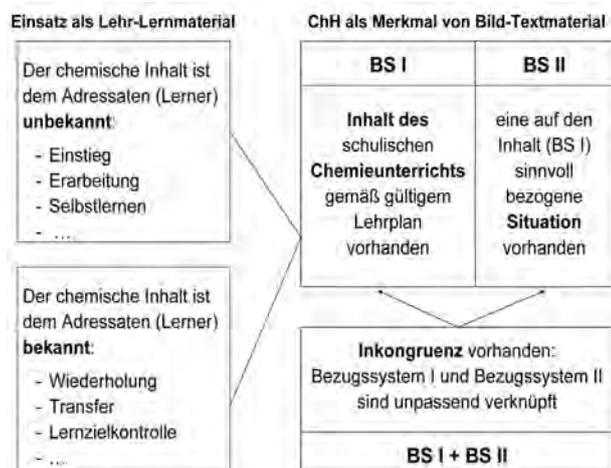


Abb. 1: Chemiespezifischer Humor: Konzept und Einsatz

verknüpft sein (Inkongruenz zwischen BS I und BS II). Für den Unterricht entwickeltes ChH-Material lässt sich als Lehr-Lernmaterial einsetzen. Dabei ist in Hinblick auf die Planung zu berücksichtigen, dass der chemische Inhalt des BS I den Schülerinnen und Schülern unbekannt oder bekannt sein kann. Die Validierung des Konzepts erfolgte durch ein Expertenrating mit 9 ausgewählten exemplarischen ChH-Items (3 x ChH-Material, 3 x "concept cartoon", 3 x Schulbuchzeichnung). Dazu wurden Lehramtsstudenten (N=10, abgeschlossenes Grundstudium in Chemie) in Hinblick auf das Konzept geschult und gebeten, im Anschluss die Materialien zu bewerten (Voss, 2013). Im Durchschnitt wurden 7,7 der 8 Items konzeptgemäß richtig bewertet (SD=1,16). Das Ergebnis liefert somit einen Hinweis für die Gültigkeit.

### Materialentwicklung und -evaluation

Zu Beginn der Materialentwicklung wurde das Periodensystem der Elemente als fachlicher Inhalt für BS I festgelegt. Um schülerrelevante Themen (z. B. Familienleben, Freunde treffen, Chillen) für BS II zu ermitteln, erfolgte in Anlehnung an Lamnek (2005) ein Klasseninterview mit Schülern der Jahrgangsstufe 8 (N=23, Realschule). Die Inhalte der beiden Bezugssysteme dienten dann als Impulse, um im Rahmen einer Kreativsitzung mit angehenden Kunstlehrkräften (N=10) Ideen für eine unpassende Verknüpfung von BS I und BS II zu

generieren (vgl. Vorhaus, 2001). Diese Ideen waren Ausgangspunkt für die Entwicklung konkreter Skripte in der eigenen Arbeitsgruppe, deren Umsetzung durch eine Grafikerin erfolgte und sechs ChH-Bilder lieferte. Alle Materialien entsprechen dem Konzept des chemiespezifischen Humors. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel. Hier wird thematisiert, dass Natrium und Chlor heftig miteinander reagieren und eine stabile



Abb. 2: Beispiel für Bild-Textmaterial mit ChH

Verbindung eingehen. BS I ist demnach ein Inhalt des derzeit gültigen Kerncurriculums. Inhalt von BS II ist ein leerer Saal, in dem zuvor ausgiebig die Heirat zweier Menschen gefeiert wurde. Die Situation passt also zum chemischen Inhalt. Zwischen BS I und BS II besteht zudem Inkongruenz, denn Natrium und Chlor sind nicht in der Lage, eine Ehe einzugehen und die Übertragung des Begriffs der Reaktionsheftigkeit auf eine Hochzeitsparty ist unpassend. Eingebettet in passende Informationstexte und ergänzt um geeignete Arbeitsaufträge entstanden sechs ChH-Arbeitsblätter zum Selbstlernen im Unterricht, parallel dazu sechs Arbeitsblätter ohne Humor mit identischen Texten und Aufgaben. Hier kamen anstelle der ChH-Bilder klassische Abbildungen mit demselben Informationsgehalt wie bei den ChH-Bildern zum Einsatz. Die beiden Sorten von Arbeitsblättern unterscheiden sich nur in den Abbildungen voneinander. Legt man Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 8 ( $N=47$ , Realschule) in randomisierter Reihenfolge alle 12 Materialien zur Bewertung vor (sechs Lernmaterialien mit ChH, sechs Lernmaterialien ohne Humor), so schneiden die ChH-Materialien hoch signifikant besser ab. Schülerinnen und Schüler haben mehr *Spaß* an den Materialien, finden diese *angenehmer* und gehen mit mehr *Begeisterung* und *Lust* an deren Bearbeitung (*kursiv*: aus den vier Testitems). Doch wie wirken ChH-Materialien, wenn Schüler im Unterricht mit diesen selbstständig arbeiten?

### Experimentelle Studie

In Helmkes Angebots-Nutzungs-Modell ist die Qualität des Lehr-Lernmaterials als Variable des Unterrichtsangebotes ausgewiesen (Helmke, 2009). Eine aktive Nutzung der Lernzeit hängt maßgeblich davon ab, wie das Angebot von den Lernenden wahrgenommen und interpretiert wird. Aufgrund der Evaluationsergebnisse kann vermutet werden, dass ChH-Material im Vergleich zu klassischem Selbstlernmaterial das situationale Interesse erhöht und in der zur Verfügung gestellten Zeit intensiver zum Lernen genutzt wird. Dies müsste sich also besonders positiv auf die Lernleistung auswirken. Um die Vermutung zu überprüfen, erfolgte eine Intervention im Pre-Post-Follow-up-Design mit Realschülern am Ende der Jahrgangsstufe 7 (vgl. Abb. 3). Die Einteilung der Schülerinnen und Schüler in Experimentalgruppe (Selbstlernen mit ChH-Material,  $N=112$ ) und Kontrollgruppe (Selbstlernen mit Material ohne Humor,  $N=125$ ) erfolgte randomisiert. In Hinsicht auf Kontrollvariablen wie kognitive Fähigkeiten, Vorwissen, Selbstkonzept und Sach- und Fachinteresse sind die beiden Gruppen ausbalanciert. Die Gruppen unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung auch nicht bezüglich Alter, Schulnoten (Deutsch, Mathematik, Chemie) sowie Geschlecht.

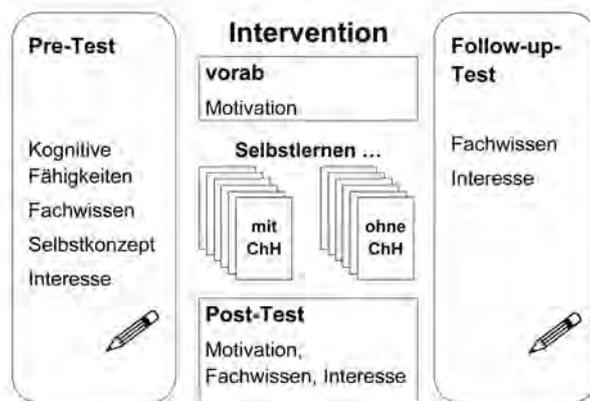


Abb. 3: Design der experimentellen Studie

Als abhängige Variablen werden Fachwissen und situationale Interesse vor, unmittelbar nach sowie sechs Wochen nach der Intervention erhoben. Die Interventionszeit betrug 35 Minuten, in der die Schülerinnen und Schüler selbstständig das bereit gestellte Material bearbeiten sollten. Die Auswertung der Daten zeigt einen signifikanten Zuwachs des Fachwissens zwischen Pre- und Post-Test in Experimentalgruppe (EG) und Kontrollgruppe (KG).

Dabei ist der Zuwachs im Gruppenvergleich für die EG noch einmal signifikant höher ( $F(1,235)=11.45$ ;  $p=.001$ ;  $\eta_p^2=.046$ ). Die eingesetzten Materialien waren also für beide Interventionsgruppen lernwirksam, wobei der Lernzuwachs für die EG noch einmal höher war als der für die KG. Im Follow-up-Test verschlechtern sich beide Gruppen im Vergleich zum Post-Test wieder. Jedoch ist die EG zum Follow-up-Zeitpunkt immer noch über dem Wert für das Fachwissen zum Pre-Test-Zeitpunkt, während die KG sogar noch schlechtere Werte zeigt als im Pre-Test. Die EG ist also noch im Follow-up signifikant besser im Fachwissen als die KG ( $F(1,235)=6.41$ ;  $p=.012$ ;  $\eta_p^2=.027$ ). Das Interesse am Thema „Periodensystem“ ist bei beiden Gruppen von Anfang an nicht besonders hoch ausgeprägt. Nach der Intervention ist es bei der EG leicht gestiegen, bei der KG hingegen sogar leicht gesunken. Der entsprechende Unterschied zwischen den Gruppen zum Post-Test-Zeitpunkt wird jedoch nicht signifikant. Bei beiden Gruppen sank das Interesse zwischen Post- und Follow-up-Test signifikant ab. Die Ergebnisse liefern somit einen ersten Hinweis auf das lernförderliche Potential von Materialien mit chemiespezifischem Humor.

#### Literatur

- Dickhäuser, A. (2002). Humor und Unterricht. In: Existenz und Logos. Zeitschrift für sinnzentrierte Therapie, Beratung, Bildung 1/2002, 102-125. Freiburg: Freiburger Graphische Betriebe.
- Dickhäuser, A., & Stachelscheid, K. (2011a). Zum Stellenwert von Humor im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. In D. Höttecke (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Berlin: Lit, 572-574.
- Dickhäuser, A. & Stachelscheid, K. (2011b). Chemiespezifischer Humor als Merkmal von Unterrichtsmaterialien. In S. Bernholt (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Berlin: Lit, 143-145
- Dickhäuser, A. & Stachelscheid, K. (2012). Chemie lernen mit Humor. In Gesellschaft Deutscher Chemiker (Hrsg.), Nachrichten aus der Chemie. Berlin: De Gruyter, 435-437.
- Dickhäuser, A., Neumann, J. & Stachelscheid, K. (2013). Humorforschung und ihr Nutzen für die Unterrichtspraxis. Chemiespezifischer Humor. Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht (MNU). Neuss: Seeberger (im Druck).
- Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze-Velber: Friedrich.
- Kassner, D. (2002). Humor im Unterricht. Bedeutung – Einfluss – Wirkungen. Hohengehren: Schneider.
- Köstler, A. (1964). The Act of Creation. New York: Penguin Books.
- Lamnek, S. (2005). Qualitative Sozialforschung. Weinheim: Beltz.
- Vorhaus, J. (2001). Handwerk Humor. Frankfurt am Main: Zweitausendeins.
- Voss, J. (2013). Anwendung des Fachspezifischen Humors in den Naturwissenschaften. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Grund-, Haupt- und Realschulen, Schwerpunkt Haupt-, Real und Gesamtschulen. Essen (unveröffentlicht).

### Frühe naturwissenschaftliche Bildung und die Rolle der Eltern

In den Kindergärten ist frühe naturwissenschaftliche Bildung inzwischen offiziell verankert und gehört zum elementarpädagogischen Bildungsauftrag (KMK 2004). Erzieherinnen und Erzieher erfahren aktive Unterstützung durch Fortbildungsprogramme, Materialsammlungen, Literatur und Kinderlabore. Kindergartenkonzeptionen schließen naturwissenschaftliche Bildungsangebote ein. So ist inzwischen davon auszugehen, dass in den Kindergärten naturwissenschaftliche Bildung in den Alltag mehr oder weniger integriert ist. Fachdidaktische Studien nehmen die Qualität in den Blick, in dem unter anderem die Kompetenzen der pädagogischen Fachkräfte untersucht, die Entwicklung und Gestaltung altersgerechter und nachhaltige Motivation fördernde Lernumgebungen voran getrieben sowie die Lernprozesse als Ergebnis der aktiven Bildungsbemühungen erforscht werden.

Für einen nachhaltigen Bildungserfolg ist allerdings auch die Tatsache ausschlaggebend, dass die Mehrzahl der Kinder in einem geteilten Betreuungsfeld leben und täglich zwischen Kindergarten und Familienleben wechseln. Beide Lebenswelten bieten Bildungsangebote. Die individuellen Erfahrungen der Kinder stammen also aus verschiedenen Quellen. Folgt man pädagogischen Studien, ist davon auszugehen, dass insbesondere der Einfluss des Familienlebens nachweislich eine große Rolle für den Bildungserfolg spielt (vgl. Sylva & Taggart, 2010; Tietze et al., 2012). Eltern und Geschwister sind die Vorbilder des Kindes (vgl. Ansari, 2009). Eltern sind die Experten ihres Kindes. Eltern geben Orientierung und bieten unterschiedliche Entfaltungsspielräume. Sie können auf die Erlebnisse und Erfahrungen der Kinder im Kindergarten reagieren, sie in ihren eigenen Familienalltag einbeziehen. „*Es ist (...) wichtiger, was Eltern tun, als was sie sind*“ (Sylva & Taggart, 2010, S. 17). Um anknüpfen zu können, brauchen Eltern die Kenntnis der Kindergartenpraxis. Die pädagogischen Fachkräfte in Kindertageseinrichtungen brauchen wiederum die Kenntnis über die Bildungsarbeit in den Familien. Beide sollten darüber inhaltlich kommunizieren.

Die Beziehungen und die Zusammenarbeit zwischen Elternhaus und Kindertageseinrichtung hinsichtlich früher naturwissenschaftlicher Bildungsangebote wurden bisher in fachdidaktischen Studien noch nicht bearbeitet. Im Rahmen dieser explorativen Feldstudie soll die Lücke bearbeitet und die Rolle der Eltern im Hinblick auf die Nutzung und Weiterführung von Angeboten früher naturwissenschaftlicher Bildung im Kindergarten detaillierter untersucht werden. Ohne Anspruch auf Generalisierung wollen wir die Kommunikation zwischen Elternhaus und Kindertagesstätte an ausgewählten Beispielen untersuchen und herausfinden, ob und wenn ja inwieweit und wie Eltern von naturwissenschaftlichen Bildungsangeboten im Kindergarten erfahren, ob und wie sie diese zu Hause aufgreifen und eventuell ergänzen, ob und wie sie darüber mit dem Kindergarten kommunizieren. Die Ergebnisse sollen unter anderem dazu dienen, ein Befragungsinstrument zu pilotieren und auf einen umfangreicheren Einsatz vorzubereiten, die Möglichkeit der bedarfsgerechten Ausweitung der Fortbildungsangebote der Forscherstation auf diesen Bereich zu prüfen und ggf. empirisch gestützte Anhaltspunkte für Möglichkeiten einer effektiven Interaktion zwischen Eltern und Kindertagesstätte hinsichtlich der gemeinsamen Bildungsaufgabe im naturwissenschaftlichen Bereich herauszuarbeiten.

Um Erkenntnisse zur Resonanz auf naturwissenschaftliche Bildungsangebote im Kindergarten zu gewinnen, wurden dazu im Juni/Juli 2013 mit den Leitungen von vier Kindertageseinrichtungen, die nachweislich Angebote im Bereich früher naturwissenschaftlicher Bildung realisieren und ab September 2013 mit Eltern der fünf- bis sechsjährigen Kinder der Vorschulgruppen dieser Einrichtungen Leitfadent gestützte Einzelinterviews durchgeführt.

Die Interviews wurden und werden digital aufgezeichnet (Audiodokumentation) und anschließend transkribiert. Die Auswertung erfolgt entsprechend der oben genannten Problematik über eine reduktive qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2008) und entlang folgender Forschungsfragen:

*Generelle Kommunikation zwischen Kindergarten und Elternhaus*

- Wie bekommen Eltern Informationen aus dem Kindergarten?
- Was erfahren Eltern allgemein aus dem Kindergarten?
- Wünschen Eltern mehr Information?
- Inwieweit sind Kindergarten und Elternhaus mit Art und Umfang ihrer Kommunikation zufrieden
- Werden Berichte und Erfahrungen aus dem Kindergarten zu Hause aufgegriffen und wenn ja, wie?

*Kommunikation über frühe naturwissenschaftliche Bildung*

- Was erfahren Eltern im Hinblick auf stattgefundene naturwissenschaftliche Bildungsangebote im Kindergarten?
- Wie erfahren sie davon?
- Inwieweit informieren sich Eltern gezielt über naturwissenschaftliche Bildungsangebote?
- Wünschen sie sich mehr Information?
- Greifen Eltern bzw. Kinder naturwissenschaftliche Inhalte auf und verfolgen sie diese zu Hause weiter? Wenn ja, in welcher Weise geschieht das?

*Resonanz auf naturwissenschaftliche Bildungsangebote im Kindergarten*

- Wenn naturwissenschaftliche Bildungsarbeit betrieben wird, werden Erfahrungen und Kenntnisse in beide Richtungen weitergegeben?
- Wenn ja, in welcher Weise geschieht das?

**Kriterien zur Auswahl der Kindergärten für die Studie**

Die Studie ist eng verbunden mit der Arbeit der Forscherstation. Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung gGmbH in Heidelberg (einem An-Institut der Pädagogischen Hochschule Heidelberg).

*„Ein interdisziplinäres Team aus Physikdidaktiker(inne)n, Pädagoginnen mit Coaching-Erfahrung, Erziehungs- und Naturwissenschaftlern, entwickelt, erprobt und erforscht hier gemeinsam mit ErzieherInnen aus der Praxis die Möglichkeiten früher naturwissenschaftlicher Bildung. Fragen, die dabei im Mittelpunkt stehen, sind unter anderem: „Welche Kompetenzen sind überhaupt notwendig, um altersgerecht naturwissenschaftlich bilden zu können?“, „Welche Kompetenzen bringen ErzieherInnen im Bereich frühe naturwissenschaftliche Bildung schon mit und wie können wir diese stärken?“, „Wie lernen Kinder im Vorschulalter?“, „Wie kann man den Übergang vom Kindergarten in die Grundschule gestalten, um eine nachhaltige naturwissenschaftliche Bildung zu fördern?“ und „Wie sollte es danach in der Schule weiter gehen?“. Über die Erforschung dieser Fragen im Kompetenzzentrum ist nicht nur ein attraktives Fortbildungsprogramm entstanden, das sich reger Nachfrage erfreut, sondern auch eine umfangreiche Sammlung von in der Praxis erprobten Experimentier-Ideen, sowie ein enges Netzwerk von WissenschaftlerInnen, ErzieherInnen und Grundschullehrkräften, das einen ständigen Erfahrungsaustausch und somit ständige Verbesserung der Angebote garantiert.“ (Forscherstation 2012)*

Für die Studie wurden Kindergärten ausgewählt, die im Sinne der Forscherstation als „best-practice-Kindergärten“ gelten. Kriterien hierfür sind einerseits regelmäßig nachgewiesene naturwissenschaftliche Bildungsangebote im Alltag dieser Kindergärten (über den Erhalt der Forscherstationsplakette, für die dies nachgewiesen werden muss, ist dies realisierbar), andererseits sollten die pädagogischen Fachkräfte Fortbildungen der Forscherstation zur Professionalisierung besucht haben und nachweislich über eine hohe naturwissenschaftliche Frühförderkompetenz verfügen (im Rahmen der Fortbildungen werden sie mit dem NFFK-Inventar getestet (Zimmermann, 2011)).

Außerdem wurde zu Beginn der Studie über eine Besichtigung der Einrichtungen und das Interview mit den Leitungen ein „status quo“ über die naturwissenschaftlichen Bildungsangebote der einzelnen Einrichtungen ermittelt.

#### **Kriterien zur Auswahl der Eltern**

Für die Studie sollen Eltern befragt werden, deren Kinder im Vorschulalter sind und mindestens zwei Jahre diesen Kindergarten besuchen. Insgesamt sollen mindestens 40 Eltern befragt werden.

#### **Stand der Arbeit und Ausblick**

Die Interviews mit den Kindergartenleitungen sind abgeschlossen, transkribiert und befinden sich derzeit in der Datenanalyse. Die Interviews mit den Eltern finden derzeit statt. Nach deren Transkription und Analyse sollen beide Datensätze fragengeleitet ausgewertet und miteinander in Beziehung gebracht werden. Erste konkrete Ergebnisse erwarten wir 2014.

#### **Literatur:**

- Ansari, S. (2009). Schule des Staunens. Lernen und Forschen mit Kindern. Spektrum: Heidelberg.
- Forscherstation (2012). [http://www.forscherstation.info/ueber\\_uns/konzept.php](http://www.forscherstation.info/ueber_uns/konzept.php).
- KMK (2004). Gemeinsamer Rahmen der Länder für die frühe Bildung in Kindertageseinrichtungen. Beschluss der Jugendministerkonferenz vom 13./14.05.2004/ Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 03./04.06.2004 (open access: <http://www.kmk.org/bildung-schule/allgemeine-bildung/fruehkindliche-bildung.html>).
- Mayring, P. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (Neuausgabe, 10., neu ausgestattete Aufl.). Beltz.
- Sylva, K., & Taggart, B. (2010). Frühe Bildung zählt: Das Effective Pre-school and Primary Education Project (EPPE) und das Sure Start Programm. Berlin: Dohrmann.
- Tietze, W., Becker-Stoll, F., Bensel, J., Eckhardt, A. G., Haug-Schnabel, G., Kalicki, B., Keller, H., & Leyendecker, B. (Hrsg.). (2012). NUBBEK: Nationale Untersuchung zur Bildung, Betreuung und Erziehung in der frühen Kindheit: Fragestellungen und Ergebnisse im Überblick. (open access: <http://www.nubbek.de/>).
- Welzel, M. (2006). Spektrum der Wissenschaft. Mit Kindern die Welt entdecken, 9/2006, 76-78.
- Zimmermann, M. (2011). Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten. Eine integrative Längsschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen. Studien zum Physik- und Chemielernen (Bd. 128). Berlin: Logos.

## Konzeptverständnis durch Vernetzung von Repräsentationsebenen

Eine große Herausforderung für den naturwissenschaftlichen Unterricht stellt das Ziel dar, Schülerinnen und Schülern beobachtbare Phänomene durch Erklärungen auf der nicht-beobachtbaren Ebene begreifbar zu machen. Um diesen submikroskopischen Bereich adäquat repräsentieren zu können, benötigen Lernende geeignete Modellvorstellungen, die im Laufe des Chemieunterrichts entwickelt werden müssen. Studien weisen darauf hin, dass Lerner zum einen Defizite im Bereich eines adäquaten Modellverständnisses zeigen (Grosslight, Unger, Jay & Smith, 1991; Harrison & Treagust, 1998) und zum anderen Schwierigkeiten bei der Vernetzung zwischen dem Phänomen und der jeweiligen Repräsentation (z. B. Teilchenabbildung, Reaktionsgleichung) aufweisen (Chittleborough & Treagust, 2007; Gabel, 1998; Jaber & BouJaoude, 2012). Gerade jedoch die Vernetzung der verschiedenen Repräsentationen ist wichtig, damit Lerner ein solides, konzeptuelles, chemisches Verständnis erlangen (Kozma, 2003). Aufgrund der aufgezeigten Problematik hat das vorliegende Dissertationsvorhaben das Ziel, die Vernetzung zwischen den Repräsentationen mithilfe metakonzeptueller Maßnahmen in einer experimentellen Lernumgebung zur Elektrochemie zu erleichtern, um dadurch das Konzeptverständnis der Lernenden zu fördern.

### Theoretischer Hintergrund

Einen theoretischen Rahmen für die Repräsentation von chemischem Wissen bietet das „chemical triangle“ nach Johnstone (1993). Laut Johnstone lässt sich chemisches Wissen auf drei verschiedenen Ebenen darstellen: makroskopisch, submikroskopisch und symbolisch. Allerdings werden die verwendeten Begriffe nicht trennscharf definiert und in der folgenden Literatur oft unterschiedlich ausgelegt (Talanquer, 2011). Schwierigkeiten liegen hier hauptsächlich darin, dass die drei Ecken des Dreiecks eine Gleichwertigkeit der Bereiche suggerieren. Zudem wird der Unterschied zwischen Realität und Repräsentation nicht hinreichend deutlich.

Daher wurde das chemische Dreieck hinsichtlich einer expliziten Trennung zwischen erfahrbarer und modellierter Welt erweitert sowie die Größenskala und der Abstraktionsgrad als variable Größen integriert (siehe Abbildung 1).

Um den Lernenden den Wechsel zwischen dem bereits repräsentierten Phänomen und den modellierten Repräsentationen zu erleichtern, können metakonzeptuelle Maßnahmen eingesetzt werden. Metakonzeption lässt sich im Gebiet der Metakognition einordnen, grenzt sich aber durch die spezifische Reflexion naturwissenschaftlicher Konzepte von dieser ab. Empirische Studien zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen Metakognition und Lernerfolg besteht (Hasselhorn & Gold, 2009). Ferner konnte dieser speziell für den naturwissenschaftlichen Unterricht nachgewiesen werden (Georghiades, 2000; Rickey & Stacy, 2000). Im Unterschied zur Metakognition beinhaltet Metakonzeption laut Mikelskis-Seifert (2002) das Wissen über Konzepte und deren Charakter sowie die Nutzung und Regulierung dieses Wissens. In der betreffenden Studie konnte gezeigt werden, dass ein metakonzeptuelles Bewusstsein zur Erfahrungs- und Modellwelt der Lernenden zu einem besseren Verständnis der Teilchenstruktur führt (Mikelskis-Seifert, 2002).

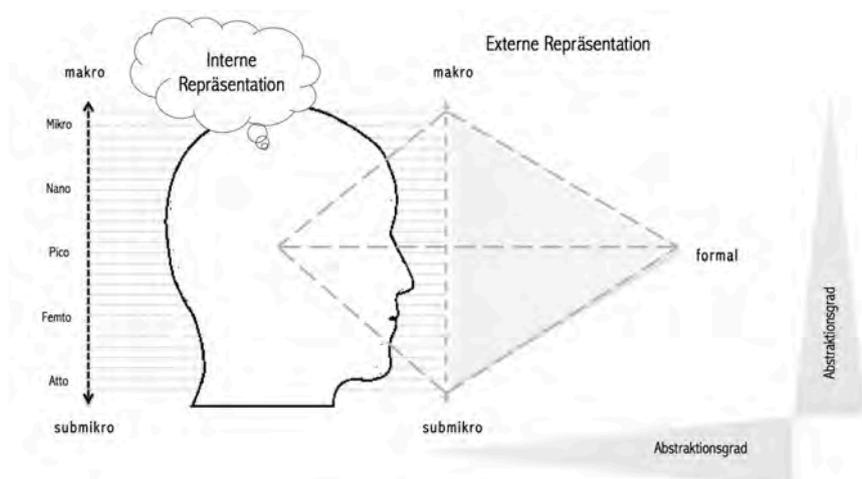


Abb. 1: Bezugssystem zur Einordnung chemischer Repräsentationen

### Forschungsfragen

- In welchem Maße fördert die explizite Auseinandersetzung mit metakonzeptuellem Wissen über Repräsentationen das Konzeptverständnis?
- Welchen Einfluss hat die Aktivierung des metakonzeptuellen Wissens im Lernprozess auf das Konzeptverständnis?

### Design und Methode

Umgesetzt werden soll die Untersuchung in einem experimentellen Kontrollgruppendesign im Bereich der Elektrochemie. Es werden rund 240 Schülerinnen und Schüler der 10. Klasse des Gymnasiums zur Realisierung des Forschungsvorhabens benötigt. Diese werden in selbst gewählten Paaren auf drei Gruppen verteilt. Zur Balancierung der Gruppen dienen die Ergebnisse des Prätests, der die kognitiven Fähigkeiten, das Interesse sowie das Konzeptverständnis erfragt. Jede Gruppe erhält die gleiche experimentelle Lernumgebung, welche nach dem Vorbild der Interaktionsboxen von Rumann (2005) und Walpuski (2006) konzipiert wurde, jedoch in Abgrenzung den Schwerpunkt der Problemstellung eher im Schritt der Erklärung des experimentellen Phänomens durch geeignete Modelle legt. Insgesamt besteht die Intervention aus drei zusammenhängenden Boxen, die an drei aufeinanderfolgenden Tagen getestet werden. Die Wissenssicherung wird durch Ergebniskarten gewährleistet. Während die Kontrollgruppe ausschließlich die experimentelle Lernumgebung bearbeitet, erhalten beide Interventionsgruppen ein metakonzeptuelles Training, in dem sie die explizite Trennung sowie die Vernetzung von verschiedenen Repräsentationen erlernen. Ferner erfahren die Lernenden den Modellcharakter der Repräsentationen. Die zweite Interventionsgruppe erhält zusätzlich noch metakonzeptuelle Prompts während der Experimentierphase. Diese sollen die Lerner beim Experimentieren an das erworbene Wissen über Repräsentationen und deren Nutzung erinnern.

Durch ein Prä-Post- und Follow-Up-Design soll der Erfolg der Intervention gemessen werden. Zusätzlich werden während der Experimentierphase ausgewählte Dyaden videografiert, um die tatsächlich stattgefundenen Auseinandersetzungen mit der Nutzung des Wissens über Repräsentationen zu ermitteln und mit einem Zuwachs des konzeptuellen Verständnisses in Verbindung zu bringen.

**Literatur**

- Chittleborough, G., & Treagust, D. (2007). The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 274-292.
- Gabel, D. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching. In B. J. Fraser & K. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*. Vol. 2, 233-248. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1998). Modelling in science lessons: Are there better ways to learn with models? *School Science and Mathematics*, 98(8), 420-429.
- Hasselhorn, M., & Gold, A. (2009). *Pädagogische Psychologie: Erfolgreiches Lernen und Lehren* [Learning and teaching successfully]. In M. Hasselhorn, H. Heuer & F. Rösler (Eds.), *Standards Psychologie*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Georghiades, P. (2000). Beyond conceptual change learning in science education: Focusing on transfer, durability and metacognition. *Educational Research*, 42(2), 119-139.
- Jaber, L. Z., & BouJaoude, S. (2012). A macro-micro-symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7), 973-998.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205-226.
- Mikelskis-Seifert, S. (2002). *Die Entwicklung von Metakzepten zur Teilchenvorstellung bei Schülern - Untersuchung eines Unterrichts über Modelle mithilfe eines Systems multipler Repräsentationsebenen*. Berlin: Logos.
- Rickey, D., & Stacy, A. M. (2000). The role of metacognition in learning chemistry. *Journal of Chemical Education*, 77(7), 915-920.
- Rumann, S. (2005). *Kooperatives Arbeiten im Chemieunterricht*. Berlin: Logos.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.
- Walpuski, M. (2006). *Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback: eine empirische Studie*. Berlin: Logos.

## Potenzial unstrukturierter Lernhilfen im Naturwissenschaftlichen Praktikum

Internationale Vergleichsstudien attestieren dem deutschen Bildungssystem eine stark überdurchschnittliche Selektivität. Die sich daraus ergebende homogenisierende Wirkung auf die Schülerschaft widerspricht der Wahrnehmung der Lehrer, die über eine stetige Zunahme der Heterogenität innerhalb der Lerngruppen berichten.

Um alle Schüler entsprechend ihrer Persönlichkeit sowie ihren Lernvoraussetzungen und Potenzialen in der Kompetenzentwicklung zu unterstützen, soll laut KMK das Konzept der Ganztagesesschule den entsprechenden Rahmen bieten. Weiterhin sieht der Beschluss zur *Förderstrategie für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler* der KMK vor, dass die individuelle Förderung gezielt fortgeführt und weiterentwickelt werden soll (KMK, 2010). Nach einer Studie von Maykus et al. (2011, S.137) findet individuelle Förderung bis heute jedoch „[...] kaum auf einer wissenschaftlich reflektierten, konzeptionellen und durch Fachwissen geleiteten Basis statt“.

### Fragestellung und Forschungsdesign

Im Zuge der Einführung einer neuen Rhythmisierung am Hamburger Gymnasium Marienthal wird die Gestaltung des Wahlpflichtangebots Naturwissenschaften neu gedacht. Dabei soll sowohl dem Konzept der Ganztagesesschule als auch der im Hamburger Bildungsplan fest verankerten Forderung nach Individualisierung Rechnung getragen werden.

Im Vordergrund der Studie stehen die Entwicklung und Erprobung binnendifferenzierender Module für den naturwissenschaftlichen Wahlpflichtbereich in der Klassenstufe 9. Dabei werden Lernarrangements entwickelt, die es den Lernenden ermöglichen, Eigenverantwortung für ihre Lernprozesse zu übernehmen. Ziel der Studie ist es, die Effektivität unstrukturierter Lernhilfen (Just, 1980) für die Individualisierung von Lernprozessen in theoretischen und experimentellen Phasen des naturwissenschaftlichen Praktikums zu analysieren. Im Einzelnen soll untersucht werden, ob

- für die binnendifferenzierende Arbeit mit unstrukturierten Lernhilfen (uLH) eine langjährige fest institutionalisierte Erfahrung mit Wochenplanarbeit und anderen Formen des selbstbestimmten Lernens seitens der Schüler eine zwingende Voraussetzung darstellt.
- der Einsatz von unstrukturierten Lernhilfen im naturwissenschaftlichen Praktikum zur Förderung experimenteller Fertigkeiten führt.
- diese Form der Binnendifferenzierung die Lernprozesse verschiedener Lerntypen hilfreich unterstützt.
- die Motivation und das Interesse der Schüler gefördert wird.

Dem Ansatz der Aktionsforschung folgend wurde im Rahmen einer Längsschnittstudie (Laufzeit 2012-2014) zunächst eine Pilotstudie in einer 9. Klasse am Gymnasium Marienthal durchgeführt. Die sich anschließende Hauptstudie wird zusätzlich am Gymnasium Farmsen über den Zeitraum des gesamten Schuljahres 2013/14 durchgeführt. Das Gymnasium Farmsen wurde als Vergleichsschule gewählt, da diese Schule keine fest institutionalisierte Weiterführung der in der Grundschule erworbenen Methoden zum eigenverantwortlichen Lernen in Form von Studienzeiten aufweist.

Um die Lernprozesse zu erfassen und charakterisieren zu können, kommt vor Beginn des ersten Moduls ein Fragebogen zur Interessenstruktur und Beurteilung des Chemieunterrichts zum Einsatz. In jeder Doppelstunde wird durch die Schüler selbst sowohl die Art der Nutzung der unstrukturierter Lernhilfen empirisch erhoben als auch eine Kurzeinschätzung

der Stunden mit Hilfe eines Fragebogens abgegeben. Zudem wird in jeder Doppelstunde ein Beobachtungsprotokoll durch die Lehrperson erstellt. Am Ende einer jeden Einheit werden halbstrukturierte bzw. offene Gruppeninterviews in Kleingruppen geführt. Nach Beendigung des gesamten Projekts, d. h. am Ende des Schuljahres, erfolgt eine schriftliche Bewertung des Praktikums durch die Schüler, die durch strukturierte Inhaltsanalyse nach Mayring (2000) ausgewertet werden.

Die inhaltliche Konzeption der Module orientiert sich am Hamburger Bildungsplan zum Chemieanfangsunterricht. Es wurden vier Einheiten mit je fünf Doppelstunden konzipiert, in denen in der Regel bereits bekannte chemische Sachverhalte in alltagsorientierte Kontexte eingebunden werden. Dabei stehen das Üben und die Durchführung von Experimenten mit möglichst offenen Aufgabenstellungen im Mittelpunkt. Die erste Einheit umfasst das Thema der Untersuchung von Stoffeigenschaften und Stofftrennung und ist den Kontext Küche eingebettet. Die zweite Einheit beinhaltet das Thema Feuer, wobei das Konzept der Oxidation, das Branddreieck und die Brandbekämpfung sowie die Gase Wasserstoff und Sauerstoff aufgegriffen werden. Im dritten Modul werden Nachweisreaktionen und die qualitative Analyse von Gasen in den alltagsorientierten Kontext des Apothekers eingebettet. Die letzte Einheit beschäftigt sich mit dem Periodensystem der Elemente, dem Aufstellen von Reaktionsgleichungen und den Berechnungen von Stoffmengen, Massen und Volumina.

Aufgabe: Analysiere, welche der Gase ( $H_2$ ,  $O_2$  oder  $CO_2$ ) jeweils freigesetzt werden, wenn Aspirin, Backpulver, Brausepulver oder Wäschebleichmittel:  
a) erhitzt und b) mit Wasser versetzt werden.

<p><b>Hilfekarte</b></p> <p><b>Nr. 10</b></p> <p>---</p> <p>Grundidee für den Nachweis des entstehenden Gases beim Erhitzen der Stoffe</p>		
<p><b>Hilfekarte</b></p> <p><b>Nr. 15</b></p> <p>---</p> <p>Aufbau für a) erhitzen</p>	<p>Aufbau für Apparatur zum <b>Wasserstoffnachweis</b> (pneumatisch)</p>	<p>Aufbau für Apparatur zum <b>Sauerstoffnachweis</b></p>

Abb. 1: Aufgabe und Auszug aus den entsprechenden unstrukturierten Lernhilfen

### Erste Ergebnisse und Ausblick

Nachdem die Interviews transkribiert und Daten sozialemprisch kategorisiert und analysiert wurden, ergeben sich folgende erste Ergebnisse für den Untersuchungszeitraum 2012-13.

Das Arbeitsklima während des Praktikums wird im Vergleich zum normalen Chemieunterricht von den Schülern als entspannt empfunden. Das Ausbleiben strikter Zeitvorgaben durch den Lehrer für das Experimentieren sorgt für „Entschleunigung“. Viele Schüler motivieren sich selbst, indem sie zuerst den Theorieteil bearbeiten und sich am Ende mit dem Experiment belohnen. Zudem zeigen die Interviews, dass Schüler, die während des Praktikums nicht sehr motiviert wirkten, dennoch einen großen eigenen Mehrwert aus dem Praktikum gezogen haben. Sie können dem normalen Chemieunterricht besser folgen und verbessern sich auch in ihren Leistungen.

Die Verwendung der unstrukturierten Lernhilfen ist ein langsamer Prozess, der eingeführt und reflektiert werden muss, bevor er von den Lernenden als selbstverständlich angenommen wird. Die Abkopplung der Verwendung der uLH von der Benotung ist zwingend notwendig. Bei der Bearbeitung von Theorieaufgaben werden die uLH am häufigsten zur Überprüfung der Ergebnisse verwendet.

Beim Experimentieren werden die uLH im Vergleich zum Theorieteil weniger häufig verwendet. Eine mögliche Erklärung für dieses Phänomen ist der verbale und nonverbale Austausch zwischen den einzelnen Schülergruppen während des Experimentierens. Dennoch lässt die Nutzung der uLH eine erste Kategorisierung von Lerntypen erkennen. Es zeichnet sich ab, dass bestimmte Lerntypen bei jedem Experiment eine der vier folgenden uLH favorisieren: Grundidee des Experiments, Geräte und Chemikalien, Skizze zum Aufbau des Experiments oder die Durchführung.

Bezeichnend ist, dass die Schüler die uLH für die Überprüfung der Beobachtungen nur sehr selten verwenden, da sie laut eigenen Aussagen ihre Beobachtungen als objektiv-korrekt ansehen. Ähnliches gilt für die uLH zur Auswertung des Experiments. Dem Arbeitsschritt der Auswertung scheint nur eine geringe Priorität zugeordnet zu sein. Lediglich bei Berechnungen im Zusammenhang mit der Auswertung nutzen die Schüler die bereitgestellten Lernhilfen.

Die Methode der uLH eignet sich besonders für das Wiederholen und Üben. Trotz frei zugänglicher Lösungen auf den uLH und der Abkopplung der Nutzung der uLH von der Benotung der Schüler führt dies nicht zum Rückgang der intrinsischen Motivation der Schüler, die Aufgaben und Experimente zunächst eigenständig zu bearbeiten.

Die Analyse der Daten aus der Hauptstudie wird zeigen, inwieweit sich die Hypothesen aus der Pilotstudie bestätigen. Zudem soll anhand der Längsschnittstudie überprüft werden, ob die unterschiedlichen Ausgangslagen der Schüler in Bezug auf die Einübung der Methode des eigenverantwortlichen Lernens die Arbeit mit unstrukturierten Lernhilfen beeinflussen.

#### Literatur

- Freie und Hansestadt Hamburg. Behörde für Schule und Berufsbildung (Hrsg.). (2011). Bildungsplan Sekundarstufe I Chemie. <http://www.hamburg.de/contentblob/2373260/data/chemie-gym-seki.pdf> (01.10.2013).
- Just, E. (1981). Unstrukturierte Lernhilfen zum Lösen verschiedener Problemaufgaben. Zur Didaktik der Physik und Chemie, Tagung 1980, 65-68.
- KMK (2010). Förderstrategie für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler. [http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2010/2010\\_03\\_04-Foerderstrategie-eistungsschwaechere.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2010/2010_03_04-Foerderstrategie-eistungsschwaechere.pdf) (01.10.2013).
- Maykus, S. Böttcher, W. Liesgang, T., & Altermann, A. (2011). Individuelle Förderung in der Ganztageschule. Theoretisch-empirische Reflexion zu Anspruch und Konsequenzen eines (sozial-)pädagogischen Programms im professionellen Handeln. Zeitschrift der Erziehungswissenschaften, 14, 125-142.
- Mayring, P. (2000). Qualitative Inhaltsanalyse. In U. Flick, E. von Kardoff & I. Steinke (Hrsg.), Qualitative Sozialforschung – ein Handbuch. Reinbeck: Rowohlt, 468-474.

## **Interessierte Schüler/innen identifizieren und fördern im Schülerlabor Konzeptentwicklung zur nachhaltigen Förderung**

### **Ausgangslage**

Seit der Gründung der ersten Schülerlabore bis heute haben sich diese als außerschulische Lernorte in der deutschen Bildungslandschaft etabliert (Dänhardt, 2009). Ihre Beliebtheit gründet sich nicht zuletzt darauf, dass Schüler/innen aus naturwissenschaftlicher und gesellschaftlicher Sicht interessanten Fragestellungen anhand von Experimenten nachgehen können. Mehrheitlich konzentrieren sich die bisherigen Schülerlaboraktivitäten und auch die dazu durchgeführten wissenschaftlichen Studien auf die Arbeit mit gesamten Klassenverbänden. Die hohen Erwartungen bezüglich der Förderung des naturwissenschaftlichen Interesses durch Schülerlaborbesuche konnten durch diese Studien nur eingeschränkt widergespiegelt werden (Schmidt, Di Fuccia & Ralle, 2011). Aus unserer Sicht liegt ein bisher kaum berücksichtigtes großes Potential in der Förderung bereits naturwissenschaftlich interessierter junger Menschen vor und während der Pubertät (Archer et al., 2010).

Um dieses Potential nutzen zu können, ist es notwendig Konzepte zu entwickeln und zu evaluieren, mithilfe derer naturwissenschaftlich interessierte Schüler/innen (a) identifiziert und (b) nachhaltig in ihrem Interesse gefördert werden. Hieraus ergibt sich für die Studie das Ziel, explorativ erste Zugänge zu folgenden Fragen zu ermitteln:

- (a) Wie können naturwissenschaftlich interessierte Schüler/innen zuverlässig und effizient identifiziert werden?
- (b) Wie kann eine Lernumgebung gestaltet werden, um diese Schüler/innen nachhaltig zu fördern?

### **Theoretischer Hintergrund zur nachhaltigen Interessenförderung**

Das psychologische Konstrukt Interesse ist, ebenso wie das Selbstkonzept, ein Persönlichkeitsmerkmal, welches sich lebenslang individuell entwickelt und ausdifferenziert. Im Rahmen des vorliegenden Projektes wird das Interesse nach der Person-Object-Theory of Interest (POI) von Krapp (2002, 2005) definiert. Hiernach kennzeichnet sich die besondere Beziehung zwischen einem Individuum und einem Interessengegenstand durch emotionale, wertbezogene und epistemische Merkmale. Zudem wird aus einer ontogenetischen Perspektive heraus eine Entwicklung des Interesses von einem anfänglichen universellen Interesse im Kleinkindalter bis hin zu einem ausdifferenzierten, auf einige Aspekte fokussierten Interesse im Erwachsenenalter angenommen (Krapp, 2002). Die Fokussierung des Interesses geschieht nicht zuletzt vor dem Hintergrund der selbst wahrgenommenen individuellen Fähigkeiten und Talente (Krapp, 2002) sowie der Identifizierung mit möglichen beruflichen Perspektiven (Archer et al., 2010). Darauf aufbauend ergeben sich Ansätze für eine nachhaltige Interessenförderung bereits naturwissenschaftlich interessierter Schüler/innen.

Verknüpft werden können diese Ansätze mit dem selbstregulierten Lernen, welches kontextspezifisch über die motivationalen Überzeugungen eines Individuums mit dessen Interessenlagen und dem Auseinandersetzungsprozess mit einem Interessengegenstand in Verbindung steht (Zimmerman, 2002; Baumert et al., 2001). Konkret wird im Rahmen der Studie das selbstregulierte Lernen als Kompetenz aufgefasst. Hierfür wird die Definition von Wirth und Leutner (2008) zugrunde gelegt, wonach das selbstregulierte Lernen als die Kompetenz von Lernenden definiert wird, mittels derer der eigene Lernprozess selbstständig geplant, durchgeführt und evaluiert werden kann. Dies beinhaltet, kontinuierlich selbst Entscheidungen hinsichtlich kognitiver, motivationaler und verhaltensbasierter Aspekte im Rahmen des

selbstregulierten Lernprozesses zu treffen. Verbunden seien diese Entscheidungen mit einer Vielzahl metakognitiver Anforderungen. Daher könne die Kompetenz des selbstregulierten Lernens als ein strukturierter Verbund verschiedener Teilkompetenzen, welche jeweils einer dieser metakognitiven Anforderungen zugeordnet sind, aufgefasst werden. Zudem seien die metakognitiven Anforderungen in die drei Klassen Zielsetzung, Lernprozessplanung und Lernprozessüberwachung einteilbar.

Auf Grundlage dessen soll im Rahmen der Studie einerseits überprüft werden, inwiefern ein auf dem selbstregulierten Lernen basierendes Schülerlaborprojekt interessierte Schüler/innen nachhaltig fördern kann, sodass die Diskrepanz zwischen „Liking science“ und „Being a scientist“ verringert wird und die Schüler/innen sich mit möglichen Berufsperspektiven im MINT-Bereich identifizieren können (Archer et al., 2010). Andererseits soll ermittelt werden, ob Indikatoren zum selbstregulierten Lernen beim Experimentieren hinreichend für die Identifizierung eines naturwissenschaftlich-technischen Interesses sein können.

### Methodik und Design der Studie

Unter Verwendung einer Kombination von qualitativen und quantitativen Instrumenten wird eine explorativ angelegte Längsschnittstudie durchgeführt. Fokussiert werden Schüler/innen der siebten Jahrgangstufe an Gymnasien und Gesamtschulen, welche sich freiwillig zu dem außerhalb des Schulunterrichts, einmal wöchentlich stattfindenden Schülerlaborprojekt „Energiewende erforschen“ anmelden und daran teilnehmen.

Zur Operationalisierung der Kernfragestellungen werden das Sach- und Berufsinteresse, das naturwissenschaftsbezogene Fähigkeitsselbstkonzept und die intrinsische Motivation als zentrale Variablen herangezogen. Bzgl. des selbstregulierten Lernens erfolgt eine Fokussierung auf die in der Theorie als zentral angesehenen metakognitiven Anforderungen, wobei im Kontext des Experimentierens zunächst v. a. die Strukturierungsfähigkeit und Variablenkontrolle berücksichtigt werden. Ergänzend werden allgemeine kognitive Fähigkeiten der Schüler/innen erhoben.

Auf quantitativer Ebene erfolgt die Datenerhebung mithilfe bereits validierter Fragebögen hinsichtlich des Sach- und Berufsinteresses, des naturwissenschaftsbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts und dem selbstregulierten Lernen in einer Pre-Post-Erhebung von teilnehmenden und nicht teilnehmenden Schüler/innen (Tab. 1). Andererseits werden regelmäßig während des Schülerlaborprojektes die intrinsische Motivation und die manifestierte Interessenhandlung sowie das selbstregulierte Lernen (SRL) erhoben (Tab. 1).

Tab. 1: Messzeitpunkte für die Fragebogenstudie ( $T_0$ ,  $T_4$ : unabhängig vom Schülerlaborprojekt in der Schule;  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ : während des Schülerlaborprojektes im Schülerlabor)

Fragebogen / Skalen	$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$
Kognitive Fähigkeiten	X				
Sach-/Berufsinteresse	X				X
Intrinsische Motivation		X	X	X	
Interessenhandlung		X	X	X	
Naturwissenschaftsbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept	X				X
SRL Strukturierungsfähigkeit SRL Variablenkontrolle	X			X	X

Zzgl. soll eine Auswahl von Schülerpaaren während des Schülerlaborprojektes beim Experimentieren videografiert werden. Mithilfe von Feedbackfragebögen sollen zudem Informationen zum selbstregulierten Lernen bei nicht videografierten Schüler/innen erhalten werden. Ergänzend ermöglicht die Analyse der Schülermaterialien die Beurteilung der Qualität der fachlichen Inhalte zu den durchgeführten Experimenten.

### Konzept des Schülerlaborprojektes „Energiewende erforschen“

Im ersten Abschnitt der Studie wurde das Schülerlaborprojekt entwickelt. Das didaktische Rahmenkonzept stellt das selbstregulierte Lernen und das interessengesteuerte Experimentieren ins Zentrum. Ausgehend von grundlegenden fachlichen Kenntnissen zu *Energie* wird das Thema *Energiewende* stufenweise experimentell erarbeitet (Abb. 1).

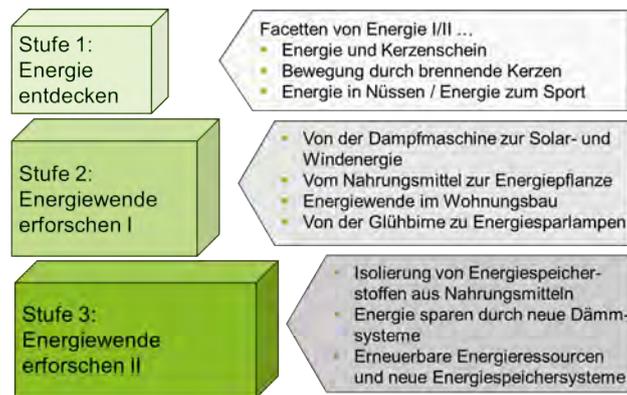


Abb. 1: Dreistufiges Konzept des Projektes „Energiewende erforschen“

Die Anforderungen an das selbstregulierte Lernen sind ebenfalls abgestuft, wobei mit den wachsenden Anforderungen die Schüler/innen zunehmend durch strukturierte Lernhilfen, Infokarten und Prompts bzgl. der kognitiven und metakognitiven Ebene unterstützt werden. Insgesamt soll es hierdurch gelingen, mittels Videografie den Prozess des selbstregulierten Lernens beim Experimentieren abzubilden. In Rückkopplung mit den schriftlichen Befragungen soll somit ein Beitrag zur Ermittlung empirisch belegbarer Zugänge für eine nachhaltige Förderung des Interesses sowie einer zuverlässigen Identifizierung interessierter Schüler/innen im Schülerlabor geleistet werden.

#### Literatur

- Archer, L., Dewitt, J., Osborne, J., Dillion, J., Willis, B., & Wong, B. (2010), „Doing“ Science versus „Being“ a Scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren’s constructions of science through the lens of identity. *Science Education*, 94(4), 617-639.
- Baumert, J. et al. (2001). PISA 2000 – Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich, 271-298. Opladen: Leske + Budrich Verlag.
- Dänhardt, D., Haupt, O., & Pawek, C. (2009), *Kursbuch 2010 – Schülerlabore in Deutschland*. Lernort Labor 12-15. Marburg: Tectum Verlag.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12, 383-409.
- Krapp, A. (2005). Basic needs and the development of interest and intrinsic motivational orientations. *Learning and Instruction*, 15, 381-395.
- Schmidt, I., Di Fuccia, D.S., & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte – Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus der Sicht von Lehrkräften und Schulleitern. *Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht*, 64(6), 362-331.
- Wirth, J., & Leutner, D. (2008). Self-regulated learning as a competence. *Journal of Psychology*, 216(2), 102-110.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: an overview. *Theory Into Practice*, 4(2), 64-70.

Nicole Garner  
Maria de Lourdes Lischke  
Antje Siol  
Ingo Eilks

Universität Bremen

## **Nachhaltigkeit und Chemie: Experimentelle Angebote für Schülerlabore**

### **Hintergrund**

Der steigende Bedarf an natürlichen und fossilen Rohstoffen, die einhergehende Verknappung von Ressourcen sowie die Veränderung der Umwelt, etwa des Klimas, sind globale Herausforderungen, denen sich die heutige Gesellschaft stellen muss. Als Reaktion auf diese Probleme wurde die Idee der nachhaltigen Entwicklung formuliert als „eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der heutigen Generation befriedigt, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen“ (Übersetzt aus: World Commission on Environment and Development, 1987, S. 11). Die Vereinten Nationen verständigten sich auf Nachhaltigkeit bzw. nachhaltige Entwicklung als internationales Leitprinzip (UNCED, 1992).

Die UNESCO verweist auf die Schlüsselrolle der Bildung beim Umgang mit aktuellen Herausforderungen. Besonders deutlich wird dies durch den Aufruf zur Weltdekade einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BnE), welche im Jahr 2014 endet (Deutsche UNESCO Kommission, 2008). Die Schülerinnen und Schüler sollen durch BnE dazu befähigt werden, zukünftig im Sinne der Nachhaltigkeit zu handeln und adäquate Entscheidungen treffen zu können.

Speziell im Chemieunterricht zeigt sich jedoch, dass BnE immer noch in nur geringem Maße umgesetzt wird. Das Fehlen geeigneter Materialien, entsprechender Bildungsangebote und damit verbundener Fortbildungsmaßnahmen werden als Gründe hierfür angesehen (Burmeister, Jokmin & Eilks, 2011). Das Projekt „Nachhaltigkeit und Chemie im Schülerlabor“ setzt genau an dieser Stelle an.

### **Das Projekt „Nachhaltigkeit und Chemie im Schülerlabor“**

#### *Konzeption des Projektes*

In Kooperation der Universitäten Bremen und des Saarlandes sowie mit großzügiger Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) werden experimentelle Schülerlaborangebote zu Themen der Nachhaltigkeitsdebatte mit Bezug zur Chemie entwickelt und langfristig implementiert. Die Angebote fokussieren eine BnE, unterstützen aber auch das schülerorientierte und forschende Lernen im Chemie- und NW-Unterricht, wie es immer wieder gefordert wird (z. B. Lunetta, Hofstein & Clough, 2007). Dementsprechend sind offenes, forschendes und selbst gesteuertes Experimentieren die wesentlichen Gestaltungselemente der Schülerlaborangebote (Garner, Lischke, Siol & Eilks, 2013).

Grundlegendes curriculares Merkmal aller Angebote ist die enge Verzahnung von inner- und außerschulischem Lernen. So können die Vorteile von Schülerlaboren bestmöglich genutzt werden (Guderian, 2007; Bybee, 2001). Alle Schülerlaborangebote aus diesem Projekt lassen sich in reguläre Themen des Bildungsplans einbinden. Die Unterrichtsmaterialien umfassen dazu auch Materialien für die Vor- und Nachbereitung des Schülerlaborbesuches im regulären Unterricht. So wird angeregt, dass die Umsetzung – neben dem außerschulischen Baustein – auch je eine verpflichtende vor- und nachbereitende Unterrichtsstunde in der Schule umfasst, sodass die außerschulischen Lernangebote mit dem schulischen Lernen zu einer vollständigen Unterrichtseinheit verschmelzen.

*Ein Beispiel: Chemie der Atmosphäre*

Der Schutz der Umwelt und unserer Lebensbedingungen im globalen Maßstab sind zentrale Aspekte der gegenwärtigen Nachhaltigkeitsdebatte. Derartige Themen sind geeignet, um Schülerinnen und Schülern die alltägliche Relevanz des Faches Chemie aufzuzeigen (Mandler, Mamlok-Naaman, Blonder, Yaron & Hofstein, 2012). Der Treibhauseffekt, die Gefährdung der Ozonschicht und die Feinstaubbelastung in den Städten sind genau solche Themen.

In Kombination dieser Themen wurde ein vielfältiges experimentelles Angebot entwickelt, das Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I besuchen können. Insgesamt wurden 13 Experimente aufbereitet, welche die Teilgebiete Treibhauseffekt, Ozon in der Atmosphäre sowie Aerosole in den Fokus stellen (Tabelle 1). In Absprache der Lehrperson mit den Betreibern des Schülerlabors wird jeweils ein genau zugeschnittenes Experimentierangebot zusammengestellt. Dadurch kann jeweils ein thematischer Schwerpunkt gesetzt werden, der möglichst optimal mit den Zielen des schulischen Lernens abgestimmt ist. Das Schülerlabor stellt dann entsprechend der gewählten Experimente eine Handreichung mit kopierfertigen Materialien für den Schülerlaborbesuch und die Vor- und Nachbereitung zur Verfügung.

*Tab. 1: Experimente des Angebots „Chemie der Atmosphäre“*

<b>Treibhauseffekt</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufnahme von Wärmestrahlung durch verschiedene Aluminiumplatten</li> <li>• Abgabe von Wärmestrahlung durch verschiedenen Oberflächen</li> <li>• Absorption von Wärme und Licht</li> <li>• Aufnahme von Wärmestrahlung durch verschiedene Gase</li> <li>• Modellexperiment zum Treibhauseffekt</li> </ul>
<b>Ozon in der Atmosphäre</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildung von Ozon</li> <li>• Messung der bodennahen Ozonkonzentration</li> <li>• Schützende Wirkung von Ozon</li> <li>• Wirkung von Ozon auf Gummi</li> <li>• Wirkung von Ozon auf Pflanzen</li> </ul>
<b>Aerosole</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildung von Aerosolen</li> <li>• Auswirkungen von Aerosolwolken auf die Lichtintensität</li> <li>• Auswirkungen von Aerosolwolken auf die Temperatur</li> </ul>

*Erprobung und Evaluation*

Experimente und Materialien zu den verschiedenen Schülerlaborangeboten werden zyklisch entwickelt und optimiert. Zur Evaluation werden Fragebögen für Lehrkräfte und Lernende sowie Beobachtungsbögen für das Betreuungspersonal im Schülerlabor eingesetzt. Die Fragebögen bestehen aus offenen Fragestellungen und Likert-Items. Neben einer allgemeinen Einschätzung fokussieren die Fragebögen auch spezielle Rückmeldungen zu bestimmten Materialien und Experimenten. Auf dieser Basis findet dann eine zyklische Optimierung der Angebote statt. Viele Angebote haben diesen Prozess bereits mehrfach durchlaufen.

Das Angebot zur Chemie der Atmosphäre wurde bisher von Lehramtsstudierenden und zwei Schulklassen der Jahrgangsstufe 9 mit insgesamt 32 Schülerinnen und Schülern

wahrgenommen. Die Rückmeldung der Lehrkräfte und der Lernenden war durchweg positiv. Die Schülerinnen und Schüler bewerteten insbesondere das eigenständige Experimentieren und die angebotenen Versuche positiv. Einzig kritisch merkten einige Schülerinnen und Schüler an, dass das Arbeiten im Schülerlabor als sehr anstrengend empfunden wurde. Dies mag aber auch darin begründet sein, dass im schulischen Alltag ein intensives Experimentieren über mehrere Stunden nie oder nur in Ausnahmefällen vorgekommen sein dürfte. Die Lehrerinnen und Lehrer bewerteten besonders die intensive Betreuung im Schülerlabor und die enge Verzahnung der Angebote mit den Themen der Bildungspläne positiv. Aber auch das selbstständige und schülerzentrierte Experimentieren in Kleingruppen wurden positiv hervorgehoben (Garner et al., 2013).

### Ausblick

Beide Projektpartner haben die Entwicklung von insgesamt mehr als zehn experimentellen Schülerlaborangeboten nahezu abgeschlossen. Die Angebote umfassen alle Jahrgangsstufen ab der Klasse 5/6 bis zum Abitur. Viele Angebote wurden nach der Erprobung und Optimierung mittlerweile in den laufenden Betrieb der Schülerlabore FreiEx in Bremen und NanoBioLab in Saarbrücken implementiert. Bis Ende des Jahres soll die Bearbeitung auch der letzten Angebote abgeschlossen sein. Parallel hierzu werden sämtliche Materialien weiterhin in der Lehreraus- und -fortbildung eingesetzt, ebenso wie der Entwicklungsprozess auch zu Unterrichtsvorschlägen für den schulischen Chemieunterricht führt (z. B. Garner, Siol & Eilks, 2014a, 2014b).

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die umfangreiche Förderung dieses Projektes.

### Literatur

- Burmeister, M., Jokmin, S., & Eilks, I. (2011). Bildung für nachhaltige Entwicklung und Green Chemistry im Chemieunterricht. *Chemie Konkret*, 18(3), 123-128.
- Bybee, R.W. (2001). Achieving scientific literacy: Strategies for insuring that free-choice science education complements national formal science education efforts. In J. H. Falk (Eds.), *Free-choice science education: How we learn science outside of school*. New York: Teachers College Press, 44-63.
- Deutsche UNESCO Kommission (2008). Nationaler Aktionsplan für Deutschland. UN-Dekade Bildung für nachhaltige Entwicklung. Abgerufen am 24. September 2013 von [http://www.bne-portal.de/coremedia/generator/unesco/de/Downloads/Dekade\\_Publikationen\\_national/Der\\_20Nationale\\_20Aktionsplan\\_20f\\_C3\\_BCr\\_20Deutschland\\_202009.pdf](http://www.bne-portal.de/coremedia/generator/unesco/de/Downloads/Dekade_Publikationen_national/Der_20Nationale_20Aktionsplan_20f_C3_BCr_20Deutschland_202009.pdf).
- Garner, N., de Lourdes Lischke, M., Siol, A., & Eilks, I. (2013). Learning about sustainability in a non-formal laboratory context for secondary level students: A module on climate change, the ozone hole, and summer smog. In K. D. Thomas & H. E. Muga (Eds.), *Cases on pedagogical innovations for sustainable development*. Hershey: IGI Global. angenommen/im Druck.
- Garner, N., Siol, A., & Eilks, I. (2014a). Aromen im Chemieunterricht: Die Struktur bestimmt den Geruch. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule*. angenommen/im Druck.
- Garner, N., Siol, A., & Eilks, I. (2014b). Die Konservierung von Kosmetika mit Parabenen. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule*. angenommen/im Druck.
- Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte. Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses in der Physik (Dissertation). Abgerufen am 24. September 2013 von <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/guderian-pascal-2007-0212/PDF/guderian.pdf>.
- 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*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 393-442.
- Mandler, D., Mamlok-Naaman, R., Blonder, R., Yayon, M., & Hofstein, A. (2012). High-school chemistry teaching through environmentally oriented curricula. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 80-92.
- UNCED (1992). Agenda 21. Verabschiedet auf der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung. Rio de Janeiro. [www.un.org/esa/dsd/agenda21/](http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/).
- World Commission on Environment and Development (1987). *Our common future*. New York: University Press.

## Chemiebücher für Frauen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts

### Einleitung

Herausragende Leistungen von Frauen in den Naturwissenschaften werden vorrangig mit den Namen Marie Curie oder vielleicht auch Lise Meitner verbunden. Die zwei Personen repräsentieren jedoch lediglich das 20. Jahrhundert. Naturwissenschaftliche Beiträge von Frauen aus früheren Epochen werden indes weit weniger beachtet. Die geschlechtergeschichtliche Forschung betont diesbezüglich, dass in der Wissenschaftsgeschichte lediglich die Leistungen der Männer eine öffentliche Anerkennung fanden. Frauen hingegen wurden seit der Aufklärung von den Naturwissenschaften ausgegrenzt und hatten, wenn überhaupt, die Rolle der Popularisatorin inne. (Osietzki, 1991) In diesem Kontext ergeben sich interdisziplinäre Ansätze sowohl aus der chemiehistorischen als auch geschlechtergeschichtlichen Perspektive.

Die populärwissenschaftlichen Chemiebücher für Frauen, die in gebundener Form im deutschsprachigen Raum veröffentlicht wurden, dienen für die Untersuchung als geeignete Quellen. Ziel ist es, die Sonderstellung des Werkes „*Conversations on Chemistry*“ von Jane Marcet im Vergleich zu den anderen Schriften herauszuarbeiten, was von der Forschung bisher kaum beachtet wurde.

### Die Popularisierung der Chemie im 19. Jahrhundert

Um die Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert löste die Sauerstofftheorie Lavoisiers die bis dahin vorherrschende Lehre Stahls vom Phlogiston in Europa ab. Dieser von der chemiehistorischen Forschung als „Chemische Revolution“ bezeichnete Prozess führte zur Abgrenzung der Chemie von Medizin und Pharmazie bzw. Etablierung als eigenständige Wissenschaft.

Die Chemie rückte im Verlauf des 19. Jahrhunderts immer mehr in den Fokus der Öffentlichkeit. Sir Humphry Davy, Professor für Chemie an der *Royal Institution of Great Britain*, war einer der ersten, der sich um die Popularisierung der Wissenschaft bemühte. Seine öffentlichen Vorlesungen waren wegen der niedrigen Eintrittspreise sowie der Persönlichkeit und Eloquenz Davys von beiden Geschlechtern gut besucht. Davy betonte stets den Wert der Wissenschaft für die Förderung der menschlichen Gesellschaft. In Deutschland galten die „Abendvorlesungen“ Justus von Liebig's an der Münchener Universität als kulturelles Highlight. Sein bekanntestes Werk, die „Chemische[n] Briefe“, wurde 1861 aufgrund der hohen Nachfrage als Volksausgabe publiziert, obwohl der Autor den Inhalt als für das breite Volk nicht geeignet ansah. (Hansen, 2003)

Die populärwissenschaftlichen Chemiebücher hatten die schwierige Aufgabe das Fachwissen dem Leser verständlich und unterhaltsam zu präsentieren. Die Forschung widerspricht dabei der These, dass diese Werke eine bloße Reproduktion und Plakatierung naturwissenschaftlicher Forschungsergebnisse sei, sondern sieht sie vielmehr als eigenständige literarische Gattung in einem gesellschaftlichen Kontext. (Orland, 1997)

Zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit besteht keine klare Grenze. Deren Interdependenz wird durch die Popularisierung bestimmt, die als Medium zwischen beiden wirken kann. Beispielsweise steht dem Bestreben nach Anerkennung der Chemie seitens der Wissenschaft ein interessiertes, heterogenes Laienpublikum gegenüber. Die Funktion der Popularisierung besteht nun darin, adäquate Themen je nach Adressatengruppe auszuwählen und diese ansprechend zu präsentieren.

### Frauen und Naturwissenschaften

Seit den späten 1980ern wird der Aufarbeitung der Rolle der Frau in den Naturwissenschaften von der geschlechtergeschichtlichen Forschung beachtet und vor allem über biographische Bezüge bzw. im gesellschaftlichen Kontext analysiert.

Im 17. und 18. Jahrhundert beschäftigten sich privilegierte Frauen vor allem mit Astronomie („Quote“ von 14%) und Botanik. Als Vertreterinnen sind Sophie Brahe, Maria Cunitz oder Caroline Herschel zu nennen. (Orland/Rössler, 1995) In den Pariser Salons, die von Aristokratinnen und Mäzenatinnen mitgegründet wurden, fand ein reger Austausch über naturwissenschaftliche Themen statt, was von beiden Geschlechtern geschätzt wurde.

Die Dichotomisierung der Begriffe Mann/Geist und Frau/Natur wurde im Zuge der Aufklärung in der Gesellschaft manifestiert. Der Unterschied zwischen den biologischen Geschlechtern wurde von Jean-Jaques Rousseau in seinem pädagogischen Hauptwerk „*Emil  ou de l’éducation*“ auf den Alltag übertragen. Die Frau sei demnach passiv und schwach und habe dem Mann zu gefallen bzw. sich diesem zu unterwerfen. Die Erforschung der Naturwissenschaften gehöre aufgrund fehlender Geistessch rfe und Urteilsvermögen nicht zu ihren Aufgaben.

Ihrer Zugehörigkeit zum sozialen Geschlecht entsprechend war für die Frau im 19. Jahrhundert die private Sphäre als alleinige Domäne vorgesehen. Die Beschäftigung mit Chemie konnte demnach nur im Privaten erfolgen, blieb jedoch hauptsächlich den Wohlhabenden vorbehalten. Neben der gesellschaftlichen Determinante verschlechterte sich die Partizipation der Frau in den Naturwissenschaften zudem mit dem Ausbau bzw. der Professionalisierung neuer Universitäten und Forschungs- bzw. Lehreinrichtungen. Die Konstruktion von Frau und Häuslichkeit spiegelte sich auch in den populärwissenschaftlichen Chemieb chern wider.

### Chemiebücher für Frauen (1795-1869)

Tab.1: Die Publikationen im deutschsprachigen Raum.

Karl Friedrich August Hochheimer	Chemische Briefe an ein Frauenzimmer (1795-99)
Ernst August Geitner	Briefe über Chemie dem Schönen Geschlecht gewidmet (1808)
Wilhelm August Lampadius	Chemische Briefe für Frauenzimmer (1817-1828)
Philipp Aloys Ritter von Holger	Chemie für Damen (1848)
S. Augustin	Chemische Bilder aus dem täglichen Leben. Für Frauen bearbeitet (1856)
Ferdinand Friedlieb Runge	Hauswirtschaftliche Briefe (1866/67)
Karl Ruß	Naturwissenschaftliche Blicke ins tägliche Leben (1865)/Waarenkunde für die Frauenwelt (1868/69)

### Jane Marcets „*Conversations on Chemistry*“

Die als Tochter eines Schweizer Kaufmanns geborene Jane Haldimand (1769-1858) heiratete 1799 den Chemiker Alexandre Marcet. Im hauseigenen Laboratorium verkehrten namhafte Chemiker der Zeit (u.a. Davy, Berzelius, Wollaston), so dass die Frau des Hauses in die wissenschaftliche Korrespondenz einbezogen war. Marcet besuchte zudem die Vorlesungen Davys und soll auch von ihrem Mann zu eigenen chemischen Studien angeregt worden sein. 1806 erschien Marcets erstes Werk mit dem Titel „*Conversations on Chemistry, intended more specially for the Female Sex*“. Ihr Ziel lag im Vermitteln eines grundlegenden Verständnisses der Chemie als Teil der Naturwissenschaft und in

Abgrenzung zur Pharmazie. Als ein wesentliches Merkmal populärwissenschaftlicher Literatur verwendet Marcet den Dialogstil; in 25 Unterhaltungen erklärt die Lehrerin *Mrs. B.* ihren Schülerinnen *Emilie* und *Caroline* die Grundprinzipien der Chemie.

Das wichtigste didaktische Mittel ist die Durchführung und themenbezogene Auswertung von Experimenten, die sowohl die Lehrerin demonstriert als auch die Schülerinnen absolvieren. So werden die chemischen Inhalte auch dem interessierten Publikum unterhaltsam veranschaulicht. Zahlreiche selbstgezeichnete Skizzen zu den verwendeten Versuchsaufbauten fügt Marcet dem Anhang bei.

Die bei den um 1850 publizierten Werken im Vordergrund stehende inhaltliche Reduktion auf die Haushaltschemie ist bei der Engländerin nicht zu erkennen. Sie erwähnt bzw. diskutiert zahlreiche Theorien und Versuche namhafter Chemiker (z.B. Lavoisiers Kalorimeter), um die Darstellung der chemischen Prinzipien zu erläutern. Von 1806 bis 1846 bearbeitete Marcet insgesamt 16 englische Auflagen nach dem jeweiligen aktuellen Stand der Wissenschaft. In einem Brief an Michael Faraday bat sie diesen, ihr seine neuesten Erkenntnisse zur Elektrizität für eine Auflage des Werkes zur Verfügung zu stellen. In den USA wurden die „*Conversations on Chemistry*“ mit einer Auflagenstärke von bis zu 160000 Exemplaren herausgegeben. (Szász, 1997) Die übrigen Chemiebücher für Frauen kamen selten über die erste Auflage hinaus.

### Schlussbetrachtung

Das Werk Marcets stellt eines der ersten populärwissenschaftlichen Werke für Frauen dar, das chemische Themen unabhängig von Pharmazie und Medizin beinhaltete. Wie bei Hochheimer lag das Hauptanliegen Marcets in der Vermittlung wissenschaftlicher Grundlagen der Chemie. Diese werden in den Schriften Geitners und Lampadius' bereits speziell um Aspekte der Haushaltschemie ergänzt. Scheibe, Runge und Ruß reduzierten schließlich die wissenschaftlichen Grundlagen zugunsten der Chemie der Lebens- und Genussmittel für die praktische Anwendung im Haushalt. Ritter von Holgers „Chemie für Damen“ kann dahingehend nicht kategorisiert werden, da das Buch des Österreichers die Chemie in Abhängigkeit einer übergeordneten Naturlehre behandelt.

Vor dem Hintergrund, dass einerseits chemische Themen in populärwissenschaftlichen Beiträgen des 19. Jahrhunderts prozentual am geringsten vertreten waren und die Anzahl an Autorinnen diesbezüglich nur maximal 8 Prozent betrug (Schwarz, 2008), muss die Leistung Marcets hervorgehoben werden. Ihr Werk „*Conversations on Chemistry*“ war eine der am meisten verkauften und bekanntesten populärwissenschaftlichen Schriften des 19. Jahrhunderts.

### Literatur

- Hansen, M. (2003). Zur Publikationsgeschichte der „Chemischen Briefe“ Justus Liebigs. In Präsident der Justus-Liebig-Universität Gießen (Hrsg.), *Justus Liebig (1803-1873) Die Chemischen Briefe. Zur Popularisierung von Wissenschaft im 19. Jahrhundert* (S. 31-44). Gießen: Universitätsverlag.
- Orland, B. (1997). Chemie für den Alltag. Populäre deutsche Chemiebücher 1780-1930. *Mitteilungen Nr. 13 der Fachgruppe Geschichte der Chemie in der GDCh*, S. 39-75.
- Orland, B. & Rössler, M. (1995). Women in Science – Gender and Science. Ansätze feministischer Naturwissenschaftskritik im Überblick. In B. Orland & E. Scheich (Hrsg.), *Das Geschlecht der Natur. Feministische Beiträge zur Geschichte und Theorie der Naturwissenschaft* (S. 13-63). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Osietzki, M. (1991):. Männlichkeit, Naturwissenschaft und Weiblichkeit. Wege der Frauenforschung zu „Gender and Science“. In B. Fieseler & B. Schulze (Hrsg.), *Frauengeschichte: Gesucht – Gefunden? Auskünfte zum Stand der historischen Frauenforschung* (S. 112-127). Köln: Böhlau.
- Schwarz, A. (2008). Naturkunde oder Naturwissenschaft? Frauen und ihre naturwissenschaftlichen Schriften im 19. Jahrhundert. *Historische Anthropologie*, 16, (6) S. 74-91.
- Szász, I. (1997). *Chemie für die Dame. Fachbücher für das „Schöne Geschlecht“ vom 16. bis 19. Jahrhundert*. Königstein: Helmer.

Bernd Stiller<sup>1</sup>Jurik Stiller<sup>2</sup>Rüdiger Tiemann<sup>2</sup><sup>1</sup>Wettermuseum e.V. Lindenberg (bei Beeskow)<sup>2</sup>Humboldt-Universität zu Berlin

### **Zu Gast im Wettermuseum - Evaluation eines Museumskonzeptes**

Eine in der Fachwelt weitgehend anerkannte Museumsdefinition stammt vom International Council of Museums (ICOM), zuletzt bestätigt auf der 21. Generalversammlung in Wien (ICOM, 2007). Danach sind Museen gemeinnützige, ständige, der Öffentlichkeit zugängliche Einrichtungen im Dienst der Gesellschaft und ihrer Entwicklung, die zu Studien-, Bildungs- und Unterhaltungszwecken das materielle und immaterielle Erbe des Menschen und seiner Umwelt beschaffen, bewahren, erforschen, bekannt machen und ausstellen (ICOM, 2007). Damit haben Museen das Potential, als außerschulischer Lernort zur naturwissenschaftlichen Grundbildung ("Scientific Literacy", AAAS, 2003) von Schülerinnen und Schülern beizutragen.

#### **Physik und Chemie der Atmosphäre**

Insbesondere die als Querschnittsdisziplin von Chemie und Physik anzusehende Meteorologie (vgl. Möller, 2003, S. 90) kann zu einer domänenübergreifenden und somit besonders kontextualisierten Erarbeitung chemischer und physikalischer Fragestellungen genutzt werden. Dieses Potential nutzbar zu machen, ist Ziel des gemeinnützigen und ehrenamtlich geführten Museums für Meteorologie und Aerologie in Lindenberg (bei Beeskow, Landkreis Oder-Spree). Der Verein schrieb sich – nicht zuletzt nach den erkannten Bildungsdefiziten in MINT-Fächern – die Förderung der „schulischen naturwissenschaftlichen Bildung und der Lehrerweiterbildung in Zusammenhang mit der Meteorologie“ in seine Gründungssatzung 2006.

#### **Neue Ausstellung**

Im Zuge des Neuaufbaus einer Dauerausstellung wird im Museum für Meteorologie und Aerologie derzeit ein Konzept erarbeitet. In einem ersten Schritt werden Erfahrungen und Anregungen für Umweltbildung (Braun et al., 2003; Munro et al., 2009) aufgegriffen, in einem zweiten Schritt sollen explizit Erkenntnisse der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr/Lernforschung berücksichtigt und Kerndimensionen von „Nature of Science“ exemplarisch für die Besucherinnen und Besucher deutlich werden. Dieser Prozess ist noch nicht abgeschlossen und soll in eine mehrjährige Zusammenarbeit zwischen Museum und Hochschule münden.

#### **Theoretischer Rahmen**

Schulische Museumsbesuche können motivationale und kognitive Prozesse bei Schülerinnen und Schülern fördern (Geyer, 2008; Lewalter & Geyer, 2005). Die Ergebnisse sind jedoch insgesamt uneinheitlich. Falk und Dierking (1998) diskutieren unter anderem die unterschiedliche Auffassung des Lernbegriffs sowie die Verschiedenartigkeit der verwendeten Messmethoden in Untersuchungen (vgl. Waltner & Wiesner, 2009). Waltner und Wiesner (2009) weisen zudem auf die Befundlage hin, gemäß derer anhand der alleinigen Auseinandersetzung mit Exponaten ein naturwissenschaftliches Konzept nicht vermittelt werden könne (Lucas, 1983; Rennie & McClafferty, 1996; Tunnicliffe, 1996). Stattdessen hänge die Lernwirksamkeit von den Rahmenbedingungen des Besuchs ab. Dabei seien Faktoren wie erneutes Aufgreifen der Inhalte im Unterricht, Vor- und Nachbereitungsintensität sowie Einsatz (Qualität) von Arbeitsblättern entscheidend (Waltner & Wiesner, 2009).

### **Lindenberger Standortvorteil**

1905 gründete Richard Aßmann (zusammen mit dem Franzosen Teisserenc de Bort gilt er als Entdecker der Stratosphäre im Jahr 1902) in Lindenberg bei Beeskow ein Königlich-Preussisches Aeronautisches Observatorium. Regelmäßige Messungen in der "freien Atmosphäre" wurden je nach Windstärke mit Ballonen oder Großdrachen realisiert (der Drachenflughöhenweltrekord vom 1. August 1919 beträgt 9740 m).

Heute betreibt der Deutsche Wetterdienst (DWD) das Observatorium als Forschungseinrichtung. Laser- und Schallsondierung, aktive und passive Mikrowellen-Fernsondierungssysteme sowie moderne Nachfolger der um 1928/29 in Lindenberg von Paul Duckert entwickelten Radiosonde durchmessen heute die Atmosphäre.

Ein idealer Ort für ein Museum, das nicht nur die Historie, sondern auch die Gegenwart der Meteorologie authentisch beschreiben will.

Der im Jahr 2006 gegründete Verein Wettermuseum e.V. (Stiller, 2006) betreibt das Museum für Meteorologie und Aerologie nur wenig abseits des Richard-Aßmann-Observatoriums mit zwei sanierten Denkmälern (Ballonhalle und Windenhaus) und baut derzeit eine alte Steinbaracke zum modernen Museumsgebäude mit größerer Ausstellungsfläche, besucherfreundlichen Serviceeinrichtungen sowie einem Experimentier- und Vortragsraum um (vgl. Stiller, 2013).

### **Neues Besucherzentrum**

In den neuen Räumen kann die gesamte Geschichte der Meteorologie – ob die Entdeckung des Luftdrucks vor bald 400 Jahren oder die weltweit erste Wetterkarte, gezeichnet in Leipzig um 1820 durch Prof. Brandes – Museumsbesuchern spannend und informativ dargestellt werden. Platz bleibt auch für Spiel und Selbsterfahrung. Wer kann eine Wetterkarte zeichnen, ohne dass sich Isobaren kreuzen?

Es können nicht nur größere Ausstellungsfläche und ein größerer Mehrzweckraum geboten werden, sondern es eröffnet sich auch die Chance, den Aufbau einer neuen Ausstellung mit professioneller Unterstützung durchzuführen. Der Planungsprozess für die neue Ausstellung wird von Anfang an begleitet, einerseits vom Brandenburgischen Museumsverband als auch von der Naturwissenschaftsdidaktik der Humboldt-Universität zu Berlin mit jeweils spezifischer Expertise.

Schließlich hat das Museumsteam auch fachwissenschaftliche (Vermittlungs-)Erkenntnisse (vgl. als Beispiel Best et al., 2013) zu beachten.

### **Evaluation eines Museumskonzeptes**

Für Umweltbildungseinrichtungen werden verschiedene Evaluationsstufen vorgeschlagen (Munro, Siekierski, Weyer & Pyhel, 2009): Basis-Evaluation → Vorab-Evaluation → Formative Evaluation → Summative Evaluation.

Erste Bausteine der Vorab-Evaluation in diesem Sinne sind z. B.

- Befragung von Museumsbesuchern
- Blitzumfragen unter Passanten (z. B. auf Bahnhöfen)
- Befragung von Kindern und Jugendlichen in Kitas und Schulen
- Gespräche mit regionalen Vertretern des Tourismus
- Miteinbeziehen der örtlichen Bevölkerung in Dorf und Observatorium
- andere Ausstellungen besuchen und auswerten
- Gespräche mit Fachwissenschaftlern (hier u. a. Meteorologen).

In der Basis-Evaluation war sich zuvor in noch allgemeinerer Form den Zielen, Themen und Botschaften zu stellen. Die Abb. 1 zeigt das Ergebnis der Auseinandersetzung mit der Frage der Themen und der darin enthaltenen „roten Fäden“ als Zwischenstand. Ein erster Baustein der formativen Evaluation war eine explorative Studie zum Einsatz eines Solarenergie-

Koffers im Rahmen einer Masterarbeit in der Chemiedidaktik der Humboldt-Universität zu Berlin (Höhne, 2012). Die Ausstellungseröffnung wird derzeit für den Herbst 2014 erwartet.



Abb. 1: Benennung des dreidimensionalen Kernkonzepts, wichtigste Themen und rote Fäden aus einem meteorologischen Blickwinkel

#### Literatur

- American Association for the Advancement of Science AAAS (1993). Benchmarks for Science Literacy. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Best, M., Lock, A., Santanello, J., Svensson, G., & Holtslag, B. (2013): A New Community Experiment to Understand Land-Atmosphere Coupling Processes. *Global Energy and Water Exchanges News*, 23(2), 3.
- Braun, M.-L., Peters, U., & Pyhel, Th. (2003). *Faszination Ausstellung - Praxisbuch für Umweltthemen*. Edition Leipzig.
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (1998). *The museum experience*. Washington, D.C.: Whalesback Books.
- Geyer, C. (2008). *Museums- und Science-Center-Besuche im naturwissenschaftlichen Unterricht aus einer motivationalen Perspektive*. Berlin: Logos.
- Höhne, S. (2012). *Experimentieren mit dem Solarkoffer*. Unveröffentlichte Masterarbeit.
- ICOM (2007). vgl. <http://icom.museum/the-vision/museum-definition/> (engl.)
- Lewalter, D., & Geyer, C. (2005). Evaluation von Schulklassenbesuchen im Museum. *Zeitschrift für Pädagogik*, 51(6), 774-785.
- Lucas, A.M. (1983). Scientific literacy and informal learning. *Studies in Science Education*, 10, 1-36.
- Möller, D. (2003). *Luft*. De Gruyter, Berlin New York – Teil 2.
- Munro, P., Siekierski, E., Weyer, M., & Pyhel, T. (2009). *Wegweiser Evaluation*. München: oekom.
- Rennie, L.J., & McClafferty, T.P. (1996). Science Centres and Science Learning. *Studies in Science Education*, 27, 53-98.
- Stiller, B. (2006). Wettermuseum e.V. gegründet. *Mitteilungen DMG* 03/2006, 15-17.
- Stiller, B. (2013). Es wird gebaut und der Museumsbetrieb geht weiter ... Weitere Fortschritte beim Bau des Museums für Meteorologie und Aerologie. *Mitteilungen DMG* 01/2013, 3-4.
- Tunncliffe, S. D. (1996). The relationship between pupils' age and the content of conversations generated at three types of animal exhibits. *Research in Science Education*, 26(4), 461-480.
- Waltner, C., & Wiesner, H. (2009). Lernwirksamkeit eines Museumsbesuchs im Rahmen von Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 195-217.

Martin Hawner<sup>1,2</sup>  
 Thomas Trefzger<sup>2</sup>  
 Sascha Schmeling<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CERN, Genf  
<sup>2</sup>Universität Würzburg

## **Experimente mit kosmischen Teilchen im Lehr-Lern-Labor und deren Einfluss auf die Entwicklung des Interesses an Physik**

### **Lehr-Lern-Labor zur Astroteilchenphysik**

Zur Förderung von Astroteilchenphysik, wurde an der Universität Würzburg ein Lehr-Lern-Labor (L<sup>3</sup>) entwickelt, welches aufgrund der Experimente und Inhalte als forschungsnahes Labor aufgefasst werden kann. Zunächst soll neben dem Kennenlernen auch Begeisterung für das Phänomen der kosmischen Strahlung geweckt werden. Weiterhin soll das Labor einen Einblick in die Methoden der aktuellen Forschung geben. Neben dem selbständigen Aufbau der Detektoren, werden Hypothesen generiert, Daten aufgenommen und analysiert. Anschließend folgt die Interpretation der Ergebnisse unter Berücksichtigung der Messgrenzen der Detektoren.

### **Motivation und Theorie**

In einer begleitenden Evaluationsstudie soll die Wirksamkeit der Veranstaltung untersucht werden. Dabei wird ein Schwerpunkt auf eine mögliche Steigerung des Interesses und des Fähigkeitsselbstkonzeptes gelegt. Zusätzlich wird bei einem Teil der teilnehmenden Klassen in der Hauptstudie eine schulische Nachbereitungsphase integriert. Da bei Themen der modernen Physik häufig Anknüpfungspunkte zum Lehrplan fehlen, ist eine curriculare Einbindung des Schülerlabors oft nicht möglich. Daher wird dieses Treatment durch eine kurze, zwei Schulstunden umfassende Nachbereitung im Unterricht ergänzt. Dies scheint aufgrund des enormen Zeitdrucks in Schulen realistischer zu sein als längere Einheiten.

Im Folgenden werden die theoretischen Grundlagen der Studie kurz vorgestellt. Das **Interessenkonstrukt** (Krapp, 1992) spielt dabei eine zentrale Rolle. Man kann das Interesse als Konstrukt, das eine „besondere Relation zwischen einer Person und einem Gegenstand“ (Prenzel, 1988) beschreibt, definieren. Das Interesse kann in zwei Arten, das dispositionale und das aktuelle Interesse, unterschieden werden. Nach der pädagogischen Psychologie versteht man unter dem dispositionalen Interesse, ein sich nur langsam verändertes, stark ausgeprägtes Interesse. Dieses entsteht aus langfristigen, immer wiederkehrenden Beschäftigungen mit dem Interessengegenstand. Das aktuelle Interesse wird mit einem handlungsbedingten vorübergehenden Zustand in Verbindung gebracht (Krapp, 2002). Es entsteht zum Beispiel aus den Anreizbedingungen einer bestimmten Situation oder durch Impulse des schon vorhandenen dispositionalen Interesses. Des Weiteren wird das Interesse durch drei Merkmale charakterisiert: die epistemische, die emotionale und die wertbezogene Komponente.

In der Studie wird weiterhin das **Fähigkeitsselbstkonzept** untersucht. Dieses zählt wie das dispositionale Interesse zu den nur langsam veränderbaren Zuständen. Gebildet wird das Fähigkeitsselbstkonzept zum Beispiel durch Rückmeldungen aus dem Umfeld und durch Vergleiche der eigenen Leistung mit Mitschülern. Das Fähigkeitsselbstkonzept ist eine wichtige Eigenschaft der Person, die sich ständig durch Reflexion und Vergleichen ausbildet. Aus Studien ist bekannt, dass das Interesse an Physik und das Fähigkeitsselbstkonzept bezogen auf Physik miteinander zusammenhängen (Köller, Trautwein, Lüdtke & Baumert, 2006). Beide Größen haben also einen Einfluss auf die Motivation, sich weiter mit dem Fach auseinander zu setzen.

Nachdem in vorherigen Studien zu außerschulischen Lernorten (z. B. Engeln, 2004; Pawek, 2009) eine Steigerung des aktuellen Interesses festgestellt wurde, ist die Frage nach einer

langfristigen Interessensteigerung besonders interessant. Die Bedingungen zur Bildung des Interesses können mit den **catch- und hold-Komponenten** nach Mitchell (1993) beschrieben werden. Das Interesse der Schüler wird zum Beispiel durch die ungewohnte Lernumgebung oder durch überraschende Experimente (catch-Komponenten) geweckt. Es kommt zur Bildung von aktuellem Interesse. Um dies zu stabilisieren muss für Schüler eine gewisse Sinnhaftigkeit erkennbar sein. Dies kann durch eine Nachbereitungsphase (hold-Komponente) hervorgerufen werden. Die Stabilisierung des Interesses führt dann zur Bildung von dispositionalem Interesse.

### Design

Die Fragebogenstudie wird im pre-/post-/follow-up-Design durchgeführt, wobei der erste Fragebogen direkt vor, der zweite direkt nach und der dritte Fragebogen 6-8 Wochen nach der Veranstaltung eingesetzt wird. Bei den Skalen wurde sich an vorherigen Studien orientiert (Engeln, 2004; Pawek, 2009; Sommer, 2010). Untersucht werden eine Untersuchungsgruppe, welche die Nachbereitungsphase durchläuft, und eine Kontrollgruppe ohne spezielle Nachbereitung. Die Zielgruppe besteht aus Schülern der 10. bis 12. Klassenstufe.

### Pilotierung

In einer Pilotstudie (N=61) wurden pre- und post-Fragebögen eingesetzt. Mittels Faktoren- und Reliabilitätsanalyse wurden die Skalen überprüft. Lediglich bei der Dimension „Experimentieren“ der Skala Sachinteresse, lagen unzureichende Werte vor. Die Skala wurde für die Hauptstudie korrigiert, indem auf die Originalformulierungen zurückgegriffen wurde und weitere Items zur Dimension „Experimentieren“ hinzugefügt wurden. Bei den restlichen Skalen lagen die Cronbach  $\alpha$ -Werte im Intervall [.70 , .91].

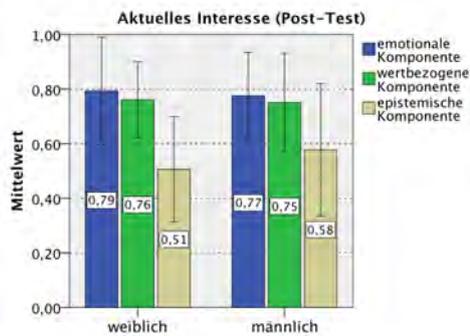


Abb. 1: Aktuelles Interesse (nach Geschlecht)

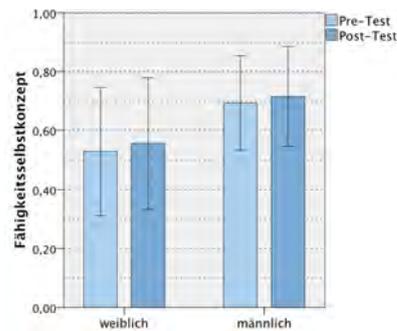


Abb. 2: Selbstkonzept (nach Geschlecht)

Erste Ergebnisse der Pilotstudie bestätigen die Ergebnisse bereits durchgeführter Studien. Die hohen Werte des aktuellen Interesses (s. Abb. 1) sind als Erfolg für die Veranstaltung zu werten. Pawek (2012) gibt ähnliche Werte für die Komponenten des aktuellen Interesses im post-Test an. Weiterhin fällt auf, dass es beim aktuellen Interesse keine signifikanten Unterschiede zwischen den Schülerinnen und Schülern gibt. Dies ist eine der Stärken außerschulischer Lernorte. Bei stabileren Eigenschaften, wie dem Fähigkeitsselbstkonzept lässt sich der aus der Schule bekannte „gender gap“ allerdings wieder feststellen (s. Abb. 2). Insgesamt lässt sich beim Fähigkeitsselbstkonzept eine leichte, aber signifikante Steigerung (t-test:  $t(60)=2.3$ ,  $p<0.03$ ,  $d=0.12$ ; Wilcoxon:  $p<0.05$ ) zwischen pre- und post-Befragung erkennen (s. Abb. 3). Große Effektgrößen sind in der kurzen Einwirkzeit bei stabilen Eigenschaften auch nicht zu erwarten. Dies zeigt sich auch in der Untersuchung des Fach-

interesses und Sachinteresses, wo jeweils keine signifikanten Unterschiede zwischen pre- und post-Test zu sehen sind. Die Einstellung zu Physik (s. Abb. 4) ändert sich hingegen signifikant (t-test:  $t(60)=2.9$ ,  $p<0.006$ ,  $d=0.18$ ; Wilcoxon:  $p<0.006$ ).

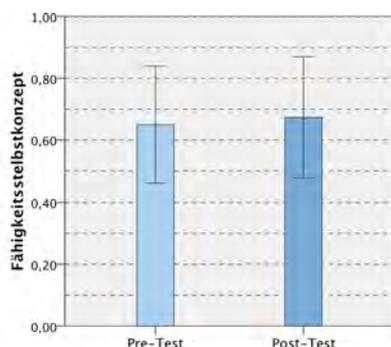


Abb. 3: Fähigkeitsselbstkonzept

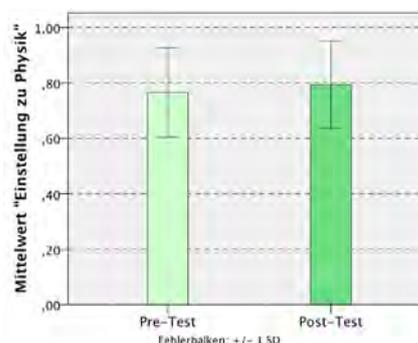


Abb. 4: Einstellung zur Physik

### Ausblick

Insgesamt sind die ersten Einblicke in die Pilotstudie vielversprechend, wenn auch eine abschließende Analyse noch aussteht. Dies gilt insbesondere in Hinblick auf beeinflussende Faktoren wie z. B. die Durchführungseigenschaften des Labors. Der Fragebogen misst reliabel und die Ergebnisse vorheriger Studien konnten soweit bestätigt werden. Derzeit werden Daten für die Hauptstudie gesammelt. Hier steht vor allem die Frage nach der Wirkung der schulischen Nachbereitung im Vordergrund.

### Literatur

- Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Dissertation, Logos-Verlag Berlin.
- 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). Konzepte und Forschungsansätze zur Analyse des Zusammenhangs von Interesse, Lernen und Leistung. In A. Krapp, M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung*. Münster: Aschendorff, 9-52.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, (12), 383-409.
- Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology*, American Psychological Association, 85, 424-436.
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Dissertation, Universität Kiel.
- Pawek, C. (2012). Schülerlabore als nachhaltig das Interesse fördernde außerschulische Lernumgebung. *Außerschulische Lernorte - Beiträge zur Didaktik. Kompetenzentwicklung an außerschulischen Lernorten*.
- Prenzel, M. (1988). Die Wirkungsweise von Interesse - Ein pädagogisch-psychologisches Erklärungsmodell. In: *Beiträge zur psychologischen Forschung*, Band 13. Westdeutscher Verlag.
- Sommer, S. (2010). Interessengene durch Interaktion – Das Interventionsprojekt der Miniphänomenta in quasiexperimenteller Langzeitevaluation. Dissertation, Universität Flensburg.

Kristina Hock<sup>1</sup>  
 Michael Anton<sup>1</sup>  
 Cornelia Rieck<sup>2</sup>  
 Andreas Ziegler<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ludwig-Maximilians-Universität München  
<sup>2</sup>Rupprecht-Gymnasium München

### Schulkooperation: W<sup>3</sup> – Wald, Wasser, Wiese

Das Projekt W<sup>3</sup> – Wald, Wasser und Wiese ist Teil einer Kooperation der Chemiedidaktik der LMU mit dem Rupprecht-Gymnasium München. Ziel dieses Teilprojektes der Kooperation ist die Förderung handlungsorientierter Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht, ebenso wie die Einbindung des außerschulischen Lernortes „Würm“. Am außerschulischen Lernort soll das Ineinandergreifen der drei Naturwissenschaften in der Natur, an einem konkreten Beispiel, gezeigt werden (vgl. Gröger & Ziemek, 2008).

Die eintägige Exkursion an die „Würm“ wird seit 3 Jahren jeweils mit mehreren Klassen der Jahrgangsstufe 6 durchgeführt. Nach einer kurzen S-Bahn-Fahrt von der Schule aus, wird der eigentliche Untersuchungsort an der Würm erwandert. Auf der Strecke sind in Gruppen verschiedene Aufgaben zu bewältigen (Geocaching). Am Untersuchungsort angekommen haben die Schüler für jede Station (Wald, Wasser, Wiese) ca. 45 Min Zeit. Alle für die Untersuchungen benötigten Materialien (Gefäße, Messgeräte und Nachweisreagenzien) sind im modifizierten „Linde-Rucksack“ zusammengepackt und werden von jeder Schülergruppe mitgetragen. Jeder Schüler erhält ein Forscherheft, das alle Versuchsanleitungen beinhaltet und die Möglichkeit zum eigenständigen protokollieren gibt. Je nach Wetterlage kann die Exkursion mit einer Schlussbesprechung und der Rückkehr an die Schule beendet werden bzw. noch um ein von den Eltern organisiertes Grillen erweitert werden.

Der Linde-Rucksack wurde im Rahmen des Projektes „Grünes Klassenzimmer“ und des „alpinen Praktikums“ von der Firma Linde mit der Chemiedidaktik (Vetrovsky C.) entwickelt (Staatsexamensarbeiten: Haertter, 2011; Eibl, 2011).

In Bayern wird das Fach „Natur und Technik“ in der Jahrgangsstufe 5 mit den Schwerpunkten naturwissenschaftliches Arbeiten (1/2 der Gesamtstundenzahl) und Biologie (1/2), in Jgst. 6 Biologie (2/3) und Informatik (1/3), und in Jgst. 7 Physik (2/3) und Informatik (1/3) unterrichtet. Ab der Jgst. 8 beginnt im NTG-Zweig der Fachunterricht in Chemie, Biologie und Physik.

Mit dem Besuch des außerschulischen Lernortes möchten wir eine Verbindung zwischen den verschiedenen Schwerpunkten des Lehrplans im Fach „Natur und Technik“ knüpfen und so die in der Jahrgangsstufe 5 erlernten Methoden aufgreifen, um sie für den Fachunterricht in den höheren Jahrgangsstufen bereitzustellen. Zu diesen Methoden gehören Beobachten und Beschreiben, Protokollieren, Messen der Temperatur und des pH-Wertes. Neu hinzukommen für die Schüler der Jgst. 6 bei der *Station Wasser* die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes nach Winkler und die Bestimmung des Nitratgehalts mit Teststäbchen. Weitere chemische und physikalische Parameter werden an der *Station Wald* gemessen, so wird der pH-Wert des Bodens bestimmt und die Beschaffenheit durch die Krümelprobe beschreiben. An der *Station Wiese* wird durch das Bestimmen von Wiesenpflanzen ein direkter Bezug zum Lehrplaninhalt der Jgst. 6 hergestellt.

Für die vorliegende Untersuchung von besonderem Interesse war die Frage, was Schüler an einem außerschulischen Lernort besonders schätzen und welche Ansprüche Lehrkräfte an einen außerschulischen Lernort stellen.

Die Untersuchung wurde mit einer Fragebogenerhebung im Prä-Post-Design durchgeführt. Die Items der verschiedenen Konstrukte wurden mit einer 4-stufigen Rating-Skala abgeprüft, wobei 4 die höchste Zustimmung bedeutet. Die Schüler erhielten zu Beginn der Exkursion

einen kurzen Fragebogen, um ihr Interesse für Chemie bzw. Biologie zu erheben. Nach der Exkursion beantworteten sie einen erweiterten Fragebogen, der neben dem Interesse auch Fragen zur Sozialform, den durchgeführten Arbeitstechniken und der Akzeptanz des Rucksacks und der in ihm enthaltenen Materialien enthielt. Die Ansprüche der Lehrkräfte an einen außerschulischen Lernort wurden im Interview erhoben.

In den Jahren 2011 bis 2013 wurden 4 Klassen der Jahrgangsstufe 6 untersucht. 111 Fragebogen konnten ausgewertet werden, 38% davon von Mädchen. Die statistische Analyse zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Antworten von Mädchen und Jungen. Da die Klassen von verschiedenen Lehrkräften bei der Exkursion begleitet wurden, analysierten wir die Klassen getrennt.

Bezüglich der **Zufriedenheit und Motivation** (Abb.1) zeigten die Schülerinnen und Schüler im Mittel eine hohe Zustimmung zum Praktikum und würden es weiterempfehlen (Mittel = 3,5). Auch schätzen sie das praktische, von der Lehrkraft gut vorbereitete, Arbeiten im Unterricht (Mittel = 3,3). Im häuslichen Umfeld, bei dem sie selbst mehr Engagement zeigen müssten, um z. B. Experimentiermaterialien bereitzustellen, geht die Zustimmung auf einen mittleren Wert von 2,3 zurück. Bei der Exkursion scheinen alle Schüler ausreichend zum Zuge gekommen zu sein, das negativ formulierte Item erhielt eine Zustimmung von im Mittel 2,1. Auch die Frage „Warum soll ich mich anstrengen?“ erhielt mit dem Mittel = 1,9 keine hohe Zustimmung.

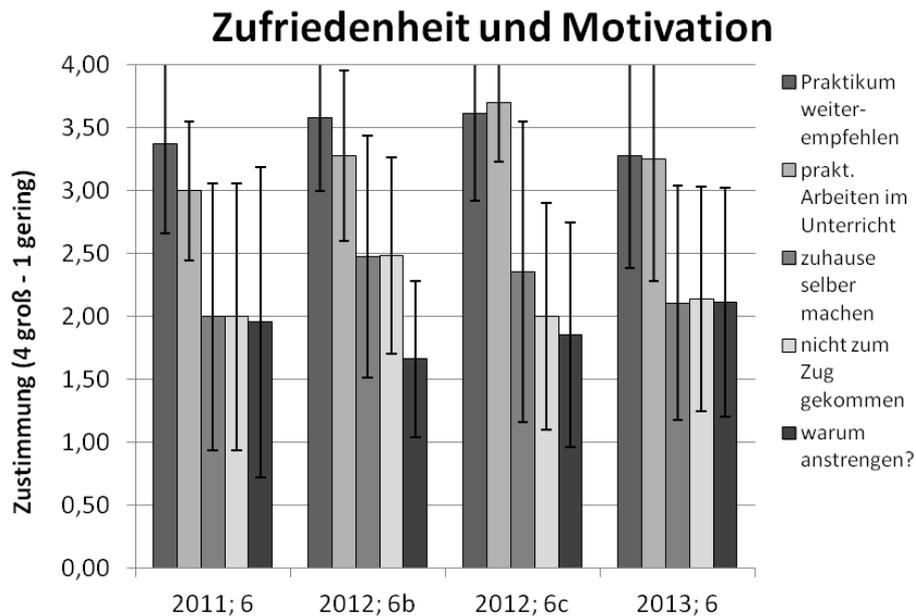


Abb. 1: Items zur Zufriedenheit und Motivation bzw. der Anstrengungsbereitschaft

Bei den Items, bei denen nach der **Sozialform** (Abb. 2.) gefragt wurde, erhielt die Teamarbeit eine deutlich höhere Wertung (Mittel = 3,1) als die Items zur Einzelarbeit (Mittel = 2,1). Daraus lässt sich schließen, dass das Gruppenerlebnis und die Erfahrung im Team zu arbeiten für diese Exkursion besonders wichtig war.

Die Auswertung der **Akzeptanz des Rucksacks und der Experimentiermaterialien** zeigte, dass die Schüler, die im Rucksack enthaltenen Materialien gut den einzelnen Versuchen zuordnen konnten (Mittel = 3,2). Sie kamen gut mit dem Forscherheft zurecht und konnten mit Hilfe der Anleitungen und den dazugehörigen Abbildungen eigenständig

experimentieren (Mittel = 2,9). Lediglich der Gebrauch von Bestimmungsbüchern war für die Schüler der Jahrgangsstufe 6 noch ungewohnt (Mittel = 2,1).

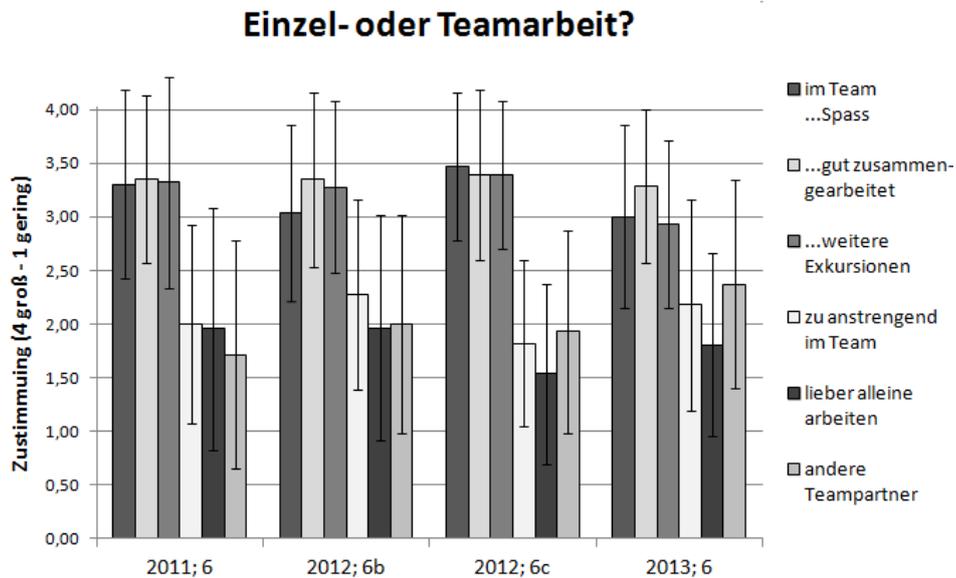


Abb. 2 Auswertung der von den Schülern bevorzugten Sozialform

Diese erste Auswertung mit vier Klassen der Jahrgangsstufe 6 zeigt, dass das Projekt W<sup>3</sup> von den Schülern gut angenommen wird. Am Beispiel der drei untersuchten Stationen können die Schüler erkennen, dass Nachweisreaktionen die sie aus Natur und Technik kennen, nicht nur als Experimente für sich alleine stehen, sondern sinnvoll zum Erkunden und Messen von Umweltparametern eingesetzt werden können. Insbesondere in Gebieten, die sie auch in ihrer Freizeit zum Baden oder Grillen nutzen. Damit wurde auch das von den Lehrkräften angestrebte praxisorientierte Arbeiten erreicht und gleichzeitig bereits Gelerntes aufgegriffen und verankert.

Bei den Exkursionen betreuen Referendare die einzelnen Stationen und erhalten so Einblick in die Gestaltung von außerschulischen Lernorten. Das Projekt wurde durch schulinterne Lehrerfortbildungen in der Biologie- und Chemiefachschaft bekannt gemacht und erhält rege Zustimmung. So ist geplant im nächsten Jahr unter der Betonung von ökologischen Aspekten die Exkursion auch mit den Schülern der Jahrgangsstufe 10 durchzuführen.

#### Literatur

- Eibl, S. (2011). Bodenkundliche Untersuchung als fächerverbindendes Projekt im Chemieunterricht als Exkursion der 8. Jahrgangsstufe und Unterrichtseinheit der 9. Jahrgangsstufe, Staatsexamensarbeit, LMU München.
- Gröger, M., & Ziemek, H.-P. (2009). FLEX: Freilandlabor mit Experimentierfeld. In D. Höttecke (Hrsg.), Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung (S. 474 - 476). Münster: LIT-Verlag.
- Härter, S. (2011). „Das Grüne Klassenzimmer - Förderung von Interesse, Motivation und Nachhaltigkeit bezüglich chemischer und naturwissenschaftlicher Inhalte durch einen außerschulischen Lernort“, Staatsexamensarbeit, LMU München.

Lorenz Kampschulte  
 Ilka Parchmann  
 Stefan Schwarzer  
 Frederike Tirre

IPN Kiel

## **Authentizität in informellen Lernorten im Bereich der Nanowissenschaft**

### **Was heißt Authentizität?**

Ziel des Projekts ist es, Wege zur Vermittlung eines authentischen Bildes der Nanoforschung in außerschulischen Lernorten wie Ausstellungen und Schülerlaboren zu untersuchen. Die zentrale Frage liegt hier in der Perspektive auf die Authentizität (Braund & Reiss, 2006): Wie unterscheiden sich die Merkmale eines authentischen Bildes aus Sicht eines Nanowissenschaftlers und aus Sicht von Schülern bzw. Bürgern?

Das Hauptaugenmerk dieser Pilotstudie liegt auf der Frage: Wie können Merkmale eines authentischen Bildes, die in Interviews mit Nanoforschern gewonnen wurden, mit Hilfe einer Ausstellung in die Öffentlichkeit getragen werden? Ziel der hier gezeigten Vorstudie war es, die prinzipielle Umsetzung zu prüfen und erste Hinweise für weitere Optimierungen zu liefern.

Die Forschungsarbeit findet im Rahmen des Teilprojekts „Öffentlichkeitsarbeit“ des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Sonderforschungsbereich SFB 677 „Funktion durch Schalten“ statt. Dieses fächerübergreifende Forschungsprojekt auf dem Gebiet der Nanowissenschaften ist an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel angesiedelt. Physik, Chemie, Medizin, Zoologie und Materialwissenschaften arbeiten eng zusammen, um winzige molekulare Schalter und Maschinen zu entwickeln.

### **Befragung von Nanowissenschaftlern**

Um ein Bild zu bekommen, was Nanoforscher unter authentischer Wissenschaft verstehen, wurden Interviews mit acht Professoren bzw. Gruppenleitern aus Kiel und Helsinki durchgeführt. Dabei wurden die Personen so ausgewählt, dass ein für die Nanotechnologie typisch breites Fachspektrum (Physik, Chemie, Medizin, Zoologie und Materialwissenschaften) abgedeckt wurde. Die mit 16 Fragen strukturierten Interviews dauerten im Durchschnitt etwa eine Stunde.

### **Merkmale eines „authentischen Bildes“**

Aus den Interviews wurden die Merkmale herausgefiltert, die von den Wissenschaftlern als wesentlich erachtet wurden, um ein authentisches Bild der Nanoforschung zu zeichnen. Diese lassen sich grob in drei Kategorien einteilen:

- Persönlichkeit des Forschers (PM): Persönlichkeitsmerkmale / Charaktereigenschaften, Fachwissen
- Rahmenbedingungen der Forschung (RB): wissenschaftlicher Austausch, finanzielle Mittel
- Besonderheiten der Nanoforschung (NF): Interdisziplinarität, starker Anwendungsbezug, technologiegetriebene Forschung

### **Darstellung der Merkmale in der Ausstellung**

Mit Blick auf den geplanten Einsatzzweck der Ausstellung (Festival bzw. Einkaufszentrum mit entsprechend kurzen Verweilzeiten der Besucher) haben wir für die Vermittlung der Authentizitäts-Merkmale folgende Wege ausgewählt:



Abb.1: Die drei in der Ausstellung eingesetzten Vermittlungswege für die Merkmale

Die Hypothese, die mit der Hauptstudie untersucht werden soll, ist die abfallende Reihung der Vermittlungseffektivität [Forscher live (Meyer, 2011)] > [Video / Podcast (Moreno & Mayer, 2007)] > [Text & Bild]. In der hier präsentierten Vorstudie wurden nur die beiden extremen Varianten experimentell kontrastiert.

### Ausstellung

Die Ausstellung wurde fünf Tage auf der Kieler Woche 2013 im Zelt der Uni Kiel gezeigt. Sie war gleichzeitig Öffentlichkeitsarbeit für den Sonderforschungsbereich und Forschungsobjekt für die Vorstudie. Die Ausstellung war durchgehend mit einer/m Live-Forscher/in (Doktoranden/innen) und ein bis zwei Explainern (fachlich und didaktisch geschult) besetzt.



Abb. 2: Die eine Seite der Ausstellung (Bild links) zeigt die Grundlagen der Nanotechnologie, einige Anwendungen anhand von Alltagsprodukten sowie exemplarisch Chancen und Risiken der Nanotechnologie. Die andere Seite erklärt die Arbeit des Sonderforschungsbereichs und vermittelt anhand der ausgewählten Authentizitäts-Merkmale ein Bild der Nanoforschung. Im Vordergrund die Wissenschaftlerin bei einem Experiment.

### Besucherbefragung

Hauptziel der Befragung war es, die drei Vermittlungswege [Forscher live], [Video / Podcast], [Text & Bild] zu testen. Dazu wurden die Besucher in zwei Treatment-Gruppen aufgeteilt:

- PM-f: Die Merkmalgruppe „Persönlichkeit des Forschers“ wurde durch den Forscher vermittelt, die „Rahmenbedingungen“ durch Text und Bild.
- RB-f: Die Merkmalgruppe „Rahmenbedingungen“ wurde durch den Forscher vermittelt, die „Persönlichkeit des Forschers“ durch Text und Bild.
- Die Merkmalgruppe „Besonderheiten der Nanoforschung“ wurde über Video / Podcast vermittelt und während der Intervention konstant gehalten.

Die Besucher wurden aktiv angesprochen, bei der Verbesserung der Ausstellung zu helfen und gebeten, sich alle Bereiche inklusive dem Forscher in Ruhe anzusehen. Anschließend wurden mit einem Fragebogen das Vorwissen zur Nanotechnologie, generelles Feedback zur Ausstellung, die Verknüpfung zum Alltag sowie die Authentizitäts-Merkmale abgefragt.

## Ergebnisse

Als erste Pilotierung der Ausstellung wurden an fünf Tagen insgesamt 36 Personen (64% w) unter zwei Treatment-Bedingungen befragt. 50% der Teilnehmer hatten einen naturwissenschaftlichen Beruf bzw. Studium, diese sind gleichmäßig über die beiden Treatment-Gruppen verteilt. Daraus lassen sich folgende vorläufige Ergebnisse ableiten: Forschungsfrage 1: Welche Authentizitäts-Merkmale wissen Besucher nach der Tour durch die Ausstellung, welche eher nicht? Die befragten Besucher konnten aus der Kategorie „Besonderheiten der Nanoforschung“ am wenigsten Merkmale benennen, die Merkmale der Kategorien Persönlichkeit und Rahmenbedingungen wurden signifikant häufiger genannt.

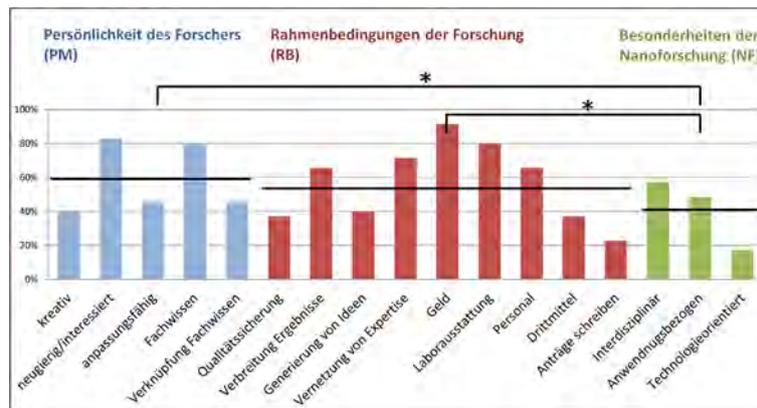


Abb. 3: Häufigkeit der von den Besuchern genannten Authentizitäts-Merkmale, gruppiert nach Kategorien (beide Treatment-Gruppen zusammengefasst).

Forschungsfrage 2: Gibt es Unterschiede im Wissen über Merkmale authentischer Nanoforschung zwischen den beiden Treatments? Die Treatment-Gruppe RB-f (Vermittlung der Rahmenbedingungen durch den Forscher) hat signifikant mehr Wissen im Bereich der Persönlichkeitsmerkmale (PM), was die Hypothese der Vermittlungseffektivität [Forscher live] > [Video / Podcast] > [Text & Bild] nicht stützt. Weitere Unterschiede zeigen sich nicht.

Aufgrund der kleinen Stichprobe und dem ungünstigen Testumfeld auf der Kieler Woche (viele Störfaktoren) dienen die Ergebnisse primär als Anhaltspunkt für die Entwicklung des Designs der Hauptstudie. Diese wird mittels systematischer Testung mit homogeneren Gruppen sowie Prä- und Posttest durchgeführt. Weiterhin sind wir dabei das modulare Grundkonzept der Ausstellung so weiterzuentwickeln, dass es in Schulen im Rahmen von schüler-kuratierten Ausstellungen eingesetzt werden kann.

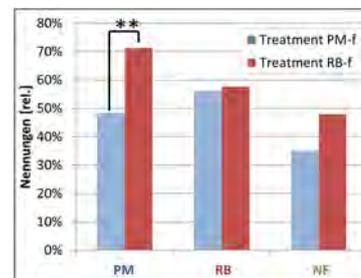


Abb. 4: relative Anzahl der Merkmalsnennungen, gruppiert nach Kategorie und Treatment.

## Literatur

- Braund, M., & Reiss, M. (2006). Towards a More Authentic Science Curriculum: The Contribution of Out-of-school Learning. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1373-1388.
- Meyer, M. (2011). Researchers on display: moving the laboratory into the museum. *Museum Management and Curatorship*, 26(3), 261-272.
- Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Interactive Multimodal Learning Environments, Special Issue on Interactive Learning Environments: Contemporary Issues and Trends. *Educ. Psychol. Rev.*, 19, 309-326.

**Treibhauseffekt und Co. im Chemieunterricht vermitteln – aber wie?!**

Schülerinnen und Schüler haben zahlreiche Probleme, Ursachen und Wirkungen des Treibhauseffekts, des sauren Regens und des stratosphärischen Ozonabbaus zu erklären und voneinander zu unterscheiden (u. a. Boyes & Stanisstreet, 1992). Das Entwicklungs-forschungsprojekt *Atmosphäre im Chemieunterricht* widmet sich daher der diagnose-geleiteten Entwicklung sowie der empirischen Evaluation von Lehr-Lernmaterial und geht dabei forschungsprogrammatisch entsprechend des Dortmunder Modells Fachdidaktischer Entwicklungsforschung (Prediger et al., 2012) vor. Gemäß den vier Arbeitsbereichen des Modells (Abb. 1) stellt der Beitrag bisherige Arbeitsschritte des Forschungsprojekts vor.

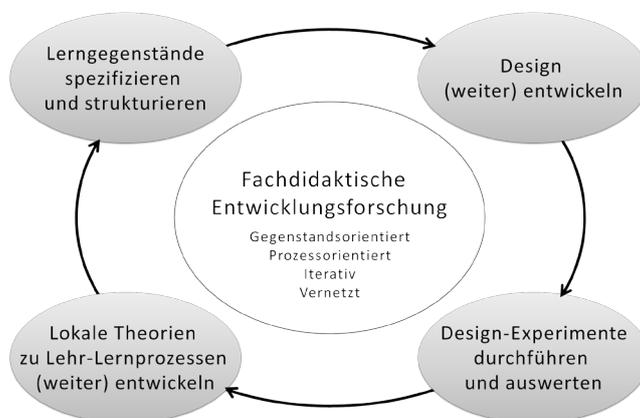


Abb. 1: Arbeitsbereiche des Dortmunder Modells (Prediger et al., 2012, S. 453)

**Lerngegenstände spezifizieren und strukturieren**

Im ersten Arbeitsbereich werden die Fragen nach den konkreten Lerngegenständen (Kernfrage *Was?*) und der Begründung (*Warum?*) aufgegriffen. Hierbei spielen sowohl der fachwissenschaftliche Hintergrund, gegenstandsübergreifende Bildungsziele und gegenstandsspezifische Lernziele als auch Erkenntnisse über Lernendenperspektiven eine Rolle. Im Projekt *Atmosphäre im Chemieunterricht* wird eine bessere Vermittlung des Treibhauseffekts, des sauren Regens und des stratosphärischen Ozonabbaus im Chemieunterricht der Sekundarstufe I angestrebt. Diese Themen werden in Kerncurricula vorgeschlagen (z. B. Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008) und können zudem zur Kompetenzentwicklung des fachübergreifenden Bildungsziels *Bildung für nachhaltige Entwicklung* (Haan & Harenberg, 1999) als Problemstellung aufgegriffen werden.

Obwohl also davon ausgegangen werden kann, dass die atmosphärischen Phänomene Gegenstand des Unterrichts sind, belegen Studien zahlreiche Probleme Lernender, die Phänomene wissenschaftlich belastbar zu beschreiben und insbesondere voneinander zu unterscheiden (z. B. Boyes & Stanisstreet, 1992; Harsch, Estay & Barke, 2011). Auf Basis einer eigenen Interviewstudie kann zudem ergänzt werden, dass Lernende bezüglich der Lernvoraussetzungen Alternativvorstellungen haben, insbesondere zum Aufbau und zur Zusammensetzung der Atmosphäre sowie zu den atmosphärischen Vorgängen Emission, Transmission und Deposition von Luftschadstoffen (Roßbegalle & Ralle, 2013).

Wir schlagen vor, dass die Vermittlung von Treibhauseffekt, saurem Regen und stratosphärischem Ozonabbau nicht voneinander getrennt, sondern im Rahmen der Behandlung von Vorgängen in der Atmosphäre gemeinsam und auf Basis eines kohärenten Verstehens- und Differenzierungsansatzes erfolgen sollte. Dies bedeutet, die Phänomene anhand (1) der beteiligten Stoffe, (2) der Natur des Prozesses und (3) der beteiligten Kompartimente der Atmosphäre zu kontrastieren.

### **Design (weiter-) entwickeln**

In diesem Arbeitsbereich wurde die Frage nach dem *Wie?* der Vermittlung aufgegriffen und fünf Lehr-Lernarrangements erstellt. Der Entwicklung erfolgte unter Berücksichtigung von empirischen als auch theoretischen Erkenntnissen zu (1) Bedingungen und Wirkungsweisen sowie (2) Lernverläufen und typischen Hürden. In Anlehnung an die Vorgehensweise im Projekt *Childrens' Learning in Science* (Scott & Driver, 1994) sollen Lernende in den Arbeitsprozessen zunächst ihre Präkonzepte explizieren, bevor sie die Phänomene in verschiedenen Lehrmaterialien kennenlernen und die Inhalte dann in Kleingruppen kollaborativ rekonstruieren. Nach einem Vergleich von Vor- und rekonstruiertem Wissen folgt eine Transferaufgabe, in der Alternativvorstellungen in Peer-Aussagen identifiziert und korrigiert werden sollen (*Think/Share – Acquire – Compare – Transfer* Ansatz).

Besonderer Wert wurde auf die Gestaltung eigener Visualisierungen (u. a. Flash<sup>®</sup>-Animationen) gelegt, welche die Dynamiken der atmosphärischen Phänomene dynamisch darstellen. Dies ergab sich aus der Erkenntnis, dass gebräuchliche Abbildungen, wie sie in Schulbüchern und im Internet zu finden sind, meist Abgasschichten (statt fein verteilter Moleküle) und eine Reflexion von Infrarotstrahlung (statt Absorption und ungerichteter Emission) symbolisieren. Es ist explizites Ziel der Design-Entwicklung, dass Lehrmaterialien nicht selbst zur Quelle von Alternativvorstellungen werden (vgl. Eilks, Witteck & Pietzner, 2010).

### **Design-Experimente durchführen und auswerten**

Die entwickelten Materialien wurden im dritten Arbeitsbereich in zwei iterativen Zyklen in drei bzw. zwei Kleingruppen mit jeweils zwei oder drei Lernenden (Gymnasium und Gesamtschule, 14 bis 17 Jahre alt) erprobt. In diesen so genannten Design-Experimenten arbeiteten die Lernenden in einem Nebenraum des Klassenraums (in der ersten Erhebungsphase) oder in der Universität (Seminarraum und Labor, in der zweiten Erhebungsphase). Von den Lernsituationen liegen sowohl Videoaufnahmen als auch bearbeitete Arbeitsblätter der Schülerinnen und Schüler vor.

In einem ersten Analyseschritt wurden zunächst diejenigen Phasen der Design-Experimente, in welchen sich die Lernenden mit Treibhauseffekt, saurem Regen und stratosphärischem Ozonabbau beschäftigen, von zwei Ratern auf Basis eines Event-Samplings mit MAXQDA11 identifiziert. Ebenso wurden Memos zur Identifizierung von Schwierigkeiten in den Lernprozessen erstellt. In einem zweiten Schritt werden diese Sequenzen transkribiert und kategoriengeleitet ausgewertet (Mayring, 2010).

Basierend auf den Ergebnissen der ersten Analyse lässt sich festhalten, dass die Präkonzepte Lernender aus der Literatur (s. o.) bekannte Alternativkonzepte enthielten. Jedoch waren die Lernenden durch die Erarbeitung in der Lage, wissenschaftlich nicht belastbare Fakten in ihren Vorstellungen durch belastbare zu ersetzen. Zudem konnte in vielen Fällen beobachtet werden, dass sie Alternativkonzepte in den Transferaufgaben identifizieren und korrigieren konnten. Diese Tatsache deutet darauf hin, dass die vorliegenden Alternativkonzepte nicht besonders tief bei den Schülerinnen und Schülern verankert sind. Der gewählte Vermittlungsansatz wird entsprechend als grundsätzlich geeignet bewertet.

Es konnten jedoch auch Lernschwierigkeiten ausgemacht werden, welche insbesondere die Handhabung des Strahlungsbegriffes (z. B. Verwechslung von UVA-Strahlung und Licht), den Strahlungshaushalt des Systems Weltall-Atmosphäre-Erde (Konzept einer „Strahlen-

falle“, vgl. Niebert, 2010) und auch fachsprachliche Korrektheit (beim Umgang mit chemischen Reaktionsgleichungen) betreffen.

### **Lokale Theorien zu Lehr- und Lernprozessen entwickeln**

Erste Elemente einer lokalen Lehr-Lerntheorien werden von den in der Empirie beobachteten Lernprozessen vor dem Spiegel der intendierten Ziele und Hürden gebildet (vgl. Prediger et al., 2012, S. 455). Diesbezüglich lässt sich festhalten, dass Lernende grundsätzlich mit den Lehr-Lernmaterialien intendierte Inhalte rekonstruieren können. Hierbei können jedoch Schwierigkeiten auftreten, die teilweise durch Präkonzepte bedingt sind. Positive Wirkungen sind auf die Animationen zurückzuführen, insbesondere die Visualisierungen auf submikroskopischer Ebene. Beispielsweise zeigte sich hier, dass das Zurückführen der Phänomene auf Transmission bestimmter Moleküle der bekannten Alternativvorstellung einer „Abgas-schicht“ entgegenwirken kann.

### **Fazit und Ausblick**

Weitere Bedingungen und Wirkungen sowie Probleme in den Lernprozessen sind nun in der Feinanalyse des Materials (zweiter Analyseschritt, s. o.) herauszustellen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sollen zu einer Weiterentwicklung des Materials und zur Ausschärfung der bisher noch recht groben lokalen Lehr-Lerntheorie beitragen.

Für einen Einsatz im Schulunterricht ist das Lehr-Lernmaterial noch weiter aufzubereiten, wobei es um adäquate Schülerexperimente ergänzt werden sollte. Um Aussagen über eine langfristige Wirkung der Arbeit mit den erstellten Materialien oder einen Vergleich mit herkömmlichen Darstellungen treffen zu können, bedarf es zudem anderer Untersuchungsansätze.

### **Literatur**

- Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1992). The 'Greenhouse Effect': children's perceptions of causes, consequences and cures. *International Journal of Science Education*, 15(5), 531-552.
- Eilks, I., Witteck, T., & Pietzner, V. (2010). Multimedia aus dem Internet. Motivierend, aber auch immer lernförderlich? *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 59(4), 31-33.
- Haan, G. de, & Harenberg, D. (1999). *Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Gutachten zum Programm*. Bonn: BLK, Geschäftsstelle.
- Harsch, N., Estay, C., & Barke, H.-D. (2011). Treibhauseffekt, Ozon und Saurer Regen. Wissensstand und Fehlvorstellungen deutscher und spanischer Schüler. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 60(3), 20-26.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 11. Aufl. Weinheim: Beltz.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2008). *Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen - Chemie*. Frechen: Ritterbach.
- Niebert, K. (2010). *Den Klimawandel verstehen. Eine didaktische Rekonstruktion der globalen Erwärmung*. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hußmann, S., Ralle, B., & Thiele, J. (2012). Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen. *Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell*. MNU, 65(8), 452-457.
- Roßbegalle, T., & Ralle, B. (2013). Konzepte Lernender zu Zusammensetzung und Dynamiken der Atmosphäre. Erste Ergebnisse einer Interviewstudie und Konsequenzen für eine didaktische Strukturierung des Lerngegenstandes. In S. Bernholt (Hg.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Kiel: IPN, 668-670.
- Scott, P., & Driver, R. (1994). Schülerinnen und Schüler auf dem Weg zum Teilchenmodell. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 5(22), 24-31.

### **Komplexe Verstehensprozesse im Chemieunterricht Alte Stolpersteine neu beleuchtet**

„Vielleicht ist im  $\text{Cu}_2\text{O}$  zwischen dem  $\text{CuO}$  auch mal elementares Kupfer drin. Das würde schließlich auch erklären, warum  $\text{Cu}_2\text{O}$  rötlich und  $\text{CuO}$  grau-schwarz ist.“ (Julian, Jgst. 9)

Diese Schüleraussage tauchte in einer Lernumgebung auf, in der nach der Beschäftigung mit der Reduktion von schwarzem Kupfer(II)oxid durch Wasserstoff erklärt werden sollte, wie die Lernenden sich die Zusammensetzung von rotem Kupfer(I)oxid vorstellen. Bei obiger Aussage fällt auf, dass der betreffende Schüler bei seiner Erklärung die makroskopischen Eigenschaften des Kupfers (besonders die rötliche Farbe) auch auf die submikroskopische Ebene der Kupferatome bezieht, so soll nämlich die rote Farbe des  $\text{Cu}_2\text{O}$  erklärt werden. Johnstone (2000) beschreibt drei Repräsentationsebenen der Erfassung chemischer Zusammenhänge und weist auf die Schwierigkeiten hin, welche durch einen für die Lernenden nicht nachvollziehbaren Wechsel zwischen den Ebenen entstehen können. Diese Ebenenwechsel sind vor allem dann nötig, wenn sich Schülerinnen und Schüler durch Experimente oder Beobachtungen quantitative Beziehungen in chemischen Verbindungen herleiten und diese beispielsweise mit Summenformeln systematisieren sollen. Hierbei muss der Wechsel zwischen allen drei Ebenen erfolgen und die Lernenden müssen Erkenntnisse und Wahrnehmungen auf der Makro-Ebene auf Veränderungen in der Submikro-Ebene beziehen und diese mit Hilfe von mathematischen Berechnungen als Summenformel auf der Repräsentationsebene beschreiben. Werden diese Schritte im Vorgehen nicht nachvollziehbar angeleitet, bzw. erklärt, entwickeln Schülerinnen und Schüler alternative Erklärungskonzepte, bei denen häufig Eigenschaften fälschlicherweise von einer auf andere Ebenen übertragen werden (Berkel, 2009) und es ergeben sich Hürden im Lernprozess. Schmidt (1990) bezeichnet diese Schwierigkeiten im Lehrstoff, mit denen die unterschiedlichen Lernenden individuell umgehen, als Stolpersteine. Einige Schülerinnen und Schüler werden durch den Unterricht, das Material oder die Ausführungen der Lehrkraft in ausreichendem Maß unterstützt, um sich aufbauend auf ihrem Vorwissen die neuen Inhalte zu erarbeiten, bzw. zu konstruieren (Maier & Steinbring, 1998). In vielen Fällen übernehmen diese Lernenden auch die Vorgehensweise aus dem Lehrbuch bzw. aus der Erklärung der Lehrkraft. Andere Schülerinnen und Schüler sind nicht in der Lage, diese Strategie zu übernehmen oder können mit dieser Arbeitsweise nicht genügend gut umgehen, entwickeln aber eine individuelle, häufig ebenso zielführende Strategie. Diese Strategie ist oft mit anderen kognitiven Anforderungen verbunden (Wentura & Frings, 2013), wenn zum Beispiel Aufgaben eher mathematisch als chemisch durchdacht und gelöst werden. Häufig sind Lernende aber auch gar nicht in der Lage, die Lösungsstrategie aus dem Unterricht zielführend aufzugreifen. Die von der Lehrkraft vorskizzierte Lösungsstrategie ist diesen Schülern nicht zugänglich, sie sind aber auch nicht in der Lage, diese Strategie für ihre individuellen kognitiven Anforderungen zu adaptieren. Da aber auch diese Lernenden – besonders im Fall von alltäglichen Problemen – eine Erklärung benötigen, werden häufig Erklärungen konstruiert, die bekanntes Wissen in einer Weise mit dem Problem verknüpfen, dass Fehlvorstellungen entstehen und sich auch festigen können (Taber, 2002; Barke, 2006).

#### **Fachdidaktische Entwicklungsforschung mit iterativen Design Experimenten**

Das Design der Studie ist eingebettet in das fachübergreifende Doktorierendenkolleg ‚FUNKEN‘ an der TU Dortmund und schließt sich darin der lernprozessfokussierenden Fachdidaktischen Entwicklungsforschung an (Prediger et al., 2012). In diesem Konzept

werden ausgewählte fachliche Lerngegenstände im ersten Schritt spezifiziert und strukturiert, um so das bekannte didaktische Wissen unter Berücksichtigung der Lernendenperspektiven in den Prozess einzubeziehen. Auf Basis dieser Zusammenstellung wird ein passendes Design, also ein konkretes Lehr-Lern-Arrangement entwickelt, bei dem besonders Punkte wie Handlungsorientierung und authentische Kommunikationsanlässe für die Entwicklung leitend sind. Zudem liegt ein Schwerpunkt auf der kreativen Entwicklung der Lerngelegenheiten, basierend auf der entsprechenden lokalen fachdidaktischen Theorie. Die vollständig ausgearbeiteten Lehr-Lern-Arrangements werden in den sogenannten ‚Design Experimenten‘ (Cobb et. al., 2003) mit Schülerinnen und Schülern mehrfach erprobt. Hierbei kann untersucht werden, ob und welche Lernprozesse tatsächlich durch das Arrangement angeregt werden. Die beobachteten Lernprozesse werden auf Basis der durch das Design angedachten Lernziele analysiert und zu einer weiter entwickelten lokalen Lehr-Lern-Theorie zusammengefasst. Diese lokale Theorie ist Grundlage für weitere Anpassungsprozesse, bei denen das bisherige Design iterativ an „neu“ beobachtete Hürden und Lernendenperspektiven angepasst oder fokussiert wird – ein neuer Entwicklungszyklus wird durchlaufen.

### **Lernpfad**

Zur Analyse der Verstehensprozesse bei Schülerinnen und Schülern und zur simultanen Entwicklung von unterstützenden Materialien für den Unterricht wurden verschiedentlich Lernwege von Schülern untersucht (z. B. Fach, 2007; von Aufschnaiter & Rogge, 2010). In Anlehnung an diese Vorarbeiten wurde die Methode einer Lernpfadanalyse als ein mehrstufiges Untersuchungsinstrument entwickelt, mit dem lernereigene Herangehensweisen sichtbar gemacht und gleichzeitig zielführende Strategien für die Entwicklung von Hilfestellungen im Unterricht herausgefiltert werden können.

In Abgrenzung und in Ergänzung zu bekannten Lernwegeuntersuchungen, wird der Lernpfad im vorliegenden Projekt als Flussdiagramm verstanden und dargestellt, welches in der ersten Phase alle Arbeits- und Verstehensprozesse beinhaltet, die ein angesehener „idealer“ Schüler (Experte) (Kiesel & Koch, 2012) beim Bearbeiten eines Lern-Arrangements unter Berücksichtigung des jeweils vorhandenen unterrichtlichen Vorwissens durchlaufen würde. Es werden also nur solche Teilprozesse der Bearbeitung in diesem – von uns als Experten-Lernpfad bezeichneten – Lösungsweg berücksichtigt, die im vorangegangenen Unterricht gelernt werden konnten. Das Vorwissen, über welches der ideale Schüler in diesem Lern-Arrangement verfügt, wird als gesonderte und am Rande des Pfades angelegte Kategorie aufgezeigt, da es sich oftmals auf mehr als einen einzelnen Arbeitsschritt, vielmehr auf einen ganzen Cluster von Items bezieht. Damit ist der Expertenlernpfad so gestaltet, dass die Erwartungen der Lehrkraft eingelöst werden, das heißt, die Fähigkeiten sind optimal ausgeprägt, das Vorwissen ist lückenlos und der Experte unterliegt keinen Fehlvorstellungen.

Die Analyse der beobachteten und transkribierten Schüleräußerungen und -handlungen führt zur Erstellung von Probanden-Lernpfaden. Die im Vergleich zum Experten-Lernpfad identifizierten Abweichungen, z. B. fehlende bzw. zusätzliche Schritte oder eine geänderte Reihenfolge der Lösungsschritte, können zu Kategorien zusammengefasst und interpretiert sowie aus der Lernumgebung heraus begründet werden. Hierbei muss ein sich möglicherweise herausstellender Lösungstyp bzw. die Abgrenzung zwischen verschiedenen Typen intersubjektiv nachvollziehbar sein, damit die Validität innerhalb der Typologie gewahrt bleibt (Bohnsack, 2007). Besonders interessant aus fachdidaktischer Perspektive sind Typen von Abweichungen, in denen die Lernenden eine aus dem Unterricht vorgegebene Strategie durch eine individuelle Herangehensweise ersetzen und damit Erfolg haben.

### Erste Untersuchungen im Rahmen von Design-Experimenten

Bei den Lernprozessuntersuchungen zur Reduktion verschiedener Kupferoxide mit Hilfe dieser Vorgehensweise haben wir im Rahmen von Design-Experimenten mit insgesamt neun Schülerinnen und Schülern drei verschiedene Lerner-Strategie-Typen zur Berechnung der Masse des Kupfers, das durch Reduktion aus 1g Kupfer(II)oxid gewonnen werden kann, identifizieren können. Exemplarisch soll hier eine Lerner-Strategie vorgestellt werden, die den chemischen Bezug durch mathematische Überlegungen weitestgehend ersetzt:

*„Ich habe 1g CuO, dann muss ich das eine Gramm doch einfach auf 80 Teile verteilen. Etwa 64 Teile sind dann Kupfer und 16 Teile sind Sauerstoff. Das macht dann  $(1g : 80) \cdot 64 = 0,8g$  Kupfer. Also stecken in einem Gramm CuO etwa 0,8g Kupfer.“ (Sabine, Jgst. 10)*

Im Vergleich zum Lösungsweg aus dem Expertenpfad, der sich hier an dem Vorgehen aus Chemieschulbüchern orientiert, fällt zunächst auf, dass der Zahlenwert der molaren Masse von CuO auf 80 bestimmt wird, allerdings wird dieser Zahl weder ein Kontext zugewiesen, noch die gewünschte Einheit „g/mol“. Anstelle der Formel  $m=n \cdot M$  nutzt die Schülerin hier Bruchteile, die in ihren Zahlenwerten den gerundeten molaren Massen der vorkommenden Elemente entsprechen. Durch geschicktes Abschätzen und Runden der Literaturwerte (angegeben waren  $m(\text{Cu})=63,6\text{g/mol}$  und  $m(\text{O})=16\text{g/mol}$ ) ist es der Schülerin im Beispiel gelungen, ohne explizites Erwähnen des Molbegriffs und ohne mit den entsprechenden Einheiten umzugehen, das korrekte Ergebnis zu berechnen.

Jede Strategie stellt andere kognitive Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler. So ist es denkbar, dass beispielsweise die eher mathematische Strategie anderen mathematisch-interessierten Lernenden helfen kann, sich dem chemischen Problem zu nähern. Schließlich geht man davon aus, dass neue Informationen wesentlich einfacher verarbeitet werden können, wenn sie schon bekannten Schemata zugeordnet werden können (Sweller, 2005). Ein wünschenswertes Ziel wäre es, den Lernpfad vor diesem Hintergrund als Werkzeug für gezielte Hilfestellungen weiterentwickeln zu können.

### Literatur

- von Aufschnaiter, C., & Rogge (2010). Misconceptions or Missing Conceptions? Eurasia Journal of Mathematic, Scientific & Technical Education, 6(1), 3-18.
- Barke, H.-D. (2006). Chemiedidaktik. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Berkel, B. (2009). Micro-Macro Thinking in Chemical Education. In J.K. Gilbert & D. Treagust (Eds.), Multiple Representations in Chemical Education, Springer Science+Business.
- Bohnsack, R. (2007). Rekonstruktive Sozialforschung. Stuttgart: Verlag Barbara Budrich.
- Cobb, P., Confrey, J., Disessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. Educational Researcher, 32(1), 9-13.
- Fach, M. (2007). Stöchiometrisches Rechnen im Chemieunterricht. Tönning: Der Andere Verlag.
- Johnstone, A. (2000). Teaching of Chemistry – logical or psychological? Chemistry Education: Research and Practice in Europe, 1(1), 9-15.
- Kiesel, A., & Koch, I. (2012). Lernen. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Maier, H., & Steinbring, H. (1998). Begriffsbildung im alltäglichen Mathematikunterricht - Darstellung und Vergleich zweier Theorieansätze zur Analyse von Verstehensprozessen. Journal der Mathematikdidaktik, 19(4).
- Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hußmann, S., Ralle, B., & Thiele, J. (2012). Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen. MNU, 65(8), 452-457.
- Schmidt, H.-J. (1990). Stolpersteine im Chemieunterricht. Frankfurt am Main: Diesterweg.
- Sweller, J. (2005). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In R. Meyer (Ed.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. Cambridge University Press.
- Taber, K. (2002). Chemical misconceptions. Vol. 1. London: Royal Society of Chemistry.
- Wentura, D., & Frings, C. (2013). Kognitive Psychologie. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

## Konzepte über elektrische und magnetische Felder in der Sekundarstufe II

### Einleitung

Felder ganz allgemein und elektrische bzw. magnetische Felder im Speziellen sind grundlegende Konzepte in der modernen Physik. Zahlreiche internationale Studien (z. B. Albe et al., 2001; Demirci, 2006; Furió et al., 2004; Guisasola et al., 2004; Maloney et al., 2001; Pocovi & Finley, 2002; Pocovi, 2007) zeigen jedoch, dass die Konzepte von Lernenden stark von physikalischen Vorstellungen abweichen. Auf Grund der unterschiedlichen Bildungslandschaften können die Ergebnisse der internationalen Studien nicht direkt auf Österreich übertragen werden. Die zentralen Forschungsfragen lauten daher:

- Welche Vorstellungen haben österreichische Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II über elektrische und magnetische Felder vor und nach entsprechendem Unterricht?
- Welche Übereinstimmungen lassen sich mit den in der Literatur beschriebenen Studienergebnissen finden?

### Methodik

Die Konzepte der Schülerinnen und Schüler wurde mit einem Fragebogen erhoben. Dafür wurden geeignete Aufgaben aus evaluierten Testformaten, wie BEMA (Chabay & Sherwood, 2006), CSEM (Maloney et al., 2001) und ECT (Bilal & Erol, 2009) entnommen und adaptiert. Ergänzt wurde diese mit Beispielen aus anderen Studien und einem Schulbuch. Die Stichprobe bestand aus 305 Schülerinnen und Schüler aus 5 verschiedenen Realgymnasien in Oberösterreich. 157 (64 ♂ und 93 ♀) Probanden waren aus 10. und 11. Schulstufe (vor Unterricht ... Vor UR) und 148 (69 ♂ und 79 ♀) aus 11. und 12. Schulstufe (nach Unterricht ... Nach UR).

### Ergebnis und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Konzepte der Schülerinnen und Schüler stark von physikalischen Vorstellungen abweichen.

Tab. 1: Richtige Antworten in Prozent. Zahl in Klammer zeigt die Nummer der Aufgabe an

	Vor UR	Nach UR
Ladungsverteilung auf einem Leiter (1)	28%	31%
Ladungsverteilung auf einem Isolator (2)	14%	20%
Ursache der Kraftwirkung eines geladenen Körpers auf einen Isolator (9)	5%	15%
3. Newtonsches Gesetz beim elektrischen Feld (4)	8%	10%
3. Newtonsches Gesetz beim magnetischen Feld (25)	14%	21%
Magnetische Kraftwirkung auf dem Mond (21)	32%	51%
Bedingung für die Kraftwirkung auf ein Teilchen in einem elektrischen Feld (10)	55%	57%
magnetischen Feld (27)	11%	11%
Kraftwirkung eines magnetischen Feldes auf ein geladenes, ruhendes Teilchen		
Kompass (24)	17%	18%
2 Magnete (26)	8%	5%

Besonders betrifft dies die Beweglichkeit von Ladungen auf Leitern und Isolatoren, die Kraftwirkung von Feldern auf Isolatoren, das Wechselwirkungsgesetz im Zusammenhang mit elektrischen und magnetischen Feldern und die Kraftwirkung von magnetischen Feldern (siehe Tabelle 1).

### Ladungsverteilung und Polarisation

Wie in Tabelle 1 ersichtlich, ist das Wissen über die Verteilung einer zusätzlichen Ladungsmenge auf einem Leiter und einem Isolator nicht sehr ausgeprägt. Viele behandeln Isolatoren so wie Leiter, wenn es um die Beweglichkeit von Ladungen geht. Diese Vorstellung wurde auch in den Studien von Maloney et al. (2001) oder Demirci (2006) gefunden. Auch die Kraftwirkung eines geladenen Körpers auf einen Isolator bereitete große Schwierigkeiten. Es dominiert die Vorstellung, dass es keine Kraftwirkung gibt. Bestätigt wird dies auch durch Interviews, bei denen nur wenige Schülerinnen und Schüler die Ursache für die Kraftwirkung auf einen Isolator angeben konnten.

### Wechselwirkungsgesetz

Das 3. Newtonsche Gesetz wird im Kontext mit elektrischen und magnetischen Feldern oft nicht beachtet (siehe Abb. 1). Diese Beobachtung deckt sich mit den Ergebnissen von anderen Studien (z. B. Maloney et al., 2001; Demirci, 2006; Bilal & Erol, 2009). Die meisten Lernenden sind der Meinung, dass von zwei geladenen Körpern jener, der die größere Ladungsmenge hat, auch die größere Kraft ausübt. Analoges gilt auch für magnetische Felder. Bei Aufgabe 4 (siehe Abb. 1) wurde häufig die Antwort a gewählt. Dies könnte ein Indiz dafür sein, dass die Vektordarstellung von Kräften missinterpretiert wird.

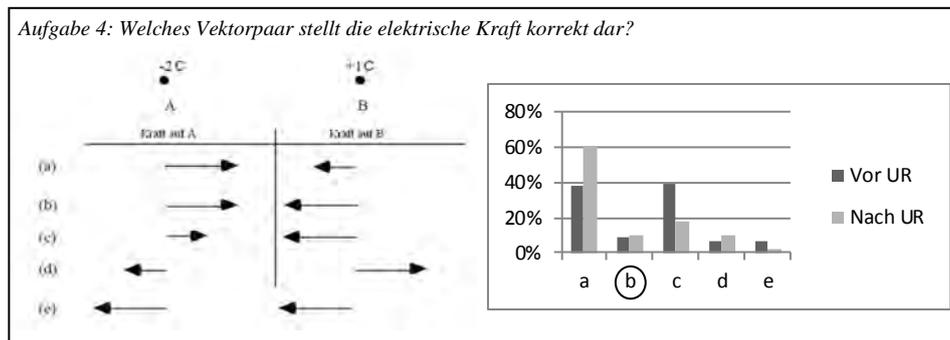


Abb. 1: Aufgabenstellung und Ergebnis in Prozenten für Item 4. Die richtige Antwort ist durch den Kreis markiert.

### Magnetismus

Gerade beim Thema Magnetismus konnten zahlreiche hinderliche Alltagsvorstellungen identifiziert werden. Konnte mehr als die Hälfte der Befragten die richtigen Bedingungen für die Kraftwirkung eines elektrischen Feldes nennen, so gelang dies im Falle des magnetischen Feldes nur einem kleinen Prozentsatz (siehe Tab. 1). Viele der Befragten halten die Bewegung des Teilchens für nicht notwendig. Daher sind die Ergebnisse von Aufgabe 24 und 26 (siehe Tab. 1 und Abb. 2) nicht überraschend. Es überwiegt die Vorstellung, dass Magnetfelder auch auf unbewegte Ladungen wirken in Analogie zu elektrischen Feldern. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von anderen Studien (z. B. Maloney, 1985; Maloney et al., 2001; Guisasola et al., 2004). Die Vorstellung, dass die Kraftwirkung über größere Distanzen ein Übertragungsmedium benötigt und die Erde eine besondere Stellung einnimmt, zeigen das Ergebnis von Aufgabe 21. Die Schülerinnen und

Schüler schnitten etwas besser ab als in der Untersuchung von Bar und Zinn (1998). Dennoch sind nur 32% bzw. 51% der Meinung, dass ein Magnet am Mond funktioniert.

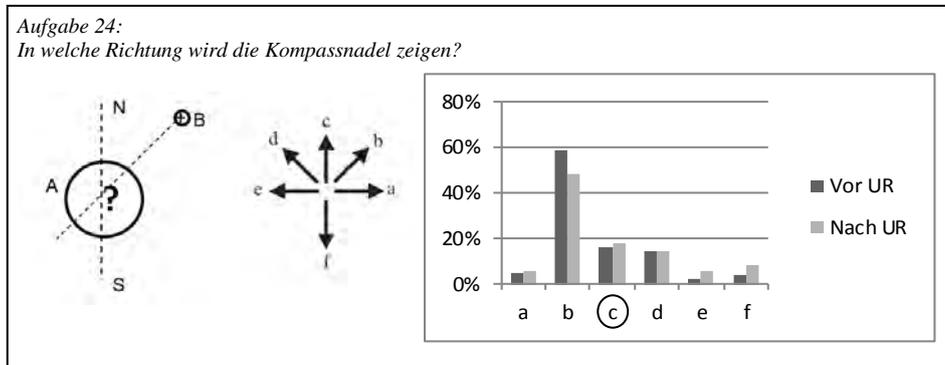


Abb. 2: Aufgabenstellung und Ergebnis in Prozenten für Item 24.

Trotz der unterschiedlichen Bildungslandschaften decken sich die Vorstellungen mit jenen anderer internationaler Studien. Sie treten sogar in stärkerer Ausprägung auf. Im Gegensatz zu den anderen Studien konnten wir nur eine geringe Steigerung bei der Befragung nach dem Unterricht über elektrische und magnetische Felder feststellen. Ein starker Hinweis darauf, dass der traditionelle Unterricht die Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler nur geringfügig beeinflusst und die Entwicklung physikalischer Konzepte zu wenig unterstützt.

Daher werden im nächsten Schritt semistrukturierte Interviews zur genaueren Diagnose der kognitiven und affektiven Voraussetzungen durchgeführt. Von diesen gibt es aber nur erste Vorergebnisse, da sie noch im Gange sind und eine genaue Auswertung daher noch nicht durchgeführt wurde. Aufbauend auf den Ergebnissen des Fragebogens und der Interviews versuchen wir Interventionen zu erarbeiten, die Lernende dabei unterstützen sollen, physikalisch angemessene Vorstellung zu entwickeln. Die Wirksamkeit dieser Interventionen wird empirisch mit Akzeptanzbefragungen überprüft.

#### Literatur

- Albe, V., Venturini, P., & Lascours, J. (2001). Electromagnetic Concepts in Mathematical Representation of Physics. *Journal of Science Education and Technology*, 10(2), 197-203.
- Bar, V., & Zinn, B. (1998). Similar Frameworks of Action-at-a-Distance: Early Scientists' and Pupils' Ideas. *Sci & Educ*, 7(5), 471-491.
- Bilal, E., & Erol, M. (2009). Investigating Students' Conceptions of Some Electricity Concepts. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(2), 193-201.
- Chabay R., & Sherwood B. (2006). Brief Electricity and Magnetism Assessment. <http://www.compadre.org/per/items/detail.cfm?ID=3775> (Stand: 07.2012).
- Demirci, N. (2006). Students' Conceptual Knowledge about Electricity and Magnetism and Its Implications: An Example of Turkish University. *Science Education International*, 17(1), 49-64.
- Furió, C., Guisasola, J., & Almudí, J. M. (2004). Elementary Electrostatic Phenomena: Historical Hindrances and Student's Difficulties. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4(3), 291-313.
- Guisasola, J., Almudí, J. M., & Zubimendi, J. L. (2004). Difficulties in learning the introductory magnetic field theory in the first years of university. *Sci. Ed.*, 88(3), 443-464.
- Maloney, D. P. (1985). Charged Poles? *Physics Education*, 20(6), 310-316.
- Maloney, D. P., O'Kuma, T. L., Hieggelke, C. J., & van Heuvelen, A. (2001). Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *Phys. Educ. Res., Am J. Phys. Suppl.*, 69(7), 12-23.
- Pocovi, M. C. (2007). The effects of a history-based instructional material on the students' understanding of field lines. *J. Res. Sci. Teach.*, 44(1), 107-132.
- Pocovi, M. C., & Finley, F. (2002). Lines of Force: Faraday's and Students' Views. *Sci & Educ*, 11(5), 459-474.

Sören Podschuweit<sup>1</sup>  
 Sascha Bernholt<sup>1</sup>  
 Maja Brückmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel  
<sup>2</sup>PH Zürich

## Kontextabhängige Kompetenzentwicklung im Themenbereich Energie

### Theoretischer Hintergrund

In der fachdidaktischen Kompetenzforschung werden zunehmend Komplexitätsmodelle verwendet, um das Anforderungsniveau sowohl von Testaufgaben, als auch des Unterrichtsgeschehens insgesamt zu charakterisieren (v. Aufschnaiter & v. Aufschnaiter, 2003; Bernholt, Parchmann & Commons, 2009; Kauertz et al., 2010; Lau, 2011). Dabei zeigte sich, dass die Komplexität von Testaufgaben prädiktiv für die entsprechende Leistung von Lernenden in einem Test ist (Kauertz, 2008; Bernholt, 2010). Aktuelle Ergebnisse aus dem Projekt VIKOM (Videobasierte Komplexitätsentwicklung, Brückmann & Bernholt, 2013) deuten zudem auf einen Zusammenhang zwischen der Komplexität der Äußerungen von SchülerInnen im tatsächlichen Unterrichtsgeschehen und deren Leistungszuwachs hin (Podschuweit, Bernholt & Brückmann, in Vorb.). Es wurde jedoch gleichsam deutlich, dass die Komplexitätsentwicklung in hohem Maße von Unterrichtsthema und -kontext abhängig und insbesondere eine individuelle Kompetenzentwicklung in Anbetracht der zahlreichen unkontrollierbaren Faktoren des Realunterrichts nur schwierig nachzuzeichnen ist.

Dementsprechend untersucht das hier vorgestellte Promotionsprojekt die individuelle Kompetenzentwicklung in Abhängigkeit vom thematischen Kontext. Es wird der Frage nachgegangen, welche Art von Kontexten sich für den Verständnisaufbau bezüglich des naturwissenschaftlichen Basiskonzeptes *Energie* als förderlich erweist. Im Gegensatz zu anderen Studien im Bereich Kontextforschung, die überwiegend auf Grundlage des affektiven Potentials kontextbasierter Lernumgebungen argumentieren (van Vorst, 2013; Fechner & Kauertz, 2013), stellt ein explizit kognitionspsychologischer Ansatz aus der *Conceptual Change* Forschung die Grundlage dieser Arbeit dar.

Die *Conceptual Change* Forschung untersucht im Allgemeinen die Entwicklung von *intuitiven* hin zu *elaborierten*, am aktuellen Stand der Wissenschaft orientierten, kognitiven Strukturen (vgl. Vosniadou, 2008). DiSessa (z. B. 1988, 2008), als einer von zahlreichen Vertretern der Disziplin, postuliert zwei fundamentale mentale Entitäten, die bei der Ausbildung kognitiver Strukturen von Bedeutung sind – *phenomenological primitives* (p-prims) und *coordination classes* (cc). Erstere beschreiben in diesem Zusammenhang intuitive, mechanistische Prinzipien, die zumeist aus Beobachtungen resultieren (z. B. „Große Dinge sind schwerer“); letztere stellen hingegen komplexere kognitive Repräsentationen von konzeptuellen Zusammenhängen dar (z. B. der physikalische Kraftbegriff). Beide Entitäten liegen bezüglich eines bestimmten Inhaltsbereiches häufig simultan vor und können einander behindern. DiSessa (2008) betont zudem, dass diese Formen der kognitiven Repräsentation sensitiv für den jeweiligen Anwendungskontext sind und nicht als konsistente, theorieartige Gebilde vorliegen (vgl. diSessa & Wagner, 2005). Die breite Anwendbarkeit eines bestimmten Konzeptes, welche im Rahmen des output-orientierten deutschen Bildungssystems als Zielperspektive schulischen Lernens fixiert ist (KMK, 2005), wird demzufolge eher erreicht, wenn naturwissenschaftliche Konzepte in einer möglichst großen Anzahl von Anwendungskontexten zum Einsatz kommen.

Inwiefern diese Aussage zutreffend ist, soll im Rahmen des vorliegenden Promotionsvorhabens geprüft werden. Zu diesem Zweck werden aktuell an Schülerexperimenten ausgerichtete *Lernsettings* erstellt, die thematisch gleichermaßen das *Energiekonzept* behandeln, sich jedoch im Grad der *Heterogenität* der jeweiligen *Anwendungskontexte* unterscheiden. Folgende Forschungsfragen und Hypothesen leiten die Untersuchung:

### Fragestellungen und Hypothesen

1. Lässt sich der *Conceptual Change* Ansatz nach diSessa auf den Themenbereich Energie anwenden?

Da der Conceptual Change Ansatz nach diSessa bereits in mehreren naturwissenschaftlichen Themenbereichen erfolgreich angewendet wurde (u.a. *Oszillation* - Parnafes, 2005; *Kraft/Bewegung* - diSessa & Sherin, 1998; Ozdemir & Clark, 2009; Thaden-Koch et al., 2006), ist die Übertragbarkeit auf das inhaltsverwandte, naturwissenschaftliche Basiskonzept *Energie* wahrscheinlich.

2. Wirkt sich das Erlernen von Aspekten des Energiekonzeptes in einem heterogenen Feld von Kontexten positiver auf die Leistung der SchülerInnen aus als in einem homogenen Feld von Kontexten?

Gemäß den auf diSessas (1988) Ansatz beruhenden Erkenntnissen diSessa und Wagner's (2005) und weiteren Studien aus diesem Bereich ist anzunehmen, dass die Testleistung von SchülerInnen, die in einem heterogenen Feld von Kontexten gelernt haben, höher ist, da das erlernte Wissen auf Grund der Sensibilisierung für unterschiedliche Anwendungsgebiete auch in den ‚Subkontexten‘ einzelner Leistungstestaufgaben flexibler einsetzbar ist.

3. Steht die *Komplexität von Aussagen* der SchülerInnen während des *Bearbeitungsprozesses* von Lernsettings im Zusammenhang mit der entsprechenden *Leistung* in einem Test?

Da die Verbalisierung komplexer kausaler Beziehungen i. d. R. ein tiefes thematisches Verständnis erfordert, ist von einer positiven Korrelation der durchschnittlich erreichten Komplexitätsstufe mit der Testleistung auszugehen.

### Methodik und Design

Um die obig genannten Forschungsfragen beantworten zu können, wurden zuerst zwei unterschiedliche, an Experimenten ausgerichtete Lernsettings konstruiert, die sich im Grad ihrer kontextuellen Heterogenität unterscheiden. Ein Lernsetting besteht aus vier homogenen Subkontexten (Unterschiedliche Arten von Kraftwerken); das andere ist aus einer heterogenen Auswahl von Subkontexten zusammengesetzt (Kraftwerk, Treibstoffe, effektive Energiespeicherung/-transport, Energiesparen im Haushalt). Beide Lernsettings beziehen sich jedoch auf die gleichen fachwissenschaftlichen Kernaspekte des Energiekonzeptes und wurden anhand mehrerer Kriterien (z. B. Aufbau, Textschwierigkeit, Komplexität) vergleichbar gestaltet.

Die unterschiedlichen Lernsettings werden durch vorerst je 10 *Zwei-Personen-Gruppen* von SchülerInnen gemeinsam bearbeitet. Die Bearbeitung der Lernsettings wird videographiert und anschließend entsprechend der Komplexität der Äußerungen der Lernenden codiert. Zudem werden die Leistung (prä-post), die kognitiven Fähigkeiten sowie das Interesse und die Motivation erhoben, um Aussagen über den Lernzuwachs und die Entwicklung der affektiven Variablen treffen zu können. Die qualitative Auswertung bezüglich Forschungsfrage 1 ist orientiert am Verfahren der *Microgenetic Learning Analysis* (Parnafes & diSessa, 2013).

### Relevanz der erwarteten Ergebnisse

Der potenzielle Mehrwert des vorgestellten Projektes äußert sich sowohl in empirischer, als auch in theoretischer Hinsicht. Zum einen wird ein Beitrag zur *Kompetenzentwicklungsforschung* mit einem Teilfokus auf das bisher wenig untersuchte Feld der *individuellen Kompetenzentwicklung* geleistet. Zum anderen ist eine detaillierte Analyse kontextabhängiger Lernprozesse im Themenfeld Energie bisher nicht vorgenommen worden. Die kohärente Kombination aus Lernsetting und Assessment auf Grundlage desselben Konstrukts bietet zudem die Möglichkeit für weiterführende Interventionsstudien. Eine Anwendung des Conceptual Change Ansatzes nach diSessa auf das Energiekonzept erscheint vielversprechend.

Schließlich sind die erstellten Lernsettings im Falle einer erfolgreichen (leistungsfördernden) Erprobung für den Einsatz im Regelunterricht kompatibel.

#### Literatur

- v. Aufschnaiter, C., & v. Aufschnaiter, S. (2003). Theoretical Framework and Empirical Evidence of Students' Cognitive Processes in Three Dimensions of Content, Complexity, and Time. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 616-648.
- Bernholt, S. (2010). Kompetenzmodellierung in der Chemie – Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos, 98.
- Bernholt, S., Parchmann, I., & Commons, M. L. (2009). Kompetenzmodellierung zwischen Forschung und Unterrichtspraxis. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 217-243.
- Brückmann, M., & Bernholt, S. (2013). Videobasierte Erfassung der Komplexitätsentwicklung im Chemie- und Physikunterricht. In K. Macha & U. Riegel (Hrsg.), *Videobasierte Kompetenzforschung in den Fachdidaktiken*. Münster: Waxmann.
- diSessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman & P. Pufall (Hrsg.), *Constructivism in the computer age* (S. 49-70). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- diSessa, A. A. (2008). A Bird's-Eye View of the „Pieces“ vs. „Coherence“ Controversy (From the „Pieces“ Side of the Fence). In S. Vosniadou (Hrsg.), *International handbook of research on conceptual change* (S. 35-60).
- diSessa, A. A., & Sherin, B. L. (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155-1191.
- diSessa, A. A., & Wagner, J. F. (2005). What coordination has to say about transfer? In J. Mestre (Hrsg.), *Transfer of Learning from a multidisciplinary perspective* (S. 121-154). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Fechner, S., & Kauertz, A. (2013). Merkmale von Kontexten in Chemie und Physik. Tagungsbandbeitrag zur GDGP-Tagung 2012 in Hannover.
- Kauertz, A. (2008). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos, 79.
- 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.
- Levrini, O., & diSessa, A. A. (2008). How students learn from multiple contexts and definition: Proper time as a coordination class. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 4(010107), 1-18.
- Ozdemir, G., & Clark, D. (2009). Knowledge Structure Coherence in Turkish Students' Understanding of Force. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(5), 570-596.
- Parnafes, O. (2005). *The Development of Conceptual Understanding Through the Use of Computational Representations*.
- Parnafes, O., & diSessa, A. (2013). Microgenetic Learning Analysis: A Methodology for Studying Knowledge in Transition. *Human Development*, 56(5), 5-37.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- Thaden-Koch, T., Dufresne, R. J., & Mestre, J. P. (2006). Coordination of knowledge in judging animated motion. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 2(020107), 1-11.
- v. Vorst, H. (2013). Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Berlin: Logos, 145.
- Vosniadou, S. (2008). Conceptual Change Research: An Introduction. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, S. xiii-xxviii.

## BLUKONE - Mit einem Planspiel Nachhaltiges Energiemanagement lernen

Im Projekt BLUKONE wird eine Blended Learning Umgebung zum Thema Nachhaltiges Energiemanagement für höhere technische berufsbildende Schulen (HTL) entwickelt. Dabei werden Elemente von Game Based Learning, Planspielen und klassischen Rollenspielen mit eLearning verbunden, wobei neben Wissens- und Kompetenzerwerb soziales Lernen stark betont wird. Das Projekt<sup>1</sup> wird von einem interdisziplinären Team<sup>2</sup> gemeinsam mit Lehrkräften und SchülerInnen berufsbildender technischer Schulen entwickelt.

### Framework

Für den BLUKONE-Lehrgang zu Nachhaltigem Energiemanagement wurde ein Framework basierend auf DeSeCo<sup>3</sup>, Rost (2005) sowie dem Europäischen Kompetenzrahmen für die berufliche Bildung (EQR<sup>4</sup>) unter Einbeziehung geltender Lehrpläne erarbeitet und mit den Ergebnissen einer Stakeholderbefragung abgeglichen.

Es zeigte sich, dass die Aufteilung in *Inhaltsdimension*, *Handlungsdimension* und *personal/sozialer Dimension* den Anforderungen gerecht wird, die an ein solches Framework gestellt werden.

- Die *Inhaltsdimension* umfasst Wissen zu Energie, zu erneuerbaren Energiequellen, zur Reduktion des Energiebedarfs sowie über entsprechende Technologien (Passivhaus, Lichtlösungen, Mobilität und Photovoltaik).
- Die *Handlungsdimension* beinhaltet das Wissen um Tools und Abläufe, die SchülerInnen einsetzen müssen, um Nachhaltiges Energiemanagement systematisch umsetzen zu können.
- Die *personal/soziale Dimension* berücksichtigt diejenigen Kompetenzen, die in der Interaktion mit anderen gefragt sind, allen voran die Fähigkeit, in einer Gruppe zu einer reflektierten fundierten Entscheidung zu kommen.

### Das BLUKONE-Unterrichtskonzept

Der Lehrgang besteht aus mehreren Modulen, sogenannten *EcoQuests*, die von SchülerInnengruppen gemeinsam bearbeitet werden. Zwischen den *EcoQuests* erledigen die SchülerInnen vertiefende Einzelaufgaben (*SideQuests*), um ihre individuellen Kompetenzen zu erweitern. Einen Überblick über die Ziele der *EcoQuests* findet sich in Tabelle 1. Charakteristisch für den Lehrgang ist, dass die Problemstellungen (mit Ausnahme von *EcoQuest1*) dem betrieblichen Kontext entstammen und für ein konkretes (reales) Unternehmen bearbeitet werden. Am Ende der *EcoQuests* stehen immer komplexer werdende Entscheidungssituationen, die die Gruppe in einem Planspiel löst.

<sup>1</sup> BLUKONE wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ gefördert.

<sup>2</sup> Universität Wien/Fakultät für Physik: Gruppen Experimentelle Grundausbildung & Hochschuldidaktik; Aerosolphysik & Umweltphysik; Elektronische Materialeigenschaften; Umweltdachverband: Forum Umweltbildung; ovos media GmbH.

<sup>3</sup> DeSeCo Definition and Selection of Competences: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001403/140372e.pdf>

<sup>4</sup> EQR bzw. EQF: European Qualifications Framework for Lifelong Learning: [http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-policy/doc/eqf/brochexp\\_bg.pdf](http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-policy/doc/eqf/brochexp_bg.pdf)

Tab. 1: BLUKONE-Lernziele für EcoQuest2 bis EcoQuest5

	Inhaltsdimension	Handlungsdimension	personal/soziale Dimension
<i>EcoQuest1</i> Kaffee kochen	- wiederholen und vertiefen Wissen zu Energie (-effizienz) - setzen sich auf persönlicher Ebene mit Nachhaltigkeit auseinander	wenden Tools wie Input-/Output-Analyse, Kostenrechnung, o. ä. unter Anleitung richtig an	-führen erfolgreich Gruppendiskussionen -treffen in der Gruppe o. ä. unter Anleitung reflektiert einfache Entscheidungen
<i>EcoQuest2</i> Expertise gewinnen (Bau / Licht / Mobilität / PV)	erarbeiten bzw. vertiefen Wissen zu Bau / Licht / Mobilität / Photovoltaik	erstellen Info-Folder / Angebot / Präsentation	treffen in der Gruppe reflektiert etwas komplexere Entscheidungen
<i>EcoQuest3</i> Von der Energievision zur Energiepolitik	wissen, welche (äußere und inhaltliche) Form eine Firmen-Energiepolitik hat	erarbeiten unter Anleitung Schritte des Energiemanagements (ISO 50001) für ein konkretes Unternehmen	- beraten in der Gruppe & treffen eine reflektierte Entscheidung - geben konstruktives Feedback zur Energiepolitik
<i>EcoQuest4</i> Ziele und Maßnahmen	wissen, welche äußere und inhaltliche Form Ziele und Maßnahmen haben müssen	entwickeln aus einer Firmenenergiepolitik sinnvolle Ziele und Maßnahmen	setzen (für eine konkrete Aufgabenstellung) das Marketing entsprechend um
<i>EcoQuest5</i> Planspiel Nachhaltiges Energiemanagement	- verknüpfen Sachwissen, Tools und Kompetenzen aus vorangegangenen <i>EcoQuests</i> . - bereiten Rollenkarten und Argumente für das Planspiel vor, mit Hilfe der Argumente-Kommode. - interagieren im Planspiel erfolgreich mit anderen. - können in sehr komplexen Situationen reflektierte Entscheidungen fällen.		

### Theoretische Einbettung

Neben physikalisch-technischem Wissen und den rechtlichen Rahmenbedingungen sind für die Aufgabenstellungen auch die *ökologischen*, *ökonomischen* und *sozialen* Aspekte wichtig, um eine dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit entsprechende Entscheidung fällen zu können. Der Aufbau von Ambiguitätstoleranz bei den SchülerInnen wird durch die offene Art der Aufgabenstellungen ohne eindeutig vorgegebenen Lösungsweg, wie sie auch bei SSI, vor allem auf dem Gebiet der Nachhaltigkeit üblich sind (vgl. Sadler & Donnelly, 2006), induziert. Das Treffen einer reflektierten Entscheidung kann wie bei (Eggert & Bögeholz, 2006) aufgespalten werden in die Schritte „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“, wobei in der Phase des Reflektierens (auch bei BLUKONE) „die eigenen Werte und Normen, als auch die Werte und Normen anderer im Hinblick auf das Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung“ analysiert werden sollen.

### Forschungsdesign

In der Entwicklungsphase wurden Interviews und Akzeptanzbefragungen eingesetzt, um folgende Fragen zu untersuchen:

- Inwiefern ist das Design für die SchülerInnen attraktiv?

- Inwiefern sind die Aufgaben für SchülerInnen interessant / verständlich?

Einzelne BLUKONE-Module wurden in 4 Klassen mit unterschiedlichen fachlichen Schwerpunkten in 3 verschiedenen Schulen getestet. Die SchülerInnen reagierten positiv auf das Design, vor allem eine digitale Lernumgebung mit ergänzenden Arbeitsblättern (wie bei BLUKONE) wurde gegenüber klassischen Unterrichtsunterlagen nur in Papierform favorisiert. Die EcoQuests wurden als interessant empfunden. Jene Aufgaben, die in direktem Bezug zu Nachhaltigem Energiemanagement standen, wurden allerdings nur zum Teil als attraktiv empfunden. Die Verständlichkeit der Aufgaben wurde sehr unterschiedlich bewertet und hing sehr stark mit der Fachrichtung der beobachteten Klasse zusammen.

### **Forschungsdesign des Testlaufs**

Während des Testlaufs der Betaversion des BLUKONE-Lehrgangs sind folgende Forschungsfragen von Interesse:

- Wie entwickelt sich das Wissen der SchülerInnen zu Energie und Energieeffizienz, zum richtigen Einsatz von erneuerbaren Energiequellen und zur intelligenten Nutzung neuer Technologien?
- Inwiefern entwickeln die SchülerInnen die Kompetenz, reflektierte Entscheidungen zu treffen vor dem Hintergrund der komplexen Anforderungen von Nachhaltigkeit?

Wissen und Einstellungen zum Themenbereich Energie werden in einem Prätest-Posttest-Design mit Hilfe eines Fragebogens basierend auf DeWaters und Powers (2011) sowie Neumann, Viering, Boone und Fischer (2013) erhoben.

Die Planspiele und Diskussionen am Ende jedes EcoQuests werden videographiert und sequenzanalytisch untersucht, aufgeschlüsselt in die Kategorien Bezug, Domäne und Niveau, wie bei Belova (Belova, Feierabend, & Eilks) beschrieben, wobei das Augenmerk neben der Verwendung bzw. Einbindung des erlernten Fachwissens vor allem auf der Qualität der verwendeten Argumente sowie in der reflektierten Entscheidungsfindung liegt.

### **Ausblick**

Der Testlauf der Betaversion des BLUKONE Lehrgangs wurde Mitte Oktober in insgesamt 3 Klassen an 2 Schulen gestartet und wird voraussichtlich bis ca. April 2014 dauern.

### **Literatur**

- Belova, N., Feierabend, T., & Eilks, I. Rollenspiele und ihre Analyse in der Praxis eines Unterrichts zum Klimawandel.
- DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. *Energy Policy*, 39(3), 1699-1710. doi: 10.1016/j.enpol.2010.12.049.
- Eggert, S., & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz – Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 177-197.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162 - 188. doi: 10.1002/tea.21061.
- Rost, J. (2005). Messung von Kompetenzen Globalen Lernens. *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 28(2), 14-18.
- Sadler, T. D., & Donnelly, L. A. (2006). Socioscientific Argumentation: The effects of content knowledge and morality. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1463-1488. doi: 10.1080/09500690600708717.

Wolfgang Hügel  
Lutz Kasper

Technische Akademie Schwäbisch Gmünd e. V.  
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

## **Didaktische Aspekte der Elektromobilität**

### **Projekt: Mobiles Schulungszentrum Elektromobilität**

#### **Das Projekt**

Das Projekt ist Teil des Schaufensters Elektromobilität Baden-Württemberg und wird von der Bundesregierung gefördert:



Die Hardware besteht aus zwei Containereinheiten, die im ersten Quartal 2013 entwickelt und aufgebaut wurde, seit April 2013 im Einsatz ist und mindestens bis Herbst 2015 in verschiedenen Mittelzentren in Baden-Württemberg unterwegs sein wird.

#### **Das Präsentationsmodul**

Im Präsentationsmodul können bis zu 15 Schülerinnen und Schüler im Rahmen einer eigens entwickelten multimedialen Präsentations-Software in das Thema ‚Elektromobilität‘ eingeführt werden. Im Mittelpunkt stehen dabei die vier Schwerpunkte Umwelt, Mobilität, Technik und Beruf. Die Software wird durch einen Mitarbeiter moderiert und kann individuell auf die Gruppe in Breite (Interesse) und Tiefe (Vorwissen und Vorerfahrung) angepasst werden, Dauer ca. 1 h 15 min. Die Schülerinnen und Schüler werden unter anderem durch ein TED-System und Buzzer aktiviert. Die Antworten der TED-Fragen werden gespeichert und können ausgewertet werden. Ebenso wird ein Logfile mit den aufgerufenen Seiten für die Auswertung sekundengenau gespeichert. Erste Erfahrungen zeigen, dass die Umweltproblematik den meisten Jugendlichen bekannt ist, sie aber in überwiegender Mehrzahl nicht auf ein eigenes Auto verzichten wollen.

#### **Die Experimentierwerkstatt**

Im zweiten Modul werden verschiedene Experimente angeboten, die nach Alter und Schulart differenziert werden. In der ersten Phase ergab sich die Verteilung in Abbildung 1.

Dauer: wieder 1 h 15 min, ein typischer Verlauf ist z. B.:

- Handkurbelgenerator (Stromerzeugung, Leistung)
- LEDs (Strom sparen, ästhetische Aspekte)
- Brennstoffzellenauto (alternative Antriebe ‚erfahren‘)

Während der Pausen können dann verschiedene elektromobile Fahrzeuge ausprobiert werden (E-Bikes, GoCarts).

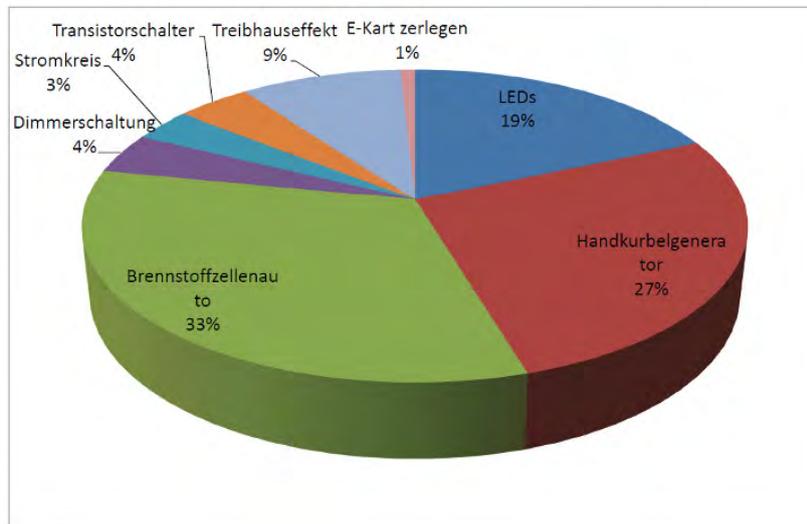


Abb. 1: Verteilung der Experimente in der ersten Phase

### Methodischer Ansatz

Neben der Auswertung der Software steht die Beobachtung der Schülerinnen und Schüler bei den Experimenten sowie während der Fahrten in der Pause im Mittelpunkt.

Ergänzt wird die Beobachtung durch ein dreistufiges Fragebogenkonzept, das derzeit entwickelt wird (Pretest, Evaluation, Posttest).

Bei einer durchschnittlichen Gruppengröße von 20 durchlaufen an einem Standort knapp 1000 Jugendliche das mobile Schulungszentrum, sodass sich eine breite statistische Datenbasis ergibt, die nach einzelnen Schularten und Klassenstufen aufgliedert werden kann. Bisherige Standorte waren Esslingen/Neckar, Fellbach und Backnang.

### Die Zielgruppe

Angesprochen werden die Klassen 8-12 (13) im allgemein bildenden Bereich sowie berufliche Schulklassen, pro Standort ca. 6-8 Wochen, 4 Tage die Woche, pro Tag zwei Klassen. Für die erste Phase siehe Abbildung 2.

### Ziele

- Beschreibung des aktuellen Kenntnisstands zur Elektromobilität
- Gegenüberstellung der Themen in aktuellen Lehrplänen
- Rückkopplungsmöglichkeiten in neue Lehrpläne und in die Lehrer(innen)ausbildung
- Sensibilisierung auf Chancen und Gefahren der Elektromobilität
- Unterstützung bei der Berufsorientierung
- Elektromobilität sinnlich erfahrbar machen

### Weitere Info

Projekthomepage: [mse-ta.de](http://mse-ta.de)

Kontakt:

[Mse-ta@technische-akademie.de](mailto:Mse-ta@technische-akademie.de)

[w.huegel@technische-akademie.de](mailto:w.huegel@technische-akademie.de)

Technische Akademie für berufliche Bildung Schwäbisch Gmünd e. V.

Lorcher Str. 119

73529 Schwäbisch Gmünd

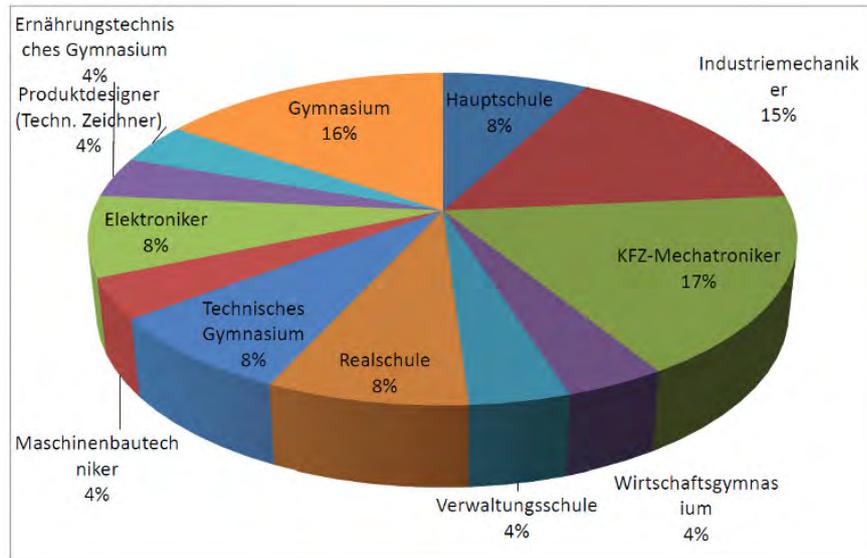


Abb. 2: Zielgruppe der ersten Phase

## Akzeptanzbefragung zu Optikunterrichtsmaterialien: Farben

### Motivation & Fragestellung

Schülervorstellungen im Bereich des Optikanfangsunterrichts wurden empirisch hinlänglich untersucht (als Überblick vgl. Duit, 2009). Untersuchungen an Schülerinnen und Schülern direkt nach dem Optikunterricht der Jahrgangsstufe 8 zeigen allerdings, dass eine lernwirksame Einbindung dieser Schülervorstellungen in die österreichische Schulpraxis weitgehend nicht gelingt (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2012). Grund dafür sind u. a. Schulbücher und Lernmaterialien, die selten Erkenntnisse didaktischer Forschung berücksichtigen (Haagen-Schützenhöfer & Holzmeier, 2013). Empirisch evaluierte Sachstrukturen und darauf basierende Schülermaterialien können u. E. einen Teilbeitrag zur Verbesserung des Optikunterrichts leisten.

Am AECC Physik der Universität Wien werden Unterrichtsmaterialien zum Optikeinführungsunterricht in der Sekundarstufe I entwickelt, die sich an empirisch belegten Alternativvorstellungen orientieren. Ein Bereich innerhalb der Anfangsoptik, der viele Lernhindernisse bereithält, ist der der Farbenlehre. Hier sind uns bisher nur wenige, empirisch erprobte Interventionen bekannt, die Schülerinnen und Schüler dabei unterstützen „Farbe“ nicht als absolute Eigenschaft von Gegenständen zu deuten oder Farbwahrnehmung lediglich auf die Mischregeln der subtraktiven Farbmischung zu reduzieren. Fachdidaktische Untersuchungen zeigen, dass derartige Fehlvorstellungen zu Körperfarben nicht nur unter Schülern, sondern auch bei Erwachsenen weit verbreitet sind (Martinez-Borreguero, Pérez-Rodríguez, Suero-López & Pardo-Fernández, 2013). Feher und Meyer (1992) geben folgende Kategorisierung der häufigsten (Schüler)vorstellungen zur Farbwahrnehmung: (1) Lichtfarbe und Gegenstandsfarbe ergeben eine Mischfarbe, (2) farbiges Licht ist dunkel und lässt Gegenstände dunkler erscheinen, (3) farbiges Licht überträgt Farbe auf Gegenstände *oder* (4) farbiges Licht beeinflusst die Gegenstandsfarbe gar nicht.

Konventioneller Physikunterricht, der das Thema Körperfarben erst am Ende des Optik Kapitels thematisiert, trägt offenbar nur wenig zum Wechsel dieser Vorstellungen bei. Grundsätzlich baut die Sachstruktur der entwickelten Schülermaterialien auf der des Optiklehrgangs von Wiesner, Engelhardt und Herdt (1995) auf, dessen empirische Evaluierung vielversprechende Ergebnisse bezüglich der Lernwirksamkeit lieferte (Herdt, 1990). Im Sinne des Design-Based Research (Ejersbo et al., 2008) wurden einzelne in Schülermaterialien umgesetzte Sachstrukturabfolgen evaluiert und auf Basis dieser Evaluierungsergebnisse redesigned. Die Analyse von Lernverläufen vorangegangener Akzeptanzbefragungen zum physikalischen Sehvorstellung legten dabei eine sachstrukturelle Änderung nahe (Haagen-Schützenhöfer, Rottensteiner & Hopf, 2013), durch die der Themenkomplex Körperfarben viel früher Eingang findet und in unmittelbarem Zusammenhang mit selektiver Absorption schon mit der Sender-Empfänger-Streuvorstellung thematisiert wird. Die Evaluierung der dahin geänderten Sachstruktur sollte im Folgenden mittels Akzeptanzbefragung (Wiesner & Wodzinski, 1996) durchgeführt werden.

### Forschungsfragen & methodisches Vorgehen

Die übergeordnete Forschungsfrage des Optikprojets: „Unterstützen die im Schülermaterial gewählten Instruktionselemente Lernprozesse im Bereich der Anfangsoptik?“ wurde entsprechend der Schwerpunktsetzung auf die Thematik der Körperfarben folgend konkretisiert:

- Wie wirken sich die in den Materialien gewählten Instruktionselemente auf Lernprozesse zu Körperfarben aus?
- Auf welche Konzepte greifen die Schüler in einzelnen Instruktionsphasen zurück?
- Welche physikalisch-begrifflichen Aspekte rufen Lernwiderstände hervor?

Methodisch wurden diese Fragestellungen, wie bereits erwähnt, mit Hilfe des Akzeptanzbefragungsschemas nach Jung (1992) bearbeitet. In Mikrolehrsitzungen wurde hierbei Schülern (N=12) die zu einzelnen Key-Ideas didaktisch rekonstruierten Materialblöcke der Farbenlehre vorgelegt. Nach dieser Inputphase folgt im Schema der Akzeptanzbefragung typischer Weise eine Befragungsphase, in der mittels einer genau festgelegten Fragenstruktur lernförderliche und lernhinderliche Instruktionsbausteine des entsprechenden Materialabschnittes ermittelt werden. Im Gegensatz zu konventionellen, problemzentrierten Interviews bezieht sich der Befragungsteil konkret auf das im Vorfeld geleistete Informationsangebot (z. B. Erklärungsangebot, Versuch, Applets, usw.). Dadurch wird die Chance gesteigert, verlässlich Auskunft über die durch das Informationsangebot induzierten Lernprozesse bzw. Schülervorstellungen zu erhalten, anstatt wie bei konventionellen Interviews häufig zeitlich wenig stabile ad-hoc Konstrukte, die von den Probanden in der Situation der Befragung kreiert werden. In den weiteren Befragungsschritten müssen die Probanden die Akzeptanz bzw. Plausibilität dieses Informationsangebots bewerten, es paraphrasieren und schließlich auf andere konkrete Beispiele anwenden bzw. verallgemeinern.

In einer Voruntersuchungsphase wurden 4 Schüler der 9. Schulstufe befragt. Nach Adaptierung von Material und Befragungsschema wurden in der Hauptbefragung 8 weitere Schüler der 9. Schulstufe befragt. Die 9. Schulstufe wurde gewählt, um Schülerinnen und Schüler als Probanden zur Verfügung zu haben, die basale Kenntnisse zur geometrischen Optik (Jahrgangsstufe 8) mitbringen. Um hier gleiche Voraussetzungen zu schaffen, wurden eingangs wichtige Key-Ideas, zur Ausbreitung von Licht etwa, wiederholt. Das Schülersample wurde aus Berufsbildenden Höheren Schulen<sup>1</sup> ausgewählt um sicher zu stellen, dass Lernende mit einem heterogenen Spektrum die Lernbiographien als auch die Physiklehrkräfte der 8. Jahrgangsstufe betreffend, befragt wurden. Die Dauer der Befragungen betrug im Schnitt 105 Minuten.

### **Analyse & Ergebnisse**

Zur Auswertung der in den Akzeptanzbefragungen generierten Daten wurde die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) herangezogen. Als Grundlage für die Entwicklung des Kategoriensystems wurde die von Blumör (1993) in seinen Akzeptanzbefragungen zur Optik grundlegende Struktur verwendet. Die Interraterübereinstimmung der beiden Kodierer lag bei  $r_H=0.82$ .

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass am Beginn der Befragung eine Reihe konzeptueller Leerstellen bezüglich der Farbenlehre zu Tage traten, obwohl alle Schülerinnen und Schüler bereits in der 8. Schulstufe Optikunterricht gehabt hatten. Die Key-Idea, dass Sonnenlicht bzw. weißes Licht aus verschiedenen Lichtsorten zusammengesetzt ist, bereitete mehr als drei Viertel der Schüler Akzeptanzschwierigkeiten. Bei mehr als der Hälfte der Befragten stellte sich heraus, dass sie sich darüber auch noch nie Gedanken gemacht hatten. Die entsprechenden Interventionselemente führten jedoch zu einer weitgehenden Akzeptanz dieses basalen Konzeptes. Etwa drei Viertel der Probanden konnten zugehörige Transferbeispiele entsprechend lösen.

Bei Transferaufgaben gegen Ende der Befragung gelang es auch mehr als zwei Drittel der Probanden die Key-Idea, dass die wahrgenommene Körperfarbe der Farbe der abgestrahlten

<sup>1</sup> Berufsbildende Höhere Schulen (BHS) erstrecken sich von der 9. bis zur 13. Schulstufe im österreichischen Schulsystem. Neben Allgemeinbildung wird in den BHS eine höhere berufliche Ausbildung vermittelt. In der 13. Schulstufe schließen die BHS mit einer Reifeprüfung ab.

Lichtsorten entspricht, vollständig richtig anzuwenden. Allerdings fanden bei der abschließenden Überprüfung komplexer Transferbeispiele, in denen verschiedenfarbige Körper (bezogen auf die Bestrahlung mit weißem Licht), mit unterschiedlichen Lichtsorten beleuchtet wurden, nur gut die Hälfte der Schülerinnen und Schüler eine adäquate Lösung. Die restlichen Probanden argumentierten größtenteils mit einer Mischvorstellung zwischen Körperfarbe (in weißem Licht) und eingestrahelter Lichtfarbe. Bei einem weiteren Teil der Probanden, die keine richtige Lösung erzielten, stellte sich bei gezielter Nachfrage heraus, dass sie zwar die Prozesse der selektiven Reflexion/Absorption verstanden hatten, allerdings in den einzelnen Konstellationen von Lichtfarbe und Körperfarbe (in weißem Licht) nicht zur richtigen Lösung kamen.

### Schlussfolgerungen

Die Thematisierung von Körperfarben an vorderer Stelle im Optikkurs, unmittelbar nach der Einführung der Sender-Empfänger-Streu-Vorstellung (SEV) hat sich bei allen Probanden bewährt: Dem überwiegenden Teil der Probanden gelingt es farbige Erscheinungen mit der SEV zu argumentieren und einen Bezug zwischen abgestrahlter Lichtsorte und wahrgenommener Körperfarbe herzustellen. Die Übertragung dieses Konzepts auf Szenarien mit nicht-weißen Beleuchtungsquellen gelingt allerdings nur der Hälfte der Probanden gut. An dieser Schlüsselstelle wird im aktuellen Designzyklus angesetzt.

### Literatur

- Blumör, R. (1993). Schülerverständnisse und Lernprozesse in der elementaren Optik. Ein Beitrag zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Grundschule, Magdeburg: Westarp Wissenschaften.
- Duit, R. (2009). Bibliography—STCSE: Students' and teachers' conceptions and science education. Retrieved October 20, 2009.
- Ejersbo, L.R., Engelhardt, R., Frølund, L., Hanghøj, T., Magnussen, R., & Misfeldt, M. (2008). Balancing product design and theoretical insights. In A. E. Kelly, R. A. Lesh & J. Y. Baek (Hrsg.), *Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching* (S. 149–163): Routledge.
- Feher, E., & Meyer, K.R. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of research in Science Teaching*, 29(5), 505-520.
- Haagen-Schützenhöfer, C., & Holzmeier, S. (2013). Wodurch unterscheiden sich Physikschulbücher und forschungsbasiert entwickelte Lernmaterialien zum Themenbereich geometrische Optik? ÖGFD-Symposium, Klagenfurt.
- Haagen-Schützenhöfer, C., & Hopf, M. (2012). Testing students' conceptual understanding in geometrical optics with a two tier instrument. In M. F. Taşar (Hrsg.), *World Conference on Physics Education 2012*.
- Haagen-Schützenhöfer, C., Rottensteiner, J., & Hopf, M. (2013). Akzeptanzbefragung zu Optikunterrichtsmaterialien. In Bernholt, S. (Hrsg.), *GDCP Jahrestagung in Hannover 2012: Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen* (S. 431–433). Kiel: IPN.
- Herdt, D. (1990). *Einführung in die elementare Optik. Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrgangs*. Essen: Westarp-Wissenschaftsverlag.
- Jung, W. (1992). Probing acceptance, a technique for investigating learning difficulties. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Hrsg.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- Martinez-Borreguero, G., Pérez-Rodríguez, Á.L., Suero-López, M.I., & Pardo-Fernández, P.J. (2013). Detection of Misconceptions about Colour and an Experimentally Tested Proposal to Combat them. *International Journal of Science Education*, 35(8), 1299-1324.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*, Weinheim: Beltz.
- Wiesner, H., Engelhardt, P., & Herdt D. (1995). *Unterricht Physik, Optik I. Lichtquellen, Reflexion*, Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.
- Wiesner, H., & Wodzinski, R. (1996). Akzeptanzbefragung als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. In R. Duit & C. von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften* (S. 250–274). Kiel: IPN.

## Analyse von Chemieschulbüchern auf materialwissenschaftliche Inhalte

### Motivation

Die Bewältigung zukünftiger Herausforderungen im Bereich der Mobilität, Medizin, Kommunikation etc. ist abhängig von der Entwicklung geeigneter Werkstoffe. Die Erforschung und Optimierung dieser Materialien ist ein Tätigkeitsfeld der Materialwissenschaft – einer interdisziplinären Ingenieurwissenschaft, die Aspekte der Chemie und Physik beinhaltet. Außerdem werden – analog zur Chemie – Erkenntnisse anhand der Leitlinie Stoff-Struktur-Eigenschaft gewonnen (Pfeifer & Sommer, 2012).

Diese methodische Nähe der Materialwissenschaft zur Chemie bietet das Potential, naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten an technikrelevanten Beispielen zu betrachten und im Chemieunterricht zu verorten. Auf diesem Weg könnte man technischen Themen innerhalb des bestehenden Fächerkanons einen Rahmen geben, was laut einer acatech-Studie (Ziefle, 2009) sowohl von Lernenden als auch von Eltern gewünscht wird.

### Forschungsfragen

Aus diesen Überlegungen leiten sich verschiedene Forschungsfragen ab:

Haben materialwissenschaftliche Themen bereits Eingang in die Schulbücher für den Chemieunterricht gefunden?

Welche materialwissenschaftlichen Themen werden in den Schulbüchern angeboten?

Welche Relevanz haben die in Chemieschulbüchern identifizierten materialwissenschaftlichen Beispiele aus Sicht der Materialwissenschaft?

### Methode

Um eine erste Aussage über materialwissenschaftliche Inhalte im Chemieunterricht zu treffen, wurde eine Analyse von Chemieschulbüchern durchgeführt. Schulbücher sind als Untersuchungsgegenstand von besonderer Aussagekraft, da sie eine wichtige Rolle für die Unterrichtsvorbereitung spielen (Beerenwinkel, 2007; Härtig, Kauertz & Fischer, 2012) und außerdem die bedeutsamen Themen einer Gesellschaft widerspiegeln (Wiater, 2003).

Eine Analyse von neun Chemieschulbüchern der Sekundarstufe I aus verschiedenen deutschen Verlagshäusern wurde im Sinne der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) durchgeführt. Dafür wurden Kodiereinheiten – angelehnt an die Schwerpunkte der Materialwissenschaft (Hornbogen, 2006) – aus den Stoffklassen Metalle, Keramik und Halbleiter sowie Polymere ausgewählt. Durch deduktive Kategorienbildung in Anlehnung an die Aufgaben der Werkstofftechnik – einem Forschungsbereich der Materialwissenschaft (Gräfe, 1991) – ergaben sich die Kategorien „Werkstoffanwendung“, „Fertigungstechnik“ und „Werkstoffcharakterisierung“. Als Vergleichsdimension wurde die Kategorie „chemische Betrachtung“ konzipiert, um eine relative Aussage der Materialnennungen in Chemieschulbüchern zu ermöglichen. Zur Validierung wurde das Kategoriensystem mit Experten aus dem Bereich der Materialwissenschaft diskutiert. Im Anschluss wurde dieses genutzt, um durch zwei unabhängige Kodierer die Schulbücher auf materialwissenschaftliche Beispiele zu analysieren. Die vorläufige Intercoderreliabilität für sechs der neun Schulbücher betrug 75%.

Um die Aussagekraft der dargebotenen Beispiele für die materialwissenschaftliche Praxis zu bestimmen, wurde ein Fragebogen für Materialwissenschaftler entwickelt. Dieser orientiert sich inhaltlich an den Kategorien des Kategoriensystems. Dabei konnten unter anderem schulgeeignete Anwendungen der Materialwissenschaftler aus Sicht dieser scientific com-

munity angegeben sowie die Bedeutung von Materialien aus den verschiedenen Stoffklassen für Lehre und Forschung gerankt werden. Im Weiteren wurde in Anlehnung an die Kategorie „Fertigungstechnik“ nach häufig eingesetzten Verfahren aus den Bereichen Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten und Stoffeigenschaftsänderung (DIN 8580) gefragt. Im letzten Teil des Fragebogens wurden die Materialwissenschaftler gebeten, Charakterisierungsmethoden aus ihrem Tätigkeitsfeld anzugeben, die aus den Bereichen mechanische und physikalische Prüfverfahren sowie Strukturcharakterisierung (Seidel & Hahn, 2012) stammen. Die Ergebnisse der 63 vollständig ausgefüllten Fragebögen wurden dann mit den in Chemieschulbüchern identifizierten materialwissenschaftlichen Inhalten verglichen.

### Ergebnisse

Es wurden 3103 Materialnennungen mit materialwissenschaftlichem Inhalt in Chemieschulbüchern identifiziert. Damit zeigt sich, dass rund ein Drittel der 9254 Nennungen im Schulbuch eine materialwissenschaftliche Dimension besitzen. Hierbei sind die Anwendungsbeispiele am häufigsten vertreten, dann folgen in absteigender Reihenfolge die Fertigungstechniken und die Charakterisierungsmethoden.

Exemplarisch soll die Bedeutung der Metalle in der Forschung und Lehre der Materialwissenschaftler mit den Darstellungen im Schulbuch verglichen werden. Es zeigt sich, dass Eisen bzw. seine Legierung Stahl in allen Bereichen die größte Bedeutung zugeschrieben wird. Die Daten wurden einerseits anhand des Materialrankings im Fragebogen und andererseits an der Häufigkeit der Materialnennungen in einem materialwissenschaftlichen Kontext im Schulbuch gewonnen. Auf den sich anschließenden Plätzen streuen die Ergebnisse jedoch. So wird Aluminium als das zweitwichtigste Metall innerhalb der scientific community benannt, findet sich im Schulbuch jedoch mit 215 Nennungen nur auf Platz 4. In Schulbüchern hingegen wird Kupfer 424-mal in einem materialwissenschaftlichen Kontext genannt und ist deshalb das zweitwichtigste Metall, allerdings nimmt es in der Forschung keinen der vorderen Plätze ein und steht innerhalb der Lehre nur auf Platz 4. Für die übrigen bedeutenden Metalle der Materialwissenschaftler – Titan, Nickel und Magnesium – kann sogar festgestellt werden, dass sie in Schulbüchern selten in einem materialwissenschaftlichen Kontext genannt werden und deshalb im Schulbuch-Ranking nicht erscheinen. Stattdessen wird in Schulbüchern häufig Zink und Gold in einem materialwissenschaftlichen Beispiel genannt, weshalb sie auf den Plätzen 3 und 5 zu finden sind.

*Tab. 1: Bedeutung der Metalle in materialwissenschaftlicher Forschung und Lehrer sowie ihre Schulbuchdarstellung*

<b>Ranking für die materialwissenschaftliche Forschung</b>	<b>Ranking für die materialwissenschaftliche Lehre</b>	<b>Häufigkeit der Metalle in einem materialwissenschaftlichen Kontext in Chemieschulbüchern, N = 2529</b>
1. Eisen	1. Eisen	1. Eisen / Stahl, n = 761
2. Aluminium	2. Aluminium	2. Kupfer, n = 424
3. Titan	3. Titan	3. Zink, n = 252
4. Nickel	4. Kupfer	4. Aluminium, n = 215
5. Magnesium	5. Magnesium	5. Gold, n = 139

Mit Hilfe des vollständigen Vergleiches der Schulbücher mit den Ergebnissen des Fragebogens hinsichtlich Anwendungsbeispielen, Fertigungstechniken und Charakterisierungsverfahren lässt sich eine Aussage über die Relevanz von materialwissenschaftlichen Beispielen in Chemieschulbüchern bezüglich der Praxis treffen.

**Literatur**

- Beerenwinkel, A., et al. (2007). Chemieschulbücher in der Unterrichtsplanung. Welche Bedeutung haben Schülervorstellungen? CHEMKON, 14 (1), 7-14.
- Gräfen, H. (1991). Lexikon Werkstofftechnik. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Härtig, H., Kauertz, A., & Fischer, H. E. (2012). Das Schulbuch im Physikunterricht. Nutzung von Schulbüchern zur Unterrichtsvorbereitung in Physik. MNU, 65(4), 197-200.
- Hornbogen, E. (2006). Werkstoffe. Aufbau und Eigenschaften von Keramik-, Metall-, Polymer- und Verbundwerkstoffen; mit 102 Tabellen. Berlin: Springer Verlag.
- Mayring, P. (2010) Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim.
- Pfeifer, P., & Sommer, K. (2012). Stoffperspektiven in der Chemie. Unterricht Chemie, 18(23), 45-48.
- Seidel, W., & Hahn, F. (2012). Werkstofftechnik. Werkstoffe – Eigenschaften – Prüfung – Anwendung. München: Carl Hanser Verlag.
- Wiater, W. (2003). Das Schulbuch als Gegenstand pädagogischer Forschung. In W. Wiater (Hrsg.), Schulbuchforschung in Europa. Bestandsaufnahme und Zukunftsperspektive. Bad Heilbrunn.
- Ziefle, M., & Jakobs, E.-M. (2009). Wege zur Technikfaszination. Sozialisationsverläufe und Interventionszeitpunkte. Heidelberg: Springer Verlag.

**Abels, Simone, Dr.**

Universität Wien  
AECC Chemie  
Porzellangasse 4/2  
1090 Wien  
Österreich

79

**Aschauer, Wolfgang**

Pädagogische Hochschule OÖ  
Fachdidaktikzentrum Naturwissenschaft  
Kaplanhofstr. 40  
4020 Linz  
Österreich

627

**Altenburger, Pia**

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
Didaktik der Physik  
Reuteallee 46  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland

144

**Avalos Ortiz, Roswitha**

Universität Wien  
Experimentelle Grundausbildung &  
Hochschuldidaktik  
Boltzmanng.5  
A-1090 Wien  
Österreich

633

**Anthofer, Stefan**

Universität Regensburg  
Didaktik der Chemie  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Deutschland

453

**Bacquet-Pérez, Eduardo**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Didaktik der Physik  
Kleergarten 11  
69123 Heidelberg  
Deutschland

67

**Anton, Michael, Prof. Dr.**

Ludwig-Maximilians-Universität München  
Didaktik und Mathematik der Chemie  
Butenandtstr. 5-13  
81377 München  
Deutschland

615

**Bartosch, Ilse, Dr.**

Universität Wien  
Experimentelle Grundausbildung &  
Hochschuldidaktik  
Boltzmanngasse 5  
A-1090 Wien  
Österreich

633

**Anus, Sandra**

Technische Universität Dortmund  
Didaktik der Chemie II  
Otto-Hahn-Straße 6  
44227 Dortmund  
Deutschland

234

**Bartsch, J., Prof. Dr.**

324

**Belova, Nadja**  
 Universität Bremen  
 Chemiedidaktik  
 Leobener Str. NW2  
 28359 Bremen  
 Deutschland

492

**Bierbaum, Harald, Dr.**  
 Technische Universität Darmstadt  
 Institut für Allgemeine Pädagogik und  
 Berufspäd.  
 Alexanderstraße 6  
 64283 Darmstadt

381, 387

**Benbetka, Mahdi, Dr.**  
 P.H Algier  
 Didaktik der Physik  
 Frères Addelselami 10  
 16000 Vieux Kouba Algier  
 Algerien

366

**Blum, Christiane**  
 Universität Flensburg  
 Abt. für Physik und ihre Didaktik u.  
 Geschichte  
 Auf dem Campus 1  
 24943 Flensburg

204

**Berger, Roland, Prof. Dr.**  
 Universität Osnabrück  
 Didaktik der Physik  
 Barbarastraße 7  
 49076 Osnabrück  
 Deutschland

282, 357

**Bohlmann, Markus**  
 Universität Münster  
 Institut für Erziehungswissenschaft  
 Bispinghof 5/6  
 48143 Münster  
 Deutschland

76

**Bergs, Meike**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Chemie  
 Schützenbahn 70  
 45127 Essen  
 Deutschland

270

**Böhret, Marcus**  
 Pädagogische Hochschule Schwäbisch  
 Gmünd  
 Abteilung Chemie  
 Oberbettringerstraße 200  
 73525 Schwäbisch Gmünd  
 Deutschland

168

**Bernholt, Sascha, Dr.**  
 IPN Kiel  
 Chemiedidaktik  
 Olshausenstraße 62  
 24118 Kiel  
 Deutschland

1, 417, 630

**Bolte, Claus, Prof. Dr.**  
 Freie Universität Berlin  
 Didaktik der Chemie  
 Takustraße 3  
 14195 Berlin  
 Deutschland

426, 432

**Bolten, Mareike**  
 Universität Hildesheim  
 Institut für Biologie und Chemie  
 Marienburger Platz 22  
 31141 Hildesheim  
 Deutschland

336

**Borowski, Andreas, Prof. Dr.**  
 RWTH Aachen  
 Didaktik der Physik und Technik  
 Sommerfeldstraße 14  
 52074 Aachen  
 Deutschland

55, 288, 435, 468, 540, 555, 108, 552, 141

**Brandenburger, Martina**  
 PH Freiburg  
 Didaktik der Physik  
 Kunzenweg 21  
 79117 Freiburg  
 Deutschland

294, 285

**Brebeck, Ingo**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Chemie  
 Schützenbahn 70  
 45127 Essen  
 Deutschland

531

**Brovelli, Dorothee, Prof. Dr.**  
 Pädagogische Hochschule Luzern  
 Naturwissenschaften und ihre Didaktik  
 Museggstrasse 37  
 CH-6004 Luzern  
 Schweiz

40

**Brückmann, Maja, Dr.**  
 PH Zürich  
 Zentrum für Didaktik der  
 Naturwissenschaften - Physikdidaktik  
 Lagerstrasse 2  
 8090 Zürich  
 Schweiz

123, 630

**Budde, Monika, Dr.**  
 Universität Flensburg  
 Institut für Germanistik  
 Auf dem Campus 1  
 24943 Flensburg  
 Deutschland

510

**Bullinger, Marcel**  
 Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
 Physik und ihre Didaktik  
 Reuteallee 46  
 71634 Ludwigsburg  
 Deutschland

498

**Busch, Marian**  
 Friedrich-Schiller-Universität Jena  
 Arbeitsgruppe Chemiedidaktik  
 August-Bebel-Straße 6-8  
 7743 Jena  
 Deutschland

423

**Buschhüter, David**  
 RWTH Aachen  
 Didaktik der Physik und Technik  
 Sommerfeldstraße 14  
 52074 Aachen  
 Deutschland

540

**Busker, Maike, Prof. Dr.**

Universität Flensburg  
Abteilung Chemie und ihre Didaktik  
Auf dem Campus 1  
24943 Flensburg  
Deutschland

*429, 510, 543*

**Dickhäuser, Andreas**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland

*588*

**Carell, Stefanie**

Pädagogische Hochschule FHNW  
Didaktik des Sachunterrichts  
Benzburweg 30  
4410 Liestal  
Schweiz

*489*

**Domjahn, Jürgen, Dr.**

Universität Paderborn  
Didaktik der Physik  
Warburger Str. 100  
33098 Paderborn  
Deutschland

*243*

**Cauet, Eva**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Physik  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland

*141*

**Dori, Yehudit Judy, Prof. Dr.**

Technion- Israel Institute of Technology  
Technion City  
32000 Haifa  
Israel

*330*

**Crossley, Antony, Dr.**

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
Physik und ihre Didaktik  
Reuteallee 46  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland

*189, 483*

**Dorschu, Alexandra**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Physik  
Universitätsstraße 2  
45117 Essen  
Deutschland

*522*

**Dettweiler, Yvonne**

Universität Hannover  
Didaktik der Chemie  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland

*594*

**Drobnak, Laura**

Universität Frankfurt  
IDP  
Max-von-Laue-Str. 1  
60438 Frankfurt  
Deutschland

*447*

**Effertz, Christian, Dr.**  
 RWTH Aachen  
 1. physikalisches Institut (1A)  
 Sommerfeldstr. 14  
 52056 Aachen  
 Deutschland

573

**Emden, Markus, Dr.**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Chemie  
 Schützenbahn 70  
 45127 Essen  
 Deutschland

192, 372

**Effertz, F.H., Prof. Dr.**  
 Universität Köln  
 Gronewaldstr. 2  
 50931 Köln

324

**Engesser, Kirstin**  
 PH Freiburg  
 Didaktik der Physik

297

**Ehmke, Timo, Prof. Dr.**  
 Leuphana Universität  
 Empirische Bildungsforschung  
 Scharnhorststr. 1  
 21335 Lüneburg

279

**Epple, Matthias, Prof. Dr.**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Institut für Anorganische Chemie

70

**Eilks, Ingo, Prof. Dr.**  
 Universität Bremen  
 Didaktik der Chemie  
 Leobener Straße NW2  
 28334 Bremen  
 Deutschland

492, 603, 354

**Erb, Manja**  
 Freie Universität Berlin  
 Didaktik der Chemie  
 Takustraße 3  
 14195 Berlin  
 Deutschland

432

**Elsholz, Markus**  
 Universität Würzburg  
 Physik und ihre Didaktik  
 Emil-Hilb-Weg 22  
 97074 Würzburg  
 Deutschland

564

**Erb, Roger, Prof. Dr.**  
 Goethe-Universität Frankfurt am Main  
 Institut für Didaktik der Physik  
 Max-von-Laue-Str. 1  
 60438 Frankfurt am Main  
 Deutschland

94, 249, 450, 519

**Erfmann, Corinna**  
 Universität Osnabrück  
 Didaktik der Physik  
 Barbarastraße 7  
 49076 Osnabrück  
 Deutschland

357

**Ferber, Nora**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Chemie  
 Schützenbahn 70  
 45127 Essen  
 Deutschland

372

**Euler, Peter, Prof. Dr.**  
 Technische Universität Darmstadt  
 Institut für Allgemeine Pädagogik und  
 Berufspäd.  
 Alexanderstraße 6  
 64283 Darmstadt  
 Deutschland

384, 381

**Filmer, Maria**  
 Technische Universität Dortmund  
 Didaktik der Chemie I  
 Otto-Hahn-Straße 6  
 44227 Dortmund  
 Deutschland

585

**Fechner, Sabine, Prof. Dr.**  
 Universität Hannover  
 Didaktik der Chemie  
 Am Kleinen Felde 30  
 30167 Hannover  
 Deutschland

594

**Fischer, Hans Ernst, Prof. Dr.**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Physik  
 Schützenbahn 70  
 45127 Essen  
 Deutschland

522, 141, 108

**Fehring, Iris**  
 Universität Wien  
 AECCP  
 Porzellangasse 4/2  
 1090 Wien  
 Österreich

639

**Flehsig, Annette**  
 Pädagogische Hochschule Heidelberg  
 Abt. Chemie  
 Im Neuenheimer Feld 561  
 69120 Heidelberg

462, 459

**Felker, Lisa**  
 RWTH Aachen  
 Didaktik der Physik und Technik  
 Sommerfeldstraße 14  
 52074 Aachen  
 Deutschland

468

**Flunger, Barbara**

258

**Frank, Carolin, Dr.**

IPN Kiel  
 Didaktik der Chemie  
 Olshausenstraße 62  
 24118 Kiel Kiel  
 Deutschland

417

**Frübis, Jan**

Université de Genève  
 Fac. Des Sciences/Sect. Physique, IUFE  
 Boulevard du Pont d'Arve/40  
 1211 Genève  
 Schweiz

303

**Fraß, Stephan**

RWTH Aachen  
 I. Physikalisches Institut IA  
 Sommerfeldstr. 14  
 52074 Aachen  
 Deutschland

579

**Garner, Nicole**

Universität Bremen  
 Didaktik der Chemie  
 Leobener Str. NW 2  
 28359 Bremen  
 Deutschland

603

**Frehse, Anna-Birte**

Goethe-Universität Frankfurt am Main  
 Institut für Didaktik der Physik  
 Max-von-Laue-Str. 1  
 60438 Frankfurt am Main  
 Deutschland

519

**Gedigk, Kerstin**

TU Dresden  
 Professur Didaktik der Physik  
 Tharandter Str. 45 b  
 1159 Dresden  
 Germany

348

**Freyer, Katja**

Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Chemie  
 Schützenbahn 70  
 45127 Essen  
 Deutschland

70

**Geiss, Ralf, Dr.**

FHNW Pädagogische Hochschule  
 Sekundarstufe I und II  
 Baslerstrasse 43  
 5201 Brugg  
 Schweiz

360

**Fried, Susan**

564

**Gerling, Ines**

Humboldt-Universität zu Berlin  
 Didaktik der Chemie  
 Brook-Taylor-Straße 2  
 12489 Berlin  
 Deutschland

516

**Girwitz, Raimund, Prof. Dr.**

LMU München  
Didaktik der Physik  
Theresienstr. 37  
80333 München  
Deutschland

*339, 213, 513*

**Gröber, Sebastian, OstR. Dr.**

TU Kaiserslautern  
Didaktik der Physik  
Erwin-Schrödinger-Straße 46  
67663 Kaiserslautern  
Deutschland

*312*

**Göhring, Anja, Prof. Dr.**

Universität Regensburg  
Naturwissenschaft und Technik (NWT)  
93040 Regensburg  
Deutschland

*82*

**Gröger, Martin, Prof.**

Universität Siegen  
Chemiedidaktik  
Adolf-Reichwein-Str. 2  
57076 Siegen  
Deutschland

*396, 399, 402, 408, 405*

**Graf, Sönke**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
Didaktik der Physik  
Im Neuenheimer Feld 561, Raum B114  
69120 Heidelberg  
Deutschland

*255*

**Großmann, Carola**

Friedrich Schiller Universität Jena  
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik  
August-Bebel-Straße 6-8  
7743 Jena  
Deutschland

*597*

**Grafe, Silke, Prof. Dr.**

Ruhr-Universität Bochum  
Institut für Erziehungswissenschaft  
Universitätsstr. 150  
44801 Bochum

*126*

**Gut, Christoph, Prof. Dr.**

PH Zürich  
Lagerstrasse 2  
8090 Zürich  
Schweiz

*171, 174*

**Gramzow, Yvonne**

Universität Paderborn  
Didaktik der Physik  
Warburgerstr. 100  
33098 Paderborn

*111*

**Gutzler, Tobias**

Freie Universität Berlin  
Didaktik der Physik  
Arnimallee 14  
14195 Berlin  
Deutschland

*100, 103*

**Haagen-Schützenhöfer, Claudia, Dr.**

Universität Wien  
 AECC Physik  
 Porzellangasse 4/2  
 1090 Wien  
 Österreich

639

**Haak, Inka**

Universität Paderborn  
 Didaktik der Physik  
 Warburger Str. 100  
 33098 Paderborn  
 Deutschland

528

**Hagendorf, Susan**

TU-Braunschweig  
 IFdN, Abteilung Physik und Physikdidaktik  
 Bienroder Weg 82  
 38106 Braunschweig

318

**Hänze, Martin, Prof. Dr.**

Universität Kassel  
 Institut für Psychologie  
 Holländische Straße 36  
 34109 Kassel  
 Deutschland

282

**Härtig, Hendrik, Prof. Dr.**

IPN Kiel  
 Olshausenstraße 62  
 24098 Kiel  
 Deutschland

195

**Hartmann, Stefan**

156, 165

**Hasenkamp, Anna**

Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Chemie  
 Schützenbahn 70  
 45127 Essen

456

**Hawner, Martin**

CERN  
 Universität Würzburg  
 CERN  
 1211 Genf 23  
 Schweiz

612

**Heering, Peter, Prof. Dr.**

Universität Flensburg  
 Abteilung für Physik & ihre Didaktik &  
 Geschichte  
 Auf dem Campus 1  
 24943 Flensburg  
 D

429, 204, 345

**Heidrich, Jan**

IPN Kiel  
 Didaktik der Physik  
 Olshausenstraße 62  
 24118 Kiel  
 Deutschland

180

**Heine, Desiree**

Universität Koblenz-Landau  
Physikdidaktik  
Fortstr. 7  
76829 Landau  
Deutschland

267

**Hirth, Michael**

TU Kaiserslautern  
Didaktik der Physik  
Erwin Schrödinger Straße Geb. 46  
67663 Kaiserslautern  
Deutschland

309

**Heinke, Heidrun, Prof. Dr.**

RWTH Aachen  
I. Physikalisches Institut IA  
Sommerfeldstr. 14  
52074 Aachen  
Deutschland

435, 97, 555, 576, 573, 579

**Hochberg, Katrin**

Universität Kaiserslautern  
Didaktik der Physik - Ag Kuhn  
Erwin-Schrödinger-Str. 46  
67663 Kaiserslautern

306

**Heinze, Peter**

FSU Jena  
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik  
August-Bebel-Straße 6-8  
7743 Jena  
Deutschland

606

**Hoche, Julia**

RWTH Aachen  
Didaktik der Physik und Technik  
Sommerfeldstr. 14  
52074 Aachen  
Deutschland

555

**Henke, Andreas**

Universität Bremen  
Institut für Didaktik der  
Naturwissenschaften, Abt. Physikdidaktik  
Bremen  
Deutschland

471

**Hock, Kristina, Dr.**

Ludwig-Maximilians-Universität München  
Didaktik und Mathematik der Chemie  
Butenandtstr. 5-13  
81377 München  
Deutschland

615

**Hild, Pitt**

PH Zürich  
Zentrum für Didaktik der  
Naturwissenschaften  
Lagerstrasse 2  
8090 Zürich  
Schweiz

477, 171, 174

**Höffler, Tim, Dr.**

IPN  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland

207, 195

**Hoffmann, Michele**  
 Universität Jena  
 AG Chemiedidaktik  
 August-Bebel-Straße 6-8  
 7743 Jena  
 Deutschland

546

**Höttecke, Dietmar, Prof. Dr.**  
 Universität Hamburg  
 Didaktik der Physik  
 Von Melle Park 8  
 20146 Hamburg  
 Deutschland

279, 186, 525, 471

**Hofmann, Jan**  
 Justus-Liebig-Universität Gießen  
 Institut für Didaktik der Physik  
 Karl-Glöckner-Straße 21C  
 35394 Gießen  
 Deutschland

153

**Hubricht, Sandra**  
 Technische Universität Dortmund  
 Didaktik der Chemie I  
 Otto-Hahn-Straße 6  
 44227 Dortmund  
 Deutschland

600

**Holzäpfel, Lars**  
 PH Freiburg  
 Didaktik der Physik

297

**Hügel, Wolfgang**  
 Technische Akademie Schwäbisch Gmünd  
 e. V.  
 Lorcher Str.119  
 73529 Schwäbisch Gmünd  
 Deutschland

636

**Hopf, Martin, Dr.**  
 Universität Wien  
 AECCP  
 Porzellangasse 4/2  
 1090 Wien  
 Österreich

627, 639

**Hülsmann, Carolin**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Chemie  
 Schützenbahn, 70  
 45127 Essen  
 Deutschland

414

**Horn, Martin Erik, Dr.**  
 www.grassmann-algebra.de  
 Schütte-Lanz-Str. 61  
 12209 Berlin  
 Germany

321

**Itzek-Greulich, Heike**  
 Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
 Institut für Naturwissenschaft und Technik  
 Reuteallee 46  
 71634 Ludwigsburg  
 Deutschland

258

**Jannack, Verena**  
 PH Heidelberg  
 Abteilung Chemie  
 Im Neuenheimerfeld 561  
 69120 Heidelberg

462, 459

**Kalthoff, Britta**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Physik  
 Universitätsstr. 5  
 45117 Essen  
 Deutschland

570

**Janssen, Mareike**  
 Universität Siegen  
 Didaktik der Chemie  
 Adolf-Reichwein-Str. 2  
 57076 Siegen  
 Deutschland

405

**Kambach, Meta**  
 Humboldt-Universität zu Berlin  
 Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung  
 Biologie  
 Invalidenstraße 42  
 10115 Berlin  
 Deutschland

183

**Jonas-Ahrend, Gabriela, Dr.**  
 Technische Universität Dortmund  
 Didaktik der Physik  
 Otto-Hahn-Str. 4  
 44221 Dortmund  
 Deutschland

330

**Kammerer, Yvonne, Dr.**  
 IWM Tübingen  
 Deutschland

411

**Kakoschke, Annette**  
 Ruhr-Universität Bochum  
 Didaktik der Chemie  
 Universitätsstraße 150  
 44801 Bochum  
 Deutschland

198

**Kampschulte, Lorenz, Dr.**  
 IPN Kiel  
 Didaktik der Chemie  
 Olshausenstrasse 62  
 24118 Kiel  
 Deutschland

618

**Kallweit, Inga**  
 Technische Universität Dortmund  
 Lehrstuhl für Didaktik der Chemie II  
 Otto-Hahn-Straße 6  
 44227 Dortmund  
 Deutschland

228

**Karaböcek, Fadime**  
 Goethe-Universität Frankfurt  
 Institut für Didaktik der Physik  
 Max-von-Laue-Straße 1  
 60438 Frankfurt am Main  
 Deutschland

450

**Kasper, Lutz, Prof. Dr.**  
 Pädagogische Hochschule Schwäbisch  
 Gmünd  
 Institut für Naturwissenschaften - Abt.  
 Physik  
 Oberbettringer Str. 200  
 73525 Schwäbisch Gmünd  
 Deutschland

636

**Kauertz, Alexander, Prof. Dr.**  
 Universität Koblenz-Landau  
 Physikdidaktik  
 Fortstr. 7  
 76829 Landau  
 Deutschland

369, 267

**Keck, Daniel**  
 Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
 Didaktik der Physik  
 Reutealle 46  
 71634 Ludwigsburg  
 Deutschland

411

**Kinscher, Alina**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Chemie

231

**Kirschner, Sophie**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Physik  
 Schützenbahn 70  
 45127 Essen  
 Deutschland

141

**Klar, Peter J., Prof. Dr.**  
 Justus-Liebig-Universität Gießen  
 I. Physikalisches Institut  
 Heinrich-Buff-Ring 16  
 35392 Gießen  
 Deutschland

582

**Klein, Pascal**  
 TU Kaiserslautern  
 Didaktik der Physik  
 Erwin-Schrödinger-Straße 46  
 67663 Kaiserslautern  
 Deutschland

312

**Kleine-Boymann, Miriam**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Physik  
 Universitätsstraße 2  
 45117 Essen  
 Deutschland

522

**Klug, Tobias**  
 Justus-Liebig-Universität Gießen  
 Institut für Didaktik der Physik  
 Karl-Glöckner-Straße 21C  
 35394 Gießen  
 Deutschland

582

**Knemeyer, Jens-Peter, Dr.**  
 Pädagogische Hochschule Heidelberg und  
 Deutsches Krebsforschungszentrum  
 Fachbereich Physik  
 Im Neuenheimer Feld 561  
 69120 Heidelberg  
 Deutschland

459, 462

**Kobel, Michael, Prof. Dr.**  
 TU Dresden  
 Institut für Kern- und Teilchenphysik  
 Zellescher Weg 19  
 1062 Dresden  
 Germany

348

**Köller, Olaf, Prof. Dr.**  
 IPN Kiel  
 Erziehungswissenschaft  
 Olshausenstr. 62  
 24118 Kiel  
 Deutschland

3

**Kobow, Iwen**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Chemie  
 Schützenbahn 70  
 45127 Essen  
 Deutschland

276

**Kometz, Andreas, Prof. Dr.**  
 Universität Erlangen-Nürnberg  
 Didaktik der Chemie  
 Regensburger Str. 160  
 90478 Nürnberg  
 Deutschland

61

**Koch, Alexander**  
 Pädagogische Hochschule FHNW  
 Inst. für F&E, ZNDT  
 Riehenstrasse 154  
 4058 Basel  
 Schweiz

252, 216

**Komorek, Michael, Prof. Dr.**  
 Universität Oldenburg  
 Didaktik und Geschichte der Physik  
 Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11  
 26129 Oldenburg  
 Deutschland

363

**Koenen, Jenna**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Chemie  
 Schützenbahn 70  
 45127 Essen  
 Deutschland

192

**Korneck, Friederike, Dr.**  
 Goethe Universität Frankfurt am Main  
 Institut für Didaktik der Physik  
 Max von Laue Straße 1  
 60438 Frankfurt am Main  
 Deutschland

138, 94, 447, 135

**Koliander, Brigitte, DI Mag.**  
 Universität Wien  
 AECC Chemie  
 Porzellangasse 4/2  
 1090 Wien  
 Österreich

222, 79

**Körner, Hans-Dieter, Prof. Dr.**  
 Pädagogische Hochschule Schwäbisch  
 Gmünd  
 Abteilung Chemie  
 Oberbettringerstraße 200  
 73525 Schwäbisch Gmünd  
 Deutschland

168

**Kotwica, Anna**  
 Universität Hildesheim  
 Institut für Biologie und Chemie  
 Marienburger Platz 22  
 31141 Hildesheim  
 Deutschland

85

**Krieger, Claus, Prof. Dr.**  
 Universität Hamburg  
 Sportdidaktik  
 Von-Melle-Park 8  
 20146 Hamburg

279

**Krabbe, Heiko, Dr.**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Physik  
 Universitätsstraße 2  
 45117 Essen  
 Deutschland

522

**Krischer, Daniela**  
 Universität Siegen  
 Didaktik der Chemie  
 Adolf-Rechwein-Str. 2  
 57076 Siegen  
 Deutschland

396, 399

**Krause, Moritz**  
 Universität Bremen  
 Didaktik der Chemie  
 Leobener Str. NW2  
 28334 Bremen  
 Deutschland

354

**Kröger, Jochen**  
 Leibniz-Institut für die Pädagogik der  
 Naturwissenschaften und Mathematik  
 Olshausenstraße 62  
 24118 Kiel  
 Deutschland

117

**Krauß, Rüdiger**  
 Friedrich-Schiller-Universität Jena  
 Arbeitsgruppe Chemiedidaktik  
 August-Bebel-Straße 6-8  
 7743 Jena  
 Deutschland

58

**Krüger, Dirk, Prof. Dr.**  
 Freie Universität Berlin  
 Didaktik der Biologie  
 14195 Berlin  
 Deutschland

159, 156

**Krey, Olaf, Dr.**  
 Universität Potsdam  
 Didaktik der Physik  
 Karl-Liebnecht-Str. 24/25  
 14476 Potsdam-Golm  
 Deutschland

558

**Krüger, Janne**  
 Universität Hamburg  
 Didaktik der Physik  
 Binderstraße 34  
 20146 Hamburg  
 Deutschland

471

**Krüger, Marvin**  
 Universität Frankfurt  
 IDP  
 Max-von-Laue-Str. 1  
 60438 Frankfurt  
 Deutschland

447

**Kuhlmann, Markus**

126

**Kuhn, Jochen, Prof. Dr.**  
 Universität Kaiserslautern  
 Physikinstitut, Didaktik der Physik  
 Erwin-Schrödinger-Str. 46  
 67663 Kaiserslautern  
 Deutschland

300, 303, 264, 306, 309, 312, 315

**Kulgemeyer, Christoph, Dr.**  
 Universität Bremen  
 IDN - Physikdidaktik  
 Otto-Hahn-Allee 1  
 28359 Bremen  
 Deutschland

106, 114

**Kulik, Marta**  
 Universität Hamburg  
 Von-Melle-Park 8  
 20146 Hamburg

279

**Kunter, Mareike, Prof. Dr.**  
 Uni Frankfurt/M.  
 Institut für Psychologie  
 Grüneburgplatz 1  
 60323 Frankfurt am Main  
 D

138, 447

**Labudde, Peter, Prof. Dr.**  
 Pädagogische Hochschule der  
 Fachhochschule Nordwestschweiz  
 Zentrum Naturwissenschafts- und  
 Technikdidaktik  
 Riehenstrasse 154  
 CH-4058 Basel  
 Schweiz

13, 252, 294

**Lammertz, Ines**  
 RWTH Aachen  
 I. Physikalisches Institut IA  
 Sommerfeldstr. 14  
 52074 Aachen  
 Deutschland

576, 579

**Lamprecht, Jan, Dr.**  
 Uni Frankfurt/M.  
 IDP  
 Max von Laue-Str. 1  
 60438 Frankfurt/M.  
 D

135, 138

**Lange, Kim, Dr.**  
 Universität Augsburg  
 Lehrstuhl für Grundschulpädagogik und  
 Grundschuldidaktik  
 Universitätsstraße 10  
 86135 Augsburg  
 Deutschland

240, 237

**Längle, Celia**  
 PH FHNW  
 ZNTD  
 Riehenstrasse 154  
 4058 Basel  
 Schweiz

252

**Latef, Ahmed, Dr.**  
 P.H Algier  
 Didaktik der Physik  
 Frères Abdesselami 10  
 16000 Vieux Kouba Algier  
 Algerien

366

**Liepert, Sven**  
 RWTH Aachen  
 Didaktik der Physik und Technik  
 Sommerfeldstraße 14  
 52074 Aachen  
 Deutschland

141

**Lischke, Lourdes Maria**  
 Universität Bremen

603

**Luckhaupt, Arne**  
 Technische Universität Darmstadt  
 Institut für Allgemeine Pädagogik und  
 Berufspäd.  
 Alexanderstraße 6  
 64283 Darmstadt  
 Deutschland

390, 381

**Ludwig, Tobias**  
 Humboldt-Universität zu Berlin  
 Didaktik der Physik  
 Newtonstr. 15  
 12489 Berlin  
 Deutschland

273

**Lukner, Christian**  
 (BMU)  
 Carl Justi Str 13  
 53121 Bonn  
 Deutschland

324

**Magdans, Uta, Dr.**  
 RWTH Aachen  
 I. Physikalisches Institut IA  
 Sommerfeldstr. 14  
 52074 Aachen  
 Deutschland

579

**Markic, Silvija, Dr.**  
 Universität Bremen  
 Didaktik der Chemie  
 Leobener Strasse NW2  
 28334 Bremen  
 Deutschland

64

**Marmé, Nicole, Dr. PD**  
 Pädagogische Hochschule Heidelberg  
 Fachbereich Physik  
 Im Neuenheimer Feld 561  
 69120 Heidelberg  
 Deutschland

459, 462

**Mathesius, Sabrina**

156, 165

**Mayer, Peter**  
 LMU München  
 Lehrstuhl für Didaktik der Physik  
 Theresienstraße 37  
 80333 München  
 Deutschland

213

**Mehrwald, Torsten**  
 Lise-Meitner-Schule Stuhr-Moordeich  
 Deutschland

354

**Meinhardt, Claudia**  
 Universität Potsdam  
 Didaktik der Physik  
 Karl-Liebknecht-Str. 24/25  
 14476 Potsdam-Golm  
 Deutschland

558

**Melle, Insa, Prof. Dr.**  
 Technische Universität Dortmund  
 Didaktik der Chemie II  
 Otto-Hahn-Straße 6  
 44227 Dortmund  
 Deutschland

228, 234, 549

**Menthe, Jürgen, Dr.**  
 Universität Hamburg  
 Fak. EPB, Didaktik der Chemie  
 Binderstr. 34  
 20146 Hamburg  
 Deutschland

261

**Metzger, Susanne, Prof. Dr.**  
 Pädagogische Hochschule Zürich  
 Zentrum für Didaktik der  
 Naturwissenschaften  
 Lagerstrasse 2  
 8090 Zürich  
 Schweiz

174, 477, 171

**Michaelis, Julia, Dr.**

120

**Michel, Hanno**  
 Ruhr-Universität Bochum  
 Didaktik der Physik  
 Universitätsstr. 150  
 44801 Bochum  
 Deutschland

480

**Mikelskis-Seifert, Silke, Prof. Dr.**

PH Freiburg  
Didaktik der Physik  
Kunzenweg 21  
79117 Freiburg  
Deutschland

*210, 294, 297, 201, 285*

**Milke, Sabrina**

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg  
Physik und ihre Didaktik  
Reuteallee 46  
71634 Ludwigsburg  
Deutschland

*486*

**Möller, Kornelia, Prof'in Dr.**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Seminar für Didaktik des Sachunterrichts  
Leonardo Campus 11  
48149 Münster  
Deutschland

*25, 237, 240, 150*

**Molz, Alexander**

TU Kaiserslautern  
Didaktik der Physik  
Erwin-Schrödinger-Straße 46  
67663 Kaiserslautern  
Deutschland

*264*

**Mowka, Marie-Ann**

Universität Oldenburg  
Didaktik der Chemie  
Carl-von-Ossietzky Straße 9-11  
26129 Oldenburg  
Deutschland

*120*

**Mroske, Steffi**

Lise-Meitner-Schule Stuhr-Moordeich  
Deutschland

*354*

**Müller, Andreas, Prof. Dr.**

Universität de Genève  
Fac. Des Sciences/ Fac. Des Sciences IUFE  
Schweiz

*300, 315, 264, 306, 312, 309*

**Müller, Marion**

Universität Osnabrück  
Didaktik der Physik  
Barbarastraße 7  
49076 Osnabrück  
Deutschland

*282*

**Müller, Rainer, Prof. Dr.**

TU-Braunschweig  
IFdN, Abteilung Physik und Physikdidaktik  
Bienroder Weg 82  
38106 Braunschweig

*318*

**Müller, Wieland, Prof. Dr.**

Universität Koblenz-Landau  
InB, AG Physikdidaktik  
Fortstr. 7  
76829 Landau  
Deutschland

*315*

**Münstermann, Stephanie**

CERN  
PH-AGS-PS  
C03010  
1211 Geneve 23  
Schweiz

552

**Nerdel, Claudia, Prof. Dr.**

TU München, TUM School of Education  
Fachdidaktik Life Sciences  
Arcisstraße 21  
80333 München  
Deutschland

420, 507

**Mutke, Stefan**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland

132

**Neumann, Irene, Prof. Dr.**

Ruhr-Universität Bochum  
Didaktik der Physik  
Universitätsstr. 150  
44801 Bochum  
Deutschland

480

**Nagengast, Benjamin**

258

**Neumann, Jennifer**

Universität Duisburg-Essen  
Fakultät für Chemie - Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
DE

246

**Nakoinz, Simone**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland

504

**Neumann, Knut, Prof. Dr.**

IPN Kiel  
Didaktik der Physik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland

117, 375, 55, 123, 180

**Nehring, Andreas**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Didaktik der Chemie  
Brook-Taylor-Str. 2  
12489 Berlin  
Deutschland

177

**Nordmeier, Volkhard, Prof. Dr.**

Freie Universität Berlin  
Fachbereich Physik - Didaktik der Physik  
Arnimallee 14  
14195 Berlin  
Deutschland

534, 100, 103, 162, 159, 156

**Nowak, Kathrin H.**  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung  
Biologie  
Invalidenstr. 42  
10115 Berlin  
Deutschland

*177*

**Nückles, Matthias**  
Uni Freiburg

*210*

**Oettinghaus, Lars**  
Uni Frankfurt/M.  
IDP  
Max von Laue-Str. 1  
60438 Frankfurt/M  
D

*135, 447, 138*

**Ostersehl, Dörte, Dr.**  
Universität Bremen  
Didaktik der Chemie  
Leobener Straße NW2  
28334 Bremen  
Deutschland

*354*

**Pahl, Eva-Maria**  
Dreysestraße 17  
70435 Stuttgart

*219*

**Panusch, Martin**  
Universität Flensburg  
Abteilung f. Physik u. ihre Didaktik u.  
Geschichte  
Auf dem Campus 1  
24943 Flensburg  
D

*345*

**Parchmann, Ilka, Prof. Dr.**  
IPN Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland

*2, 618, 207, 417, 477*

**Patzwaldt, Kerstin**  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Didaktik der Chemie  
Brook-Taylor-Str. 2  
12489 Berlin  
Deutschland

*183*

**Peschel, Markus, Prof. Dr.**  
Universität des Saarlandes  
Lehrstuhl für Didaktik der Primarstufe:  
Sachunterricht  
Campus C 6.3  
66123 Saarbrücken  
Deutschland

*216, 489*

**Petersen, Stefan, Dr.**

IPN Kiel  
Didaktik der Physik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland

*180, 117*

**Pollmeier, Katharina**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Seminar für Didaktik des Sachunterrichts  
Leonardo-Campus 11  
48149 Münster  
Deutschland

*237*

**Pflüger-Schmezer, Brigitte**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
NTG - Institut  
Keplerstr.87  
69120 Heidelberg  
Deutschland

*591*

**Pospiech, Gesche, Prof. Dr.**

*91, 348, 351*

**Prestel, Thomas**

TU Dresden  
Didaktik der Physik  
Zellescher Weg 20  
1062 Dresden  
Deutschland

*91*

**Pietzner, Verena, Prof. Dr.**

Universität Hildesheim  
Institut für Biologie und Chemie  
Marienburger Platz 22  
311141 Hildesheim  
Deutschland

*85, 88, 336, 501*

**Priemer, Burkhard, Prof. Dr.**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Didaktik der Physik  
Newtonstr. 15  
12489 Berlin  
Deutschland

*273*

**Platova, Elina**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland

*567*

**Pusch, Alexander**

Ruhr Universität Bochum  
Stabsstelle eLearning  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Deutschland

*537*

**Podschuweit, Sören**

IPN Kiel  
Abteilung Chemiedidaktik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland

*630*

**Rabe, Thorid, Prof. Dr.**  
 Universität Potsdam  
 Didaktik der Physik  
 Karl-Liebknecht-Str. 24/25  
 14476 Potsdam-Golm  
 Deutschland

558

**Rehfeldt, Daniel**  
 Freie Universität Berlin  
 Didaktik der Physik  
 Arnimallee 14  
 14195 Berlin  
 Deutschland

103, 100

**Ralle, Bernd, Prof. Dr.**  
 Technische Universität Dortmund  
 Didaktik der Chemie I  
 Otto-Hahn-Str. 6  
 44227 Dortmund  
 Deutschland

585, 600, 621, 624

**Rehm, Markus, Prof. Dr.**  
 Pädagogische Hochschule Heidelberg  
 Didaktik der Chemie  
 Im Neuenheimer Feld 561  
 69120 Heidelberg  
 Deutschland

40, 55, 258

**Rath, Viktoria**  
 Universität Paderborn  
 Didaktik der Physik  
 Warburger Straße 100  
 33098 Paderborn  
 Deutschland

441

**Reinhold, Peter, Prof. Dr.**  
 Universität Paderborn  
 AG Didaktik der Physik  
 Warburger Straße 100  
 33098 Paderborn  
 Deutschland

441, 528, 111, 147

**Rautenstrauch, Hanne**

510

**Richtberg, Stefan**  
 LMU München  
 Didaktik der Physik  
 Theresienstraße 37  
 80333 München  
 Deutschland

339

**Refaeli-Mishkin, Hagit**  
 Technion- Israel Institute of Technology  
 Technion City  
 32000 Haifa  
 Israel

330

**Rieck, Cornelia**  
 Rupprecht-Gymnasium München  
 München  
 Deutschland

615

**Riese, Josef, Dr.**

Universität Paderborn  
AG Didaktik der Physik  
Warburger Straße 100  
33098 Paderborn  
Deutschland

*111, 147*

**Ruhrig, Jan**

Universität Hamburg  
Didaktik der Physik  
Binderstr. 34  
20146 Hamburg  
Deutschland

*186*

**Riewerts, Kerrin, Dr.**

Universität Bielefeld  
Lehren & Lernen  
Universitätsstraße 25  
33615 Bielefeld  
Deutschland

*333*

**Rumann, Stefan, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen

*129, 231, 456*

**Ropohl, Mathias, Prof. Dr.**

IPN  
Abteilung Didaktik der Chemie  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland

*561*

**Runden, Hans-Jürgen**

Deutschland

*354*

**Rosenberg, Dominique**

Universität Flensburg  
Abteilung Chemie und ihre Didaktik  
Auf dem Campus 1  
24943 Flensburg  
Deutschland

*543*

**Sach, Michael**

*138*

**Sander, Hannes**

Universität Hamburg  
Fakultät EPB, FB 5, Didaktik der Physik  
Binderstraße 34, R. 22  
20146 Hamburg  
Deutschland

*525*

**Roßbegalle, Thomas**

TU Dortmund  
Chemiedidaktik I  
Otto-Hahn-Str. 6  
44227 Dortmund  
Deutschland

*621*

**Sauer, Anja**  
Ruhr-Universität Bochum  
Lehrstuhl für Didaktik der Chemie  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Deutschland

642

**Schanze, Sascha, Prof. Dr.**  
Leibniz Universität Hannover  
IDN Fachgebiet Chemiedidaktik  
Am Kleinen Felde 30  
30167 Hannover  
Deutschland

327

**Schecker, Horst, Prof. Dr.**  
Universität Bremen  
IDN - Physikdidaktik  
Otto-Hahn-Allee 1  
28359 Bremen  
Deutschland

94, 114

**Scheid, Jochen**  
Universität Koblenz Landau  
InB, AG Physikdidaktik  
Fortstr. 7  
76829 Landau  
Deutschland

315

**Scherer, Ronny, Dr.**  
Humboldt-Universität zu Berlin  
Didaktik der Chemie  
Brook-Taylor-Straße 2  
12489 Berlin  
Deutschland

225

**Schlöder, Paul, Dr.**  
Dreieichschule  
Goethestr. 6  
63225 Langen  
Deutschland

393, 381

**Schmeling, Sascha, Dr.**  
CERN  
1211 Genf 23  
Schweiz

552, 612

**Schmidt, Ines**  
Universität Kassel  
Didaktik der Chemie  
Heinrich-Plett-Str. 40  
34109 Kassel  
Deutschland

291, 285

**Schmit, Stefan**  
Universität Oldenburg  
Didaktik und Geschichte der Physik  
Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11  
26129 Oldenburg  
Deutschland

363

**Schmitt, Anna**  
Technische Universität Dortmund  
Didaktik der Chemie II  
Otto-Hahn-Straße 6  
44227 Dortmund  
Deutschland

549

**Schmitt-Sody, Barbara**

Universität Erlangen-Nürnberg  
Didaktik der Chemie  
Regensburger Str. 160  
90478 Nürnberg  
Deutschland

61

**Schüssele, Bernd**

Pädagogische Hochschule Freiburg  
Abteilung Physik  
Kunzenweg 21  
79117 Freiburg  
Deutschland

201

**Schneider, Vincent**

Freie Universität Berlin  
Didaktik der Chemie  
Takustraße 3  
14195 Berlin  
Deutschland

426, 432

**Schwarz, Irina**

RWTH Aachen  
I. Physikalisches Institut (1A)  
Sommerfeldstraße 14  
52056 Aachen  
Deutschland

573

**Schnotz, Wolfgang, Prof. Dr.**

Universität Koblenz-Landau  
Institut für Psychologie  
Fortstr. 7  
76829 Landau  
Deutschland

315

**Schwarzer, Stefan, Dr.**

IPN Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstrasse 62  
24118 Kiel  
Deutschland

618

**Schulze-Heuling, Lydia**

KeBU Freiburg  
Koordination C Otieno  
Engelbergerstr. 41  
79085 Freiburg  
D

210

**Schwichow, Martin**

IPN Kiel  
Olshausenstraße 62  
24098 Kiel  
Deutschland

195

**Schürmann, Anke**

Freie Universität Berlin  
Didaktik der Chemie  
Takustraße 3  
14195 Berlin

432, 426

**Schwippert, Knut, Prof. Dr.**

279

**Siegert, Susanne**  
 RWTH Aachen  
 I. Physikalisches Institut Ia  
 Sommerfeldstraße 14  
 52074 Aachen  
 Deutschland

*97, 576*

**Spitzer, Philipp**  
 Universität Siegen  
 Chemiedidaktik  
 Adolf-Reichwein-Str. 2  
 57076 Siegen  
 Deutschland

*402, 405*

**Siferlinger, Karin**  
 LMU München  
 Didaktik der Physik  
 Theresienstr. 37  
 80333 München  
 Deutschland

*513*

**Stachelscheid, Karin, Prof. Dr.**  
 Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Chemie  
 Schützenbahn 70  
 45127 Essen  
 Deutschland

*246, 588*

**Siol, Antje, Dr.**  
 Universität Bremen  
 Zentrum für Umweltforschung und  
 nachhaltige Technologien  
 Leobener Str. UFT  
 28359 Bremen

*603*

**Stahl, Elmar, Prof. Dr.**  
 Pädagogische Hochschule Freiburg  
 Institut für Medien in der Bildung  
 Kunzenweg 21  
 79117 Freiburg  
 Deutschland

*201*

**Sommer, Katrin, Prof. Dr.**  
 Ruhr-Universität Bochum  
 Lehrstuhl für Didaktik der Chemie  
 Universitätsstraße 150  
 44801 Bochum  
 Deutschland

*198, 474, 642*

**Staraschek, Erich, Prof. Dr.**  
 PH Ludwigsburg  
 Didaktik der Physik  
 Deutschland

*144, 189, 483, 486, 498, 411*

**Sommer, Sven, Dr.**  
 Universität Flensburg  
 Projekt Miniphänomente  
 Auf dem Campus 1  
 24943 Flensburg  
 Deutschland

*342*

**Steff, Henning**  
 Ruhr-Universität Bochum  
 Didaktik der Chemie  
 Universitätsstraße 150  
 44801 Bochum  
 Deutschland

*474*

**Steffensky, Mirjam, Prof'in Dr.**

IPN Kiel  
Chemiedidaktik  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland

150

**Strahl, Alexander, Dr.**

TU-Braunschweig  
IFdN, Abteilung Physik und Physikdidaktik  
Bienroder Weg 82  
38106 Braunschweig

318

**Stender, Anita**

IPN Kiel  
Olshausenstraße 62  
24118 Kiel  
Deutschland

123

**Straube, Philipp**

Freie Universität Berlin  
Didaktik der Physik  
Arnimallee 14  
14195 Berlin  
Deutschland

159, 162, 156, 165

**Stiller, Bernd, Dr.**

Wettermuseum e.V.  
Museum für Meteorologie und Aerologie  
Herzberger Str. 21, OT Lindenberg  
15848 Tauche  
Deutschland

609

**Streller, Matthias**

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf  
Schülerlabor DeltaX  
Bautzner Landstraße 400  
1314 Dresden  
Deutschland

351

**Stiller, Jurik**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Didaktik der Chemie  
Brook-Taylor-Straße 2  
12489 Berlin  
Deutschland

156, 165, 162, 609

**Strelow, Stephanie**

Freie Universität Berlin  
Didaktik der Physik  
Arnimallee 14  
14195 Berlin  
Deutschland

534

**Stolzenberger, Christoph,**

Universität Würzburg  
Didaktik der Physik  
Emil-Hilb-Weg 22  
97074 Würzburg  
Deutschland

495

**Strübe, Martina**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland

438

**Sumfleth, Elke, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland

*444, 504, 531, 70, 192, 372, 438*

**Thoms, Lars-Jochen**

LMU München  
Lehrstuhl für Didaktik der Physik  
Theresienstraße 37  
80333 München  
Deutschland

*513, 213*

**Sunder, Cornelia**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Seminar für Didaktik des Sachunterrichts  
Leonardo Campus 11  
48149 Münster  
Deutschland

*150*

**Tiemann, Rüdiger, Prof. Dr.**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Didaktik der Chemie  
Brook-Taylor-Str. 2  
12489 Berlin  
Deutschland

*159, 162, 516, 609, 177, 183, 156*

**Tardent, Josiane**

PH Zürich  
Lagerstrasse 2  
8090 Zürich  
Schweiz

*171, 174*

**Tirre, Frederike**

IPN Kiel  
Didaktik der Chemie  
Olshausenstrasse 62  
24118 Kiel  
Deutschland

*618*

**Tepner, Oliver, Prof. Dr.**

Universität Regensburg  
Didaktik der Chemie  
Universitätsstraße 31  
93053 Regensburg  
Deutschland

*132, 438, 453, 444, 55*

**Toczowski, Thomas**

Technische Universität Dortmund  
Didaktik der Chemie I  
Otto-Hahn-Str. 6  
44227 Dortmund  
Deutschland

*624*

**Theyssen, Heike, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
Essen  
Deutschland

*97, 570, 573, 94*

**Todorova, Maria**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Seminar für Didaktik des Sachunterrichts  
Leonardo Campus 11  
48149 Münster  
Deutschland

*150*

**Tomczyszyn, Elisabeth**

Universität Bremen  
IND - Physikdidaktik  
Otto-Hahn-Allee  
28359 Bremen  
Deutschland

*114*

**Trump, Stephanie**

RWTH Aachen  
Didaktik der Physik und Technik  
Sommerfeldstraße 14  
52064 Aachen  
Deutschland

*285, 288*

**Trautmann, Andreas**

Universität Koblenz-Landau  
Physikdidaktik  
Fortstr. 7  
76829 Landau  
Deutschland

*267*

**Uchinokura, Shingo, Prof.**

*88*

**Trautwein, Ulrich, Prof. Dr.**

*258*

**Upmeyer zu Belzen, Annette, Prof. Dr.**

Humboldt-Universität zu Berlin  
Institut für Biologie / Fachdidaktik und  
Lehr-/Lernforschung Biologie  
Invalidenstr. 42  
10115 Berlin  
Deutschland

*183, 159, 177, 156*

**Trefzger, Thomas, Prof. Dr.**

Universität Würzburg  
Physik und ihre Didaktik  
Emil-Hilb-Weg 22  
97074 Würzburg  
Deutschland

*495, 612, 564*

**Urban-Woldron, Hildegard, Dr.**

Pädagogische Hochschule Niederösterreich  
Competence Center Science and Research  
Mühlgasse 67  
2500 Baden  
Österreich

*378*

**Tröger, Holger**

Universität Duisburg-Essen  
Didaktik der Chemie  
Schützenbahn 70  
45127 Essen  
Deutschland

*444*

**Vetters, Reinhard**

Universität Hildesheim  
Institut für Biologie und Chemie  
Marienburger Platz 22  
31141 Hildesheim  
Deutschland

*501*

**Vollmer, Christian**

258

**von Aufschnaiter, Claudia, Prof. Dr.**

Justus-Liebig-Universität Gießen  
 Institut für Didaktik der Physik  
 Karl-Glöckner-Straße 21C  
 35394 Gießen  
 Deutschland

153, 465, 582

**von Kotzebue, Lena**

TU München; TUM School of Education  
 Fachdidaktik Life Sciences  
 Arcisstraße 21  
 80333 München  
 Deutschland

507

**Vorholzer, Andreas**

Justus-Liebig-Universität Gießen  
 Institut für Didaktik der Physik  
 Karl-Glöckner-Straße 21c  
 35394 Gießen  
 Deutschland

465

**Wächter, Melanie**

Universität Koblenz-Landau  
 Didaktik der Physik  
 Fortstr. 7  
 76829 Landau  
 Deutschland

369

**Wackermann, Rainer, Prof. Dr.**

Ruhr-Universität Bochum  
 Didaktik der Physik  
 Universitätsstr. 150  
 44801 Bochum

126

**Walper, Lena Mareike**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
 Seminar für Didaktik des Sachunterrichts  
 Leonardo-Campus 11  
 48149 Münster  
 Deutschland

240

**Walpuski, Maik, Prof. Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Chemie  
 Schützenbahn 70  
 45127 Essen  
 Deutschland

270, 276, 414, 567

**Walzer, Martin**

Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Physik  
 Schützenbahn 70  
 45127 Essen  
 Deutschland

108

**Wegner, Nina**

Humboldt-Universität zu Berlin  
 Didaktik der Chemie  
 Brook-Taylor-Str. 2  
 12489 Berlin  
 Deutschland

516

**Weltner, Klaus, Prof. Dr.**

Universität Frankfurt  
 Institut fuer Didaktik der Physik  
 Max-von-Laue-Strasse 1  
 60438 Frankfurt  
 Deutschland

73

**Windt, Anna, Dr.**

Universität Duisburg-Essen  
 Didaktik der Chemie  
 Schützenbahn 70  
 45127 Essen

129, 456

**Welzel-Breuer, Manuela, Prof. Dr.**

Pädagogische Hochschule Heidelberg  
 NTG-Institut  
 Keplerstr.87  
 69120 Heidelberg  
 Deutschland

67, 255, 591

**Winkelmann, Jan**

Goethe-Universität Frankfurt am Main  
 Institut für Didaktik der Physik  
 Max-von-Laue-Str. 1  
 60438 Frankfurt am Main  
 Deutschland

249, 519

**Wengrowicz, Niva, Dr.**

Technion- Israel Institute of Technology  
 Technion City  
 32000 Haifa  
 Israel

330

**Wirtz, Markus, Prof. Dr.**

Pädagogische Hochschule Freiburg  
 Institut für Psychologie  
 Kunzenweg 21  
 79117 Freiburg  
 Deutschland

144

**Wentorf, Wilfried**

IPN  
 Didaktik der Chemie  
 Olshausenstraße 62  
 24118 Kiel  
 Deutschland

207

**Wodzinski, Rita, Prof. Dr.**

Universität Kassel  
 Kassel  
 Deutschland

94

**Weßnigk, Susanne, Dr.**

IPN Kiel  
 Didaktik der Physik  
 Olshausenstr. 62  
 24118 Kiel  
 Deutschland

375

**Woest, Volker, Prof. Dr.**

FSU Jena  
 AG Chemiedidaktik  
 August-Bebel-Str. 6-8  
 7743 Jena  
 Deutschland

58, 423, 546, 597, 606

**Woitkowski, David**  
Universität Paderborn  
AG Didaktik der Physik  
Warburger Straße 100  
33098 Paderborn  
Deutschland

147

**Wurm, Katharina**  
Universität Siegen  
Didaktik der Chemie  
Adolf-Reichwein-Straße 2  
57068 Siegen  
Deutschland

408

**Zala, Enikő, Dr.**  
PH Zürich  
Zentrum für Schulentwicklung  
Lagerstrasse 2  
8090 Zürich  
Schweiz

252

**Ziegler, Andreas**  
Rupprecht-Gymnasium München  
München  
Deutschland

615

Die 40. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) wurde im September 2013 an der Ludwig-Maximilians Universität München ausgerichtet.

Zum Tagungsthema „Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht“ 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)

ISBN 978-3-89088-361-8