

Riese, Josef; Reinhold, Peter

Fachbezogene Kompetenzmessung und Kompetenzentwicklung bei Lehramtsstudierenden der Physik im Vergleich verschiedener Studiengänge

Lehrerbildung auf dem Prüfstand 2 (2009) 1, S. 104-125



Quellenangabe/ Reference:

Riese, Josef; Reinhold, Peter: Fachbezogene Kompetenzmessung und Kompetenzentwicklung bei Lehramtsstudierenden der Physik im Vergleich verschiedener Studiengänge - In: Lehrerbildung auf dem Prüfstand 2 (2009) 1, S. 104-125 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-146947 - DOI: 10.25656/01:14694

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-146947>

<https://doi.org/10.25656/01:14694>

in Kooperation mit / in cooperation with:

V E P

www.vep-landau.de

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Herausgeber

Rainer Bodensohn, Reinhold S. Jäger und Andreas Frey
Bürgerstraße 23, 76829 Landau/Pfalz
Telefon: +49 6341 906 165, Telefax: +49 6341 906 166

Verlag

Empirische Pädagogik e. V.
Bürgerstraße 23, 76829 Landau/Pfalz
Telefon: +49 6341 906 180, Telefax: +49 6341 906 166
E-Mail: info@vep-landau.de
Homepage: <http://www.vep-landau.de>

Umschlaggestaltung

© Harald Baron

Druck

DIFO Bamberg

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, werden vorbehalten. Kein Teil des Werks darf in irgendeiner Form (durch Fotografie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlags reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verbreitet werden.

ISSN 1867-2779

ISBN 978-3-941320-11-6

© Verlag Empirische Pädagogik, Landau 2009

Inhalt

Editorial

- Schaper, N., Hilligus, A. H. & Reinhold, P.:
Kompetenzmodellierung und -messung in der Lehrerbildung 1

Originalarbeiten

- Schott, F & Azizi Ghanbari, S.:
Modellierung, Vermittlung und Diagnostik der Kompetenz kompetenzorientiert zu unterrichten – wissenschaftliche Herausforderung und ein praktischer Lösungsversuch 10
- Heinzer, S., Oser, F. & Salzmann, P.:
Zur Genese von Kompetenzprofilen 28
- Schmelzing, S., Fuchs, C., Wüsten, S., Sandmann, A. & Neuhaus, B.:
Entwicklung und Evaluation eines Instruments zur Erfassung des fachdidaktischen Reflexionswissens von Biologielehrkräften 57
- Seifert, A., Hilligus, A. H. & Schaper, N.:
Entwicklung und psychometrische Überprüfung eines Messinstruments zur Erfassung pädagogischer Kompetenzen in der universitären Lehrerbildung 82
- Riese, J. & Reinhold, P.:
Fachbezogene Kompetenzmessung und Kompetenzentwicklung bei Lehramtsstudierenden der Physik im Vergleich verschiedener Studiengänge 104
- König, J. & Blömeke, S.:
Disziplin- oder Berufsorientierung?
Zur Struktur des pädagogischen Wissens angehender Lehrkräfte 126
- Schmoltz, C. & Blömeke, S.:
Zum Verhältnis von fachbezogenem Wissen und epistemologischen Überzeugungen bei angehenden Lehrkräften 148
- Schaper, N.:
Aufgabenfelder und Perspektiven bei der Kompetenzmodellierung und -messung in der Lehrerbildung 166
- Impressum**..... 200

Contents

Articles

- Schott, F & Azizi Ghanbari, S.:
Modeling, imparting and diagnosing the competence to teach
competence-oriented – scientific challenge and a practical approach 10
- Heinzer, S., Oser, F. & Salzmann, P.:
On the genesis of competency profiles of teachers in the field of
vocational education and training 28
- Schmelzing, S., Fuchs, C., Wüsten, S., Sandmann, A. & Neuhaus, B.:
Development and evaluation of a test to measure pedagogical content
knowledge of biology teachers 57
- Seifert, A., Hilligus, A. H. & Schaper, N.:
Development and psychometrical testing of an instrument for the use
of measuring pedagogical competence in university teacher education 82
- Riese, J. & Reinhold, P.:
Measurement of future physics teachers' professional knowledge
and its development within different teacher education programs 104
- König, J. & Blömeke, S.:
Orientation towards discipline or profession?
On the structure of future teachers' pedagogical knowledge 126
- Schmoltz, C. & Blömeke, S.:
On the relationship of future teachers' content knowledge,
pedagogical content knowledge and epistemological beliefs 148
- Schaper, N.:
Scope and perspectives of competence modelling and measurement
in teacher education research 166

Impressum

Lehrerbildung auf dem Prüfstand

ISSN 1867-2779

ISBN 978-3-941320-11-6

Bürgerstraße 23, 76829 Landau/Pfalz

Telefon: +49 6341 906 180 Telefax: +49 6341 906 166

E-Mail: lbp@vpe-landau.de Homepage: <http://www.vpe-landau.de>**Erscheinungsweise/Preis**

Die Zeitschrift erscheint zweimal jährlich. Der Bezugspreis beträgt € 36,00/Jahr (Studierende: € 18,00/Jahr) zzgl. Porto. Kündigung 6 Wochen vor Jahresende.

Herausgeber

Rainer Bodensohn (Landau), Andreas Frey (Mannheim), Reinhold S. Jäger (Landau)

Beirat

Karl-Heinz Arnold (Hildesheim), Franz Baeriswyl (Fribourg), Günter Dörr (St. Ingbert), Ludwig Haag (Bayreuth), Niclas Schaper (Paderborn)

Redaktion

Ines Weresch-Deperrois

Beiträge

Die Zeitschrift *Lehrerbildung auf dem Prüfstand* (LbP) versteht sich als Organ, das die Lehrerbildung im gesamten deutschsprachigen Raum mit Hilfe empirischer Untersuchungen, kritischer Diskurse und Diskussionen begleitet und evaluiert. Das Ziel besteht darin, der Lehrerbildung zu einem hohen Niveau zu verhelfen. Dieses Ziel wird sowohl mit Themenheften verfolgt, die sich einer bestimmten Thematik widmen, als auch mit Heften, in denen empirische Untersuchungen, historische Diskurse, Perspektiven der Lehrerbildung, Metaanalysen, Buchbesprechungen etc. abgedruckt werden.

Die Zeitschrift veröffentlicht Beiträge generell zu Inhalten der Lehrerbildung. Die Beiträge sind im Regelfall empirisch orientiert, Beiträge mit grundsätzlichem Charakter sind erwünscht.

Manuskriptgestaltung

Die aktuellen Autorenrichtlinien finden Sie im Internet unter <http://www.vpe-landau.de>. Im Übrigen müssen die eingereichten Beiträge den „Richtlinien zur Manuskriptgestaltung“ (Göttingen: Hogrefe, 2007) entsprechen. Abgabe des Manuskripts in dreifacher Ausfertigung oder per E-Mail als Word- oder pdf-Datei. Endfassung (Text und Abbildungen) auf CD-Rom oder als E-Mail-Anhang.

Originalarbeiten

Josef Riese und Peter Reinhold

Fachbezogene Kompetenzmessung und Kompetenzentwicklung bei Lehramtsstudierenden der Physik im Vergleich verschiedener Studiengänge

Zusammenfassung: Die aktuelle Diskussion über eine Neugestaltung der Lehrerbildung hat zu einem wachsenden Interesse an verschiedensten Aspekten professioneller Handlungskompetenz von (Physik-) Lehrkräften geführt. Hier gibt es einen Mangel an gesicherten Forschungserkenntnissen, insbesondere im Hinblick auf die universitäre Phase der Lehrerbildung. Neben der Wirksamkeit des ersten Teils der Lehrerbildung als solcher ist damit einher gehend die Entwicklung professioneller Kompetenzen von besonderem Interesse. Die hier vorgestellte Untersuchung stellt Ergebnisse zur fachbezogenen Kompetenzentwicklung bei Lehramtsstudierenden der Physik vor und vergleicht Haupt-/Realschul- und Gymnasial-Studiengänge hinsichtlich ihrer Wirksamkeit. So konnte insbesondere der zeitliche Umfang der bisherigen Ausbildung als ein wichtiger Prädiktor für Fachwissen identifiziert werden, womit gleichzeitig vereinfachte bislang vorgenommene Operationalisierungen teilweise infrage gestellt werden. Vor diesem Hintergrund werden einerseits Bezüge zu vergleichbaren Studien aus dem Bereich der Lehramtsausbildung im Fach Mathematik hergestellt. Andererseits werden Schlussfolgerungen hinsichtlich der Tauglichkeit der entwickelten Messinstrumente in Bezug auf Veränderungsmessung und Differenzierung von verschiedenen Ausrichtungen der Lehramtsausbildung gezogen.

Schlagwörter: Berufliche Kompetenz – Kompetenzentwicklung – Lehrerbildung – Physiklehrer

Measurement of future physics teachers' professional knowledge and its development within different teacher education programs

Summary: The current discussion about the reorganization of teacher education resulted in a rising interest in important aspects of (physics-) teachers' professional action competence. This field however, lacks empirical research particularly with regard to the university phase of teacher education. Apart from the efficacy of teacher education in general the development of professional action competencies during the educational process is of particular interest. Our study presents results concerning the development of physics student teachers' competencies. It compares lower and upper secondary level teacher education programs in order to determine their efficacy. The duration of the education, respectively the amount of contact hours per week per semester, was identified as a relevant indicator of students' content knowledge. The results challenge operationalizations which can often be found in the respective literature. Furthermore, these results are related to those of comparable studies concerning education of mathematics teachers. Additionally, conclusions are drawn concerning the validity of the developed test approach with reference to the measurement of competence changes and the differentiation of alternative routes in physics teacher education.

Key words: development of competence – professional competence – physics teacher – teacher education

1. Wirkungsforschung in der Lehrerbildung

In Verbindung mit der Diskussion um die Qualität des deutschen Bildungssystems stellt sich auch die Frage nach der Wirksamkeit der Lehrerbildung, welche weitgehend noch unbeantwortet ist. So ist im Hinblick auf eine zielgerichtete Verbesserung der Lehrerbildung bislang in weiten Bereichen nicht klar, in welchem Umfang Lehramtsstudierende die für das Berufsfeld Schule benötigten Fähigkeiten und Kompetenzen im Rahmen ihrer universitären Ausbildungsphase erwerben und wie sich diese entwickeln. Auch wenn Untersuchungen zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung international betrachtet in durchaus zahlreicher Form vorliegen (vgl. etwa Cochran-Smith & Zeichner, 2005; Baumert & Kunter, 2006; Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008), weisen die Mehrzahl der Untersuchungen methodische Defizite auf, da sie nur auf Befragungen und Dokumentenanalysen beruhen oder nur innerhalb der eigenen Ausbildungsinstitution durchgeführt wurden. Des Weiteren wird kritisiert (Abell, 2007; Blömeke, Felbrich & Müller, 2008), dass auch international gesehen ein Mangel etlicher Forschungsarbeiten darin besteht, dass der Umfang fachbezogenen Wissens allein über äußere Indikatoren wie die Anzahl bisher absolvierter entsprechender Lehrveranstaltungen operationalisiert wird.

Umgekehrt ergeben sich aus den dargelegten Mängeln im Bereich der Wirkungsforschung Anforderungen an zukünftige Untersuchungen, welche den Fokus auf die Entwicklung und Struktur professioneller Handlungskompetenz legen. Wünschenswert ist eine standortübergreifende Durchführung in Verbindung mit einer theoriegeleiteten Instrumentenentwicklung, wobei Operationalisierungen auf der Basis eines Strukturmodells professioneller Handlungskompetenz vor dem Hintergrund der im Berufsfeld Schule existierenden Anforderungen vorgenommen werden sollten (Baumert & Kunter, 2006). Auch sollten Verzerrungen durch bewusste oder unbemerkte fehlerhafte Selbstwahrnehmung und -beurteilung möglichst vermieden werden, indem valide Testinstrumente verwendet werden, die über eine Selbsteinschätzung der Probanden hinausgehen und objektive Kriterien bei der Bewertung der Testleistungen zu Rate ziehen (Terhart, 2007). Die geschilderten Ansprüche werden in ersten größeren Untersuchungen im Bereich der Mathematik realisiert, etwa in den Studien MT 21 (Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008) und COACTIV (etwa Brunner et al., 2006), bei welchen die professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften bzw. Lehramtsstudierenden untersucht wurde.

2. Ziele der Untersuchung

Das vorgestellte Forschungsvorhaben hat das Ziel, vor dem Hintergrund der oben geschilderten Anforderungen erstmalig die Wirksamkeit der universitären Lehrerbildung im Bereich der Physik für das Haupt-/Realschul- (HR) und das

Gymnasiallehramt (GYM) zu untersuchen. Zunächst wurde dazu (I) ein Kompetenzstrukturmodell zur Beschreibung professioneller Handlungskompetenz von Absolventen des Lehramtsstudiengangs entwickelt, welches auf die Anforderungen der universitären Phase der Lehrerbildung abgestimmt ist (vgl. dazu etwa Lersch, 2006). In einem zweiten Schritt erfolgte auf dieser Basis (II) eine theoriegeleitete Entwicklung eines Messinstruments. Dieses Instrument wiederum wurde zur Befragung von Lehramtsstudierenden der Physik an mehreren Standorten eingesetzt, um (III) Erkenntnisse zu Ausmaß und Entwicklung professioneller Handlungskompetenz und damit zur Wirksamkeit der Lehrerbildung zu gewinnen. Indem auch das Zusammenspiel verschiedener identifizierter Kompetenzaspekte untersucht wird, soll schließlich in noch folgenden Untersuchungen ein (IV) empirisch fundiertes Kompetenzstrukturmodell zur Beschreibung professioneller Handlungskompetenz angehender Physiklehrkräfte auf der Basis des zunächst hypothetisch entwickelten Modells erstellt werden.

Dieser Beitrag konzentriert sich auf Analysen zur Messung und Entwicklung von Kompetenzen verschiedener Lehrämter der Physik im Vergleich und stellt Bezüge zu den Studien MT 21 (Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008) und COACTIV (Brunner et al., 2006) aus dem Bereich der Lehramtsausbildung Mathematik her. Damit sollen Schlussfolgerungen gezogen werden sowohl hinsichtlich der (differenziellen) Wirksamkeit der Physiklehrerausbildung als auch der Tauglichkeit der entwickelten Messinstrumente in Bezug auf Veränderungsmessung und Differenzierung von verschiedenen Ausrichtungen der Lehramtsausbildung. Eine detailliertere Beschreibung des Kompetenzmodells (I) und der Entwicklung des Messinstruments (II) findet sich bei Riese und Reinhold (2008a).

3. Theoretischer Bezugsrahmen der Untersuchung

Um Anschlussfähigkeit an die wegweisenden Studien zu empirischen Effekten der Lehrerbildung herzustellen, wurde eine Konzeptualisierung professioneller Handlungskompetenz verwendet, wie sie auch bei MT 21 bzw. COACTIV verwendet wurde. In diesen Untersuchungen wird ein heuristisches Kompetenzmodell zugrunde gelegt, das sich auf den Kompetenzbegriff nach Weinert (2001) bezieht, wonach Kompetenz ausgehend von grundlegenden Handlungsanforderungen einer Domäne modelliert werden kann (vgl. auch Bromme, 1992). In Anlehnung an die von Shulman (1986) eingeführte und von Bromme (1997) erweiterte Klassifikation von Teilbereichen professionellen Wissens von Lehrkräften kann zwischen fachlichem, fachdidaktischem und pädagogisch-psychologischem Professionswissen unterschieden werden (Abbildung 1). Um auch in verschiedensten Unterrichtssituationen rasch und angemessen handeln zu können, müssen die Wissensbereiche dabei zu professionellem Wissen integriert und verknüpft werden (Brophy, 1991). Zudem ist neben deklarativem auch prozedurales Wissen

und Können (Fenstermacher, 1994) insbesondere in Bezug auf die Entwicklung von domänenspezifischen Handlungsschemata (Wahl, Wölfling, Rapp & Heger, 1995) von Bedeutung.

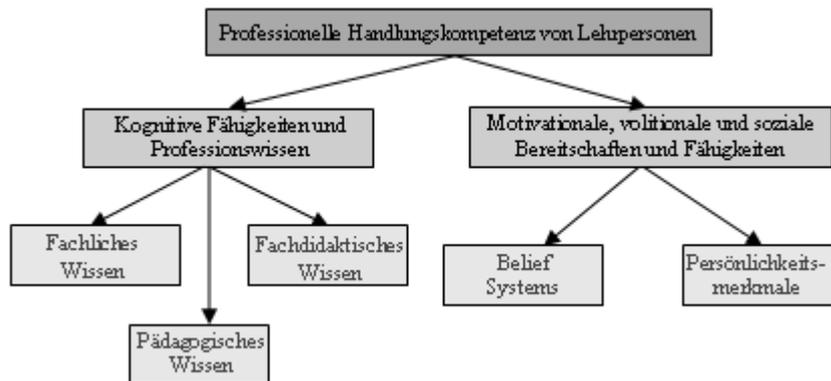


Abbildung 1: Kompetenzstrukturmodell (in Anlehnung an Baumert & Kunter, 2006; Ulbricht, Schaper & Hochholdinger, 2007; Blömeke, Felbrich & Müller, 2008; vgl. auch Seifert, Hilligus & Schaper in diesem Band)

Abgesehen von kognitiven Komponenten identifiziert Weinert (2001) motivationale, volitionale und soziale Bereitschaften und Fähigkeiten als weitere Aspekte professioneller Handlungskompetenz (vgl. dazu auch Baumert & Kunter, 2006). Zu nennen sind hier zum einen Belief Systems (Überzeugungen und Wertvorstellungen etwa zum Fach oder zum Lehren und Lernen), welche stark orientierende und handlungsleitende Funktionen besitzen (Jones & Carter, 2007). Diese sind außerdem für die Kompetenzentwicklung bedeutsam, da in der Regel nur eine Übernahme von Wissen erfolgt, das nicht mit den vorhandenen Beliefs in Konflikt steht (Pajares, 1992; Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008). Zudem sprechen Erkenntnisse aus der Psychologie dafür, dass motivationale Dispositionen wie z. B. das Selbstwirksamkeitserleben bei der Vorhersage des beruflichen Erfolges von Lehrkräften eine große Rolle spielen (etwa Lipowski, 2003). Aus Platzgründen beschränkt sich dieser Beitrag jedoch in erster Linie auf den Bereich des fachbezogenen¹ Professionswissens.

¹ Im Beitrag wird in der Regel zwischen fachlichem, fachdidaktischen und pädagogisch-psychologischem Professionswissen unterschieden. Ist von fachbezogenem Professionswissen die Rede, meint dies sowohl fachliches als auch fachdidaktisches Professionswissen.

4. Methodisches Vorgehen

Als Grundlage für die theoriegeleitete Itementwicklung wurde die beschriebene übergeordnete Strukturierung professioneller Handlungskompetenz unter Einbezug von normativen Leitbildern und Anforderungsanalysen aus Praxisbeobachtungen konkretisiert und in heuristischen Rahmenmodellen operationalisiert (Riese & Reinhold, 2008a). Diese Rahmenmodelle sollen sicherstellen, dass die relevanten Kompetenzaspekte im Instrument repräsentiert werden. Allerdings musste bei der Testentwicklung eine inhaltliche Fokussierung vorgenommen werden, um relevante Kompetenzaspekte vor dem Hintergrund begrenzter Zeitressourcen für die Testdurchführung (ca. 90 Minuten für alle Testkomponenten) in valider und fundierter Form zu erheben. Hierbei erfolgte eine Fokussierung auf den physikalischen Inhaltsbereich *Mechanik*, da die Mechanik die Grundlage für das Verständnis weiterer Bereiche darstellt und ein guter Prädiktor für physikalisches Wissen generell ist (Friege & Lind, 2004). Damit wurde eine andere Vorgehensweise bei der Testentwicklung als bei MT 21 oder COACTIV gewählt, wo mit Hilfe eines „rotierenden Testdesigns“² mehrere Inhaltsbereiche untersucht werden. Dieses Vorgehen lässt sich jedoch bei einer verhältnismäßig kleinen potentiellen Stichprobe kaum realisieren. Jährlich legen bundesweit nur einige wenige hundert Studierende ihre Lehramtsprüfung in Physik ab (vgl. Nienhaus, 2008). Weiterhin wurde für die Erfassung fachdidaktischer Kompetenzen eine Fokussierung auf den Anforderungsbereich „Experimentieren im Physikunterricht“ vorgenommen. Aufgrund der zentralen Bedeutung dieses Anforderungsbereichs in der Schulpraxis – sowohl qualitativ (Lunetta, Hofstein & Clough, 2007) als auch quantitativ (Tesch, 2005) – kann auch hier von einer Fokussierung auf besonders relevante Kompetenzaspekte im fachdidaktischen Wissenskontext ausgegangen werden.

Auf der Basis der heuristischen Rahmenmodelle wurden anschließend situations- und anforderungsbezogen sowohl offene als auch geschlossene Testitems für die Kompetenzmessung im Bereich Fachwissen und Fachdidaktik entwickelt. Die pädagogisch-psychologischen Testelemente wurden aus einem angrenzenden Projekt (Seifert, Hilligus & Schaper, in diesem Band) übernommen. Die Entscheidung für variierende Antwortformate liegt darin begründet, dass fachbezogenes Wissen in valider und ökonomischer Form mithilfe von Multiple-Choice-Aufgaben gemessen werden kann (Baumert & Köller, 1998). Dieses Testformat stößt jedoch bei der Erfassung handlungsnaher Wissensbestände an seine Grenzen (Blömeke, Felbrich & Müller, 2008).

² ‚Rotierendes Testdesign‘ bedeutet, dass nicht alle Aufgaben allen Probanden vorgelegt werden. Zwischen den Testheften werden über Ankeritems Verbindungen zwischen den Testteilpopulationen hergestellt, so dass die Leistungen vergleichbar sind.

Um insbesondere eine möglichst handlungsorientierte und situationsbezogene Erhebung von Kompetenzen zu gewährleisten, die über die Abfrage unverbundener Wissensbereiche hinausgeht, plädieren Oser und Renold (2005) für Testformate, in welchen den Probanden berufliche Situationen präsentiert werden. Während etwa bei COACTIV oder MT 21 bewusst keine handlungsnahen Aspekte fachbezogenen Wissens gemessen wurden (vgl. Brunner et al., 2006; Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008), legt diese Untersuchung besonderen Wert auf eine handlungsnaher Erhebung im Rahmen der Möglichkeiten eines Paper-and-Pencil-Tests. Speziell zu diesem Zweck wurden Unterrichtsvignetten entwickelt. Hierbei handelt es sich um prototypische Szenen zu kritischen Situationen beim physikalischen Experimentieren, wobei die Antworten auf hypothetische Anforderungen der Szenarien ermittelt wurden. So sollen die Probanden im unten vorgestellten Beispiel (Abbildung 2) die Unterrichtsszene im Hinblick auf nicht optimales Verhalten des Lehrers analysieren und fachlich nicht korrekte Schülerkonzeptionen diagnostizieren. Wie in einem anderen Beitrag gezeigt werden konnte (Riese & Reinhold, 2008b), sind solche handlungsorientierten Unterrichtsvignetten in der Lage, die Verknüpfung von fachlichem, fachdidaktischem und pädagogisch-psychologischem Professionswissen zu testen.

Alle entwickelten Instrumente wurden schließlich in einer Gruppe von 41 Lehramtsstudierenden unterschiedlicher Studiensemester pilotiert und anschließend auf der Basis statistischer Item-Analysen überarbeitet, wobei zum Zweck einer diskriminanten Validierung der fachdidaktischen Testkomponenten das Testheft auch bei Fachstudierenden der Physik zum Einsatz kam.

Nach dieser ersten Reduktion des Testmaterials erfolgte anschließend eine Validierung kritischer³, im Wesentlichen fachdidaktischer Testelemente und Teile der Operationalisierung (der Rahmenmodelle) unter Einbezug von 8 Experten (Fachleiter, erfahrene Lehrkräfte, Fachdidaktiker) im Rahmen von Interviews. Daneben wurden die Experteninterviews auch für die Entwicklung von Musterantworten bzw. eines fundierten Erwartungshorizonts für die jeweiligen Aufgaben als Grundlage für eine objektive und reliable Bewertung genutzt. Das mit den Erkenntnissen aus den Interviews überarbeitete Instrument wurde schließlich ein weiteres Mal in einer Gruppe von 56 Lehramtsstudierenden standortübergreifend pilotiert. Die Haupterhebung erstreckte sich auf insgesamt 11 Hochschulstandorte mit gut 300 Probanden. Eine detaillierte Beschreibung der fachlichen und fachdidaktischen Operationalisierung findet sich bei Riese und Reinhold (2008a).

³ Gemeint sind Testteile mit unklarem Erwartungshorizont bzw. nicht eindeutig bestimmbar Musterantworten und solche, bei denen die fachdidaktische Relevanz und Repräsentativität nicht offensichtlich bzw. eindeutig logisch zu klären ist.

Bei der Einführung des Prinzips „Actio = Reactio“ (9. Klasse) versucht der Lehrer, dies mit Hilfe einer Anordnung aus Feder und Gewicht zu demonstrieren. Es spielt sich folgende Szene ab:

Lehrer: Wenn ich das Gewicht an die Feder hänge, wird sie ein bestimmtes Stück ausgelenkt. Nehme ich das Gewicht weg und ziehe stattdessen mit einem Kraftmesser, dann muss ich mit etwa 10 N ziehen, damit die Feder genauso weit ausgelenkt wird. Das ist die Kraft, mit der das Gewicht an der Feder zieht. Wie ihr seht, muss ich mit derselben Kraft am Gewicht ziehen, damit es nicht nach unten fällt. Die Kraft, mit der die Feder am Gewicht zieht, ist also genauso groß.

Schüler signalisieren Zustimmung.

Lehrer: Stellt euch jetzt einmal vor, ein Apfel hängt an einem Baum. Wo haben wir hier jetzt Actio und Reactio?

Schüler A: Na is doch klar, der Apfel zieht am Ast und der Ast hält den Apfel oben!

Lehrer: Ja richtig – schön ihr habt es verstanden! Was ist denn dann, wenn der Apfel jetzt herunterfällt? Also während des Fallens, wo ist da Actio und Reactio?

Ein Gemurmel stellt sich ein.

Schüler B: Ja gilt das denn dann überhaupt noch? Ich meine, ist doch immer nur ideal, dass das gilt?!

Schüler A: Klar hast du noch Actio und Reactio, nur Actio wird halt immer größer, der Apfel wird ja schließlich schneller beim Fallen!

Schüler B: Ich dachte die müssen gleich sein? Wo willst du überhaupt Reactio haben, der fällt doch frei und wird nicht mehr gehalten?!

Schüler A: Hm. Na, Actio hast du auf jeden Fall schon mal, er bewegt sich ja. Und er wird ja auch nicht beliebig schnell, die Luftreibung bremsst ihn ja. Das ist deine Reactio!

Kompetenzbezogene Fragen zum Szenario:

a) Offensichtlich haben die Schülerinnen und Schüler die Ausführungen des Lehrers nicht richtig verstanden, der Übertrag auf die Situation mit dem frei fallenden Apfel funktioniert nicht. Analysieren Sie die Szene: Inwiefern ist das Vorgehen des Lehrers nicht optimal?

b) In den Aussagen der Schülerinnen und Schüler werden einige typische, fachlich nicht korrekte Vorstellungen deutlich. Welche können Sie jeweils bei den Schülerinnen und Schülern entdecken?

Abbildung 2: Beispiel einer Unterrichtsvignette

5. Ergebnisse

5.1 Testgütekriterien

Das entwickelte Testinstrument zeigt eine gute Reliabilität in den fachbezogenen Teilen des Professionswissens, Cronbachs α liegt beim Fachwissen (FW – 28 Items) bei $\alpha = .81$ und beim fachdidaktischen Wissen (FDW – 39 Items) bei $\alpha = .74$. Dabei zeigen die nach den Pilotierungen verbliebenen Items des Professionswissens überwiegend eine gute Verteilung (Abbildung 3) im anzustrebenden Schwierigkeitsbereich von .20 bis .80 (Bortz & Döring, 2005) und annähernd normalverteilte Histogramme in Bezug auf die Gesamtscores der Probanden (Abbildung 4). Dass Letztere ein wenig seitlich verschoben sind, zeigt, dass diese Testteile etwas zu schwer bzw. lang zu sein scheinen. Da die Verteilung trotzdem ausreichend Varianz zeigt und kein Bodeneffekt vorliegt, wird diese Tatsache jedoch nicht als bedenklich angesehen.

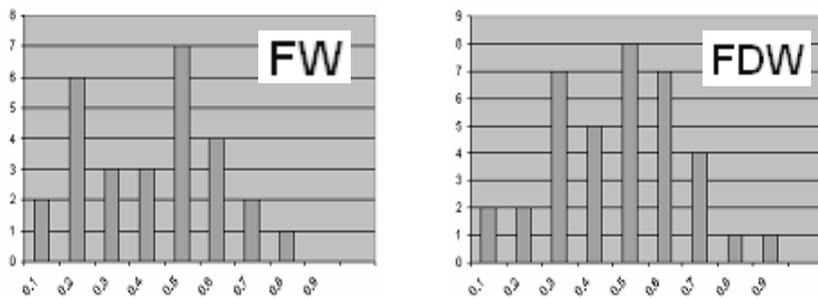


Abbildung 3: Histogramme der Itemschwierigkeiten beim fachbezogenen Professionswissen

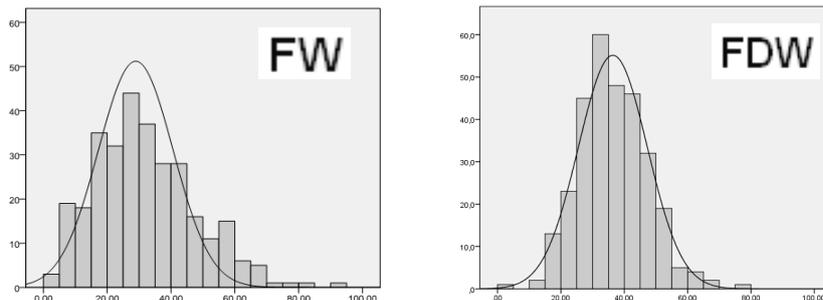


Abbildung 4: Histogramme der Gesamtscores der Testpersonen beim fachbezogenen Professionswissen

5.2 Ergebnisse zur Kompetenzentwicklung und deren Einflussfaktoren

Zentrale Zielsetzung dieses Beitrags ist es, mithilfe der bei unterschiedlichen Studiensemestern im Querschnitt gemessenen Leistung die fachbezogene Kompetenzentwicklung im Vergleich verschiedener Lehramter der Physik und deren Einflussfaktoren zu untersuchen. Vor diesem Hintergrund sollen zum einen Erkenntnisse zur Wirksamkeit der Physiklehrausbildung gewonnen und Bezüge zu Ergebnissen vergleichbarer Studien in der Mathematiklehrausbildung hergestellt werden. Zum anderen sollen Schlussfolgerungen in Bezug auf die Tauglichkeit der entwickelten Messinstrumente gezogen werden.

Zunächst wird die Stichprobe der Untersuchung kurz charakterisiert (Kap. 5.2.1) als Grundlage für eine detaillierte Analyse von Teilpopulationen. Anschließend (Kap. 5.2.2) wird ein Vergleich fachbezogener Kompetenz zwischen Studierenden des Grund- und des Hauptstudiums vorgenommen, um Rückschlüsse auf

die Sensibilität der entwickelten Messinstrumente in Bezug auf Veränderungsmessung ziehen zu können. Um Effekte der universitären Lehrerbildung als Ganzes zu erfassen, werden im Weiteren (Kap. 5.2.3) Erkenntnisse zum fachbezogenen Wissen am Ende der Ausbildung vorgestellt. Abschließend (Kap. 5.2.4) werden differenzierte Analysen zur Kompetenzentwicklung vorgenommen und auf deren Basis die Tauglichkeit einfacher Indikatoren bei der Kompetenzmessung geprüft. Bedingt durch das Design der Studie als Querschnittsstudie ist zu bedenken, dass die Aussagekraft der Ergebnisse zur Kompetenzentwicklung eingeschränkt und in späteren Längsschnittstudien zu untermauern ist.

5.2.1 Stichprobe der Untersuchung

Insgesamt haben 301 Probanden (113 weiblich / 183 männlich / 5 ohne Angabe) aus 11 Standorten in 6 Bundesländern an der Untersuchung teilgenommen. Das durchschnittliche Alter betrug 24.4 Jahre, die mittlere Abiturnote 2.33 und die Fachsemesterzahl im Durchschnitt 5.19 (Tabelle 1).

Dabei fallen Unterschiede zwischen den beiden unterschiedlichen Studiengängen der universitären Physiklehrerausbildung auf (siehe Tabelle 1). So liegt die Abiturnote im Bereich Haupt-/Realschule (HR) signifikant unter der im Bereich Gymnasium/Gesamtschule (GYM) ($t(285) = 5.59, p < .001$) und die Fachsemesterzahl ist etwas geringer ($t(285) = -3.15, p = .002$). Signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern konnten weder beim Alter, noch bei der Abiturnote oder der Fachsemesterzahl beobachtet werden. Auch hinsichtlich der Verteilung auf die Studiengänge besteht keine Abhängigkeit vom Geschlecht. Sowohl im HR- als auch im GYM-Studiengang liegt der Frauenanteil bei etwa 38 % ($\chi^2(1) = .001, p = .973$). Allerdings lassen sich vor allem in Bezug auf den HR-Studiengang Unterschiede im fachbezogenen Vorwissen vermuten: Während rund 35 % der HR-Frauen Physik nicht und nur 13 % einen Leistungskurs belegt hatten, ist das Bild bei den männlichen HR-Probanden nahezu umgekehrt mit 17 % bzw. 36 % bei gleichzeitig ausgeglichenem Bild im GYM-Studiengang.

Tabelle 1: Verteilung von Abiturnote und Fachsemesterzahl

Probandengruppe	N	Abiturnote ⁴ M	SD	Fachsemester M	SD
Insgesamt	296	2.33 (287)	.62	5.19 (287)	2.21
HR	120	2.56 (119)	.60	4.72 (121)	2.11
GYM	176	2.17 (168)	.59	5.54 (166)	2.22
Frauen	113	2.30 (110)	.56	5.03 (111)	2.09
Männer	183	2.36 (175)	.66	5.32 (174)	2.27

⁴ In Klammern jeweils das N der Teilpopulation, welche das entsprechende Merkmal angegeben hat.

Daneben ist zu beobachten, dass die Abiturnote bei den erfassten Studierenden des Grundstudiums⁵ (GS; N = 93) verglichen mit den Studierenden des Hauptstudiums (HS; N = 202) signifikant schlechter ist (GS: M = 2.45, SD = .52; HS: M = 2.28, SD = .66; $t(293) = 2.17$, $p = .019$). Möglicherweise spielt hier ein Nachwachsen schwächerer Jahrgänge aufgrund guter Berufsaussichten eine Rolle, daneben ist aber auch von einer gewissen selektiven Populationsveränderung der Stichprobe durch Studienabbrecher auszugehen, was bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen ist.

5.2.2 Entwicklung fachbezogener Kompetenz im Studium

Im Folgenden soll die fachbezogene Kompetenz von Lehramtsstudierenden des Grundstudiums mit der des Hauptstudiums⁵ verglichen werden. Auf der Basis dieser Auswertungen sind Rückschlüsse auf die Güte des Testinstruments möglich, denn eine gleichbleibende oder gar abnehmende Testleistung würde unter der Annahme eines kumulativen Wissensaufbaus in der Physik (Friege & Lind, 2004) gegen die Validität des Instruments sprechen.

Wie Tabelle 2 veranschaulicht, kann beim HR-Studiengang ein Kompetenzzuwachs beobachtet werden, der beim Fachwissen nicht mehr ganz auf 5 %-Niveau signifikant ($p = 0.054$) und beim Fachdidaktischen Wissen hoch signifikant ist. Beim GYM-Studiengang (Tabelle 3) sind in beiden Bereichen signifikante Zuwächse zu beobachten. Des Weiteren liegen die Effektstärken bei allen Vergleichen noch im mittleren bzw. hohen Bereich. Damit gehen alle Veränderungen in die erwartete Richtung, womit die Analyse fachbezogener Kompetenzentwicklung kein Argument gegen die Tauglichkeit der Messinstrumente in Bezug auf Veränderungsmessung liefern kann.

Tabelle 2: Fachbezogenes Professionswissen im HR-Studiengang von Grund- und Hauptstudium im Vergleich⁶

Wissensbereich	Grundstudium (GS) (N = 39)		Hauptstudium (HS) (N = 83)		Vergleich GS-HS ⁷	
	M	SD	M	SD	Diff. M _{GS} , M _{HS}	d _{GS, HS}
FW	87.4	14.1	93.0	16.3	5.6	.4
FDW	86.6	18.3	98.9	18.7	12.3 ***	.7

⁵ Zur Teilpopulation „Grundstudium“ wurden Probanden mit höchstens 3 (HR) bzw. höchstens 4 Semestern (GYM) gezählt, Probanden mit höherer Semesterzahl fallen jeweils unter die Teilpopulation „Hauptstudium“.

⁶ Die Werte beziehen sich auf den Mittelwert 100 und die Standardabweichung 20 der Gesamtstichprobe im jeweiligen Wissensbereich.

⁷ * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$. Bei den Effektstärken repräsentieren nach Cohen (1988) Werte von $d = .2$ einen kleinen Effekt, $d = .5$ einen mittleren Effekt und $d = .8$ einen starken Effekt.

Tabelle 3: Fachbezogenes Professionswissen im GYM-Studiengang von Grund- und Hauptstudium im Vergleich⁵

Wissensbereich	Grundstudium (GS) (N = 55)		Hauptstudium (HS) (N = 118)		Vergleich GS-HS ⁸	
	M	SD	M	SD	Diff. M _{GS} , M _{HS}	d _{GS, HS}
FW	100.6	17.8	107.7	20.5	7.1*	.4
FDW	98.7	18.4	106.1	19.9	7.5 *	.4

Alles in allem liegen die Ergebnisse bei vergleichbaren Kohortenstärken auf ähnlichem Niveau wie die Ergebnisse der MT 21-Studie (Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008). Dort wird ein im Vergleich zum Fachwissen deutlich höherer fachdidaktischer Kompetenzzuwachs im HR-Studium damit erklärt, dass HR-Studierende an Standorten, an denen auch Fachwissen von Fachdidaktikern vermittelt wird, indirekt umfangreichere fachdidaktische Lerngelegenheiten zur Verfügung stehen. Hier ist allerdings zu berücksichtigen, dass die GYM-Studierenden des Hauptstudiums gegenüber den HR-Studierenden immer noch einen deutlichen Vorsprung beim fachdidaktischen Wissen haben (Tabelle 3).

Generell ist in Bezug auf die fachbezogene Kompetenzentwicklung innerhalb des betrachteten Lehramtsstudiums im Fach Physik zu bedenken, dass auch in dieser Untersuchung die Wirksamkeit der universitären Lehrerausbildung auf der Grundlage der genannten Daten höchstwahrscheinlich eher unterschätzt wird und in Wirklichkeit ein noch höheres Ausmaß aufweisen dürfte. Diese Einschätzung beruht auf der Tatsache, dass die Stichprobe viele Studierende des Grundstudiums enthält, die bereits Studienleistungen erbracht haben, und viele Studierende des Hauptstudiums, die noch Studienleistungen erbringen müssen. Ein „bereinigter“ Vergleich von Studienanfängern einerseits mit Absolventen des Studienfachs andererseits ließ sich im Rahmen dieser Erhebung somit nicht realisieren.

5.2.3 Professionswissen am Ende der Ausbildung

In diesem Abschnitt soll der Frage nachgegangen werden, wie sich die Studierenden der beiden Lehramtsstudiengänge des Unterrichtsfaches Physik am Ende der Ausbildung hinsichtlich ihres Professionswissens unterscheiden. Zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse in den beiden Kompetenzbereichen Fachwissen (FW) und Fachdidaktisches Wissen (FDW) wurden die jeweiligen Wissensscores auf den Mittelwert 100 und die Standardabweichung 20 normiert. Da sich in der Stichprobe – wie oben beschrieben – nicht in ausreichender Zahl Absolventen befanden, wurden Studierende mit mindestens 5 (HR; N = 72)) bzw. 6 (GYM; N =

⁸ * p < .05, ** p < .01, *** p < .001. Bei den Effektstärken repräsentieren nach Cohen (1988) Werte von d = .2 einen kleinen Effekt, d = .5 einen mittleren Effekt und d = .8 einen starken Effekt.

62) Semestern bei jeweils 7 bzw. 9 Semestern Regelstudienzeit in die Analysen einbezogen und einander gegenübergestellt. Damit beruhen die Analysen auf Daten von insgesamt 134 weit fortgeschrittenen Lehramtsstudierenden am Ende der Ausbildung.⁹

Wie Tabelle 4 zeigt, lagen die Testleistungen der GYM-Studierenden beim Fachwissen hoch signifikant über eine halbe Standardabweichung über denen der HR-Studierenden. Auch beim Fachdidaktischen Wissen ist ein signifikanter Unterschied zu beobachten, allerdings mit moderaterer Effektstärke. Damit ergeben sich deutliche Gemeinsamkeiten zu den Ergebnissen der MT 21-Studie für angehende Mathematiklehrkräfte (Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008) und den Ergebnissen der COACTIV-Studie für praktizierende Lehrkräfte (Brunner et al., 2006), was die Aussagekraft dieser Erkenntnisse untermauert. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die GYM-Studierenden in dieser Stichprobe eine signifikant bessere Abiturnote (vgl. Kap. 5.2.1) als Indikator für die kognitive Leistungsfähigkeit erzielt haben. Berücksichtigt man dies durch eine regressionsanalytische Kontrolle der Abiturnote, indem die Abiturnote in einer hierarchischen Regressionsanalyse als zusätzlicher Prädiktor berücksichtigt wird, zeigt sich dennoch ein signifikanter Vorsprung ($\beta = .252$; $p = .004$) der GYM-Studierenden beim Fachwissen. Vermutlich spielen hier die unterschiedlichen Lerngelegenheiten eine Rolle, welche bei der intensiveren bzw. längeren Fachausbildung des GYM-Studiengangs auf einem größeren zeitlichen Umfang an fachlichen Lehrveranstaltungen beruhen. Dieser Vermutung soll im folgenden Kapitel (5.3.4) nachgegangen werden. Darüber hinaus deutet der Leistungsunterschied zwischen den beiden Studiengängen im Grundstudium (vgl. Tabelle 2 und Tabelle 3 in Kap. 5.2.2) aber auch ein fachliches Eingangsdefizit bei den HR-Studierenden an, wie es schon in MT 21 (Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008) beobachtet wurde.

⁹ Zum Vergleich: Laut Auskunft der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) haben in den letzten 7 Jahren etwa zwischen 200 und 400 Studierende jährlich ihre Lehramtsprüfung abgelegt (Nienhaus, 2008).

Tabelle 4: Vergleich des Professionswissens am Ende der Ausbildung¹⁰

Wissensbereich	HR-Studiengang (N = 72)		Gym-Studiengang (N = 62)		Vergleich HR-Gym ¹¹	
	M	SD	M	SD	Diff. M _{HR} , M _{Gym}	d _{HR, Gym}
FW	93.8	16.6	106.2	23.4	12.4 ***	.7
FDW	98.3	18.3	105.1	20.8	6.8 *	.4

In Bezug auf das Fachdidaktische Wissen verbleibt unter Kontrolle der Abiturnote – wiederum im Rahmen einer hierarchischen Regressionsanalyse – ebenfalls ein Vorsprung der GYM-Studierenden, welcher allerdings nicht mehr signifikant wird ($\beta = 0.126$; $p = .155$). Bedenkt man weiterhin, dass Fachwissen als grundlegende Voraussetzung für fachdidaktisches Wissen und erfolgreiches Unterrichten anzusehen ist (Terhart, 2002; Brunner et al., 2006) und kontrolliert diesen Faktor zusätzlich im Rahmen einer weiteren hierarchischen Regressionsanalyse, verschwindet der Unterschied zwischen den beiden Studiengangsgruppen völlig ($\beta = .002$; $p = .982$), er kehrt sich aber nicht um wie in anderen Untersuchungen (etwa COACTIV, vgl. Brunner et al., 2006). Dieses Ergebnis spiegelt die Tatsache wider, dass der physikdidaktische Ausbildungsanteil in beiden Studiengängen in etwa denselben zeitlichen Umfang einnimmt.

5.2.4 Entwicklungsfaktoren fachbezogener Kompetenz

Wie aus Tabelle 4 ersichtlich wird, gibt es Unterschiede in der Entwicklung fachbezogener Kompetenz zwischen den Studiengängen: HR-Studierende erreichen auch gegen Ende ihrer Ausbildung nicht ganz den mittleren Leistungsstand der Gesamtgruppe aller Semester. Im Folgenden sollen daher differenzierte regressionsanalytische Untersuchungen die Kompetenzentwicklung und ihre Einflussfaktoren näher beleuchten, indem das Testverhalten auf die erfasste Demographie und die bisherige Ausbildung bezogen wird. Wie eingangs erwähnt, besitzen die Ergebnisse designbedingt eine eingeschränkte Aussagekraft und müssen in Längsschnittstudien fundiert werden.

Ein robuster Befund der Lehr-/Lern- und Unterrichtsforschung ist, dass die zugestandene Lernzeit ein zentraler Prädiktor für die erreichte Fachleistung darstellt, wobei der aktiven Lernzeit eines Schülers (*time on task*) eine besondere Rolle zukommt (Helmke & Weinert, 1997). Allerdings ist der beobachtete Leistungsfortschritt der Schüler oft nicht linear, so konnten in Teilpopulationen starke

¹⁰Die Werte beziehen sich auf den Mittelwert 100 und die Standardabweichung 20 der Gesamtstichprobe im jeweiligen Wissensbereich.

¹¹* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$. Bei den Effektstärken repräsentieren nach Cohen (1988) Werte von $d = .2$ einen kleinen Effekt, $d = .5$ einen mittleren Effekt und $d = .8$ einen starken Effekt.

differentielle Effekte festgestellt werden, bis hin zu der Erkenntnis, dass vereinzelt kein Leistungsfortschritt einzelner Teilgruppen über mehrere Jahre hinweg nachgewiesen werden konnte (Lehmann, Hunger, Ivanov, Gänsfuß & Hoffmann, 2004). Insgesamt kann jedoch bei Schülern beobachtet werden, dass für den Verlauf des Entwicklungsprozesses vor allem die Ausgangsleistung aus dem Vorjahr und die kognitive Grundfähigkeit der Schüler bedeutsam ist (Kunter et al., 2006).

Um zu prüfen, ob sich diese Ergebnisse auf die Lehrerausbildung im Bereich Physik übertragen lassen, wurden in Anlehnung an die Vorgehensweise bei MT 21 (Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008) Bedingungsfaktoren der universitären Kompetenzentwicklung untersucht. Dabei wurden folgende Faktoren betrachtet: Abiturnote als Indikator für die kognitive Leistungsfähigkeit, letzte Physiknote und Kurswahlverhalten in der Oberstufe als Merkmal für das fachbezogene Vorwissen, Anzahl und Semesterwochenstundenzahl (SWS) abgeschlossener fachbezogener Kurse als Indiz für die genutzten universitären Lerngelegenheiten bzw. die Lernzeit, Fachsemesterzahl als Indikator für den generellen Studienfortschritt und das Geschlecht. Letzteres wurde berücksichtigt, da die Forschungslage bezüglich des Einflusses des Geschlechts auf die Fachkompetenz uneindeutig ist. So gibt es bislang keine stichhaltigen Erkenntnisse darüber, ob die in der Sekundarstufe I beobachteten Leistungsunterschiede durch die Wahlfreiheit in der Oberstufe – und damit erst recht im Studium – aufgefangen werden (Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008). Da die Physik in gewisser Weise auch mathematische Kenntnisse erfordert, wurden zudem die letzte Mathematiknote und das entsprechende Kurswahlverhalten in der Oberstufe berücksichtigt.

Von den geprüften Prädiktoren haben sich im Bereich Fachwissen Physik letztlich nur die Anzahl belegter SWS im Fach, die Abiturnote und das Geschlecht als signifikant herausgestellt. Zusammen erklären diese drei Einflussfaktoren beachtliche $R^2 = 37.9\%$ der Varianz beim Gesamtscore Fachwissen. Umgekehrt tragen insbesondere die Anzahl der Fachsemester oder die Anzahl belegter Fachkurse (letztere innerhalb der fachphysikalischen Ausbildung mit jeweils deutlich unterschiedlichem zeitlichen Umfang je Kurs), über welche Fachwissen bislang oft operationalisiert wurde (vgl. Kap. 1), nicht zur Varianzaufklärung beim Fachwissen bei und stellen somit keine geeigneten Indikatoren bzw. Prädiktoren hierfür dar. Einen Überblick über die signifikanten Prädiktoren beim Fachwissen gibt Tabelle 5. Dabei ist die Anzahl belegter SWS im Fach Physik – und damit der *zeitliche* Umfang der Ausbildung – der beste dieser drei Indikatoren und gleichzeitig der einzige, der nicht die individuellen Voraussetzungen, sondern die Lehrerbildung als solche betrifft.

Tabelle 5: Ergebnisse der Regressionsanalyse Fachwissen

Insgesamt (N = 266)	Beta	T	Signifikanz
SWS im Fach	.365	6.989	.000
Geschlecht	.298	6.121	.000
Abiturnote	-.278	-5.343	.000

Dabei konnte allerdings eine starke Studiengangsabhängigkeit beobachtet werden. Während beim HR-Studiengang vor allem das Geschlecht von Bedeutung ist, sind beim GYM-Studiengang die Abiturnote und die Anzahl belegter SWS im Fach von größerer Bedeutung. Auf den ersten Blick leuchtet nicht ein, warum Frauen fachlich schlechter abschneiden sollten als Männer. Eine mögliche Erklärung kann darin liegen, dass Frauen im HR-Studiengang in dieser Stichprobe einen Rückstand hinsichtlich ihres Vorwissens aufzuweisen haben (vgl. Kap. 5.2.1). Was die Abiturnote oder die Fachsemesterzahl angeht, ist kein Unterschied zwischen den Geschlechtern auszumachen.

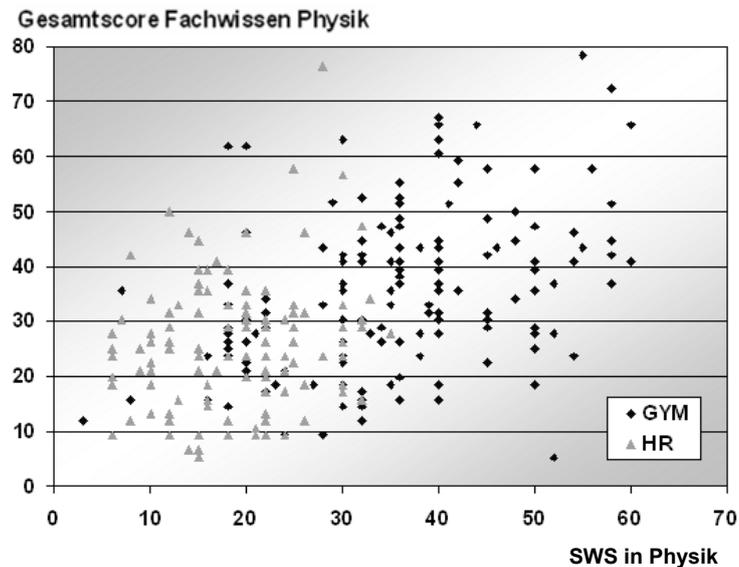


Abbildung 5: Relative Testleistungen im Fachwissen in Abhängigkeit belegter SWS in Physik

Der Umfang an SWS im Fach und das Fachwissen korrelieren hochsignifikant mit $r = .48$. Betrachtet man den Zusammenhang zwischen beiden Variablen näher in einem Streudiagramm (Abbildung 5), fällt auf, dass sich sowohl Ausgangsni-

veau als auch „Lerngeschwindigkeit“ (etwa 3 SWS pro Prozentpunkt des Gesamtscores) in beiden Studiengängen nicht deutlich unterscheiden. Allerdings erscheint die Entwicklung beim HR-Studiengang sprichwörtlich abgeschnitten, was wiederum für eine zeitliche Ausweitung der fachlichen Ausbildung in diesem Studiengang spricht. Auch wenn beide Studiengänge im späteren Berufsleben mit unterschiedlichen fachlichen Anforderungen und Schülerpopulationen konfrontiert werden, ist fachbezogenes Wissen nicht nur in der Sekundarstufe II eine wichtige Voraussetzung für angemessenes Agieren im Unterricht, so dass wir ähnlich wie die Autoren von MT 21 (Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008) die relative Kürze der HR-Ausbildung als kritisch ansehen.

Des Weiteren lässt der gefundene Zusammenhang von fachlicher Leistung – im Bereich Mechanik – und zeitlichem Umfang an Lerngelegenheiten die inhaltliche Fokussierung auf diesen Bereich auch empirisch gesehen als sinnvoll erscheinen und untermauert die Eigenschaft der Mechanik als guter Prädiktor für physikalisches Fachwissen generell. Obwohl sie explizit nur Gegenstand von Fachveranstaltungen am Anfang des Studiums ist, steigt die Testleistung in der Mechanik über das ganze Studium hinweg.

Beim fachdidaktischen Wissen ergeben sich insgesamt gesehen etwas schwächere Effekte. So liefern die in diesem Fall signifikanten Prädiktoren fachliche SWS, fachdidaktische SWS und Abiturnote eine Varianzaufklärung von $R^2 = 16.5\%$. Allerdings ist eine Standortabhängigkeit insofern zu beobachten, als es an einzelnen Standorten stärkere Abhängigkeiten der Testleistung im fachdidaktischen Wissen von der Anzahl belegter fachdidaktischer SWS gibt, welche allein eine Varianzaufklärung von bis zu 30 % liefern. Bedingt durch unterschiedliche Curricula gibt es hier offenbar deutliche Unterschiede in der Ausbildung. Tabelle 6 gibt einen Überblick über die signifikanten Prädiktoren.

Tabelle 6: Ergebnisse der Regressionsanalyse Fachdidaktik

Insgesamt (N = 262)	Beta	T	Signifikanz
SWS im Fach	.260	4.226	.000
SWS in der Didaktik	.175	3.064	.002
Abiturnote	-.140	-2.284	.023
[Geschlecht]	.087	1.520	.130

Auch hier ist eine Studiengangsabhängigkeit zu beobachten. Während das Geschlecht insgesamt gesehen keine bedeutende Rolle spielt (Tabelle 6), stellt es im HR-Studiengang den zweitbedeutendsten Prädiktor nach der Anzahl der fachdidaktischen SWS dar. Abiturnote und der Umfang an fachlichen SWS erweisen

sich bei der Vorhersage fachdidaktischer Leistungen als eher unbedeutend. Im GYM-Studiengang für sich genommen sind wiederum nur der Umfang an fachlichen SWS und die Abiturnote bedeutsam, nicht aber die fachdidaktischen SWS oder das Geschlecht.

Plausibel wird dieser Umstand, wenn die Rolle des Fachwissens in seiner Eigenschaft als Voraussetzung für fachdidaktisches Wissen durch den Einbezug als Prädiktor berücksichtigt wird. Als Folge erweisen sich das Geschlecht, die Anzahl belegter fachlicher SWS und die Abiturnote als unbedeutende Prädiktoren, während das Fachwissen und die Anzahl belegter SWS in der Fachdidaktik zu den einzigen signifikanten und gleichzeitig sehr bedeutsamen Prädiktoren werden. Sowohl insgesamt als auch separat je Studiengang liefern letztere eine Varianzaufklärung von rund 30 %. Damit lässt sich das oben erwähnte schlechtere Abschneiden der weiblichen Studierenden im HR-Studiengang also allein durch fehlendes Fachwissen dieser Teilpopulation erklären. Ebenso relativiert sich die zunächst festgestellte Bedeutsamkeit fachlicher SWS insofern, als nicht etwa fachdidaktisches Wissen in Fachveranstaltungen gelernt wird. Man kann vor dem Hintergrund der Ergebnisse vielmehr annehmen, dass fehlendes Fachwissen der Aneignung hohen fachdidaktischen Wissens im Wege steht.

6. Zusammenfassende Diskussion und Ausblick

Die verschiedenen Schritte zur Pilotierung und Validierung des Kompetenzmessinstruments zu fachlichem und fachdidaktischem Wissen in der Physiklehrausbildung haben gezeigt, dass ein Messinstrument entwickelt werden konnte, das für Zwecke der Veränderungsmessung und der Differenzierung zwischen verschiedenen Ausbildungsgängen in diesem Fach geeignet erscheint. Auch der auf spezifische Themenbereiche fokussierende Untersuchungsansatz hat sich nicht nur vor dem Hintergrund konzeptioneller Überlegungen, sondern auch auf der Grundlage der beschriebenen empirischen Befunde als valide und brauchbar erwiesen.

Die beschriebenen Ergebnisse zur Kompetenzentwicklung im Unterrichtsfach Physik konnten außerdem mit den Erkenntnissen der MT 21- und COACTIV-Studie im Bereich der universitären Mathematiklehrausbildung in Beziehung gesetzt werden, da ein vergleichbarer Kompetenzbegriff zugrunde gelegt wurde. Analog zu den Ergebnissen von MT 21 hat sich gezeigt, dass unterschiedliche Akzentsetzungen des jeweiligen Studiengangs zu bestimmten Kompetenzprofilen führen und sich die entsprechenden Ausbildungszeiten offenbar in unterschiedlichen fachbezogenen Leistungen widerspiegeln. Auf Basis dieser Daten erscheint daher eine pauschale Kritik an der Wirksamkeit der Lehrerausbildung als unangebracht, zumal die beobachteten Kompetenzzuwächse im Studium bedingt durch die Anlage der Untersuchung tendenziell eher unterschätzt werden dürften. Dabei

erhärten die Daten die auf Studien zum Lernzuwachs bei Schülern beruhende Vermutung, dass auch bei Lehramts-Studierenden ein enger Zusammenhang zwischen quantitativer Lernzeit und Leistungszuwachs besteht. Für zukünftige Kompetenzmessungen haben die Analysen darüber hinaus gezeigt, dass auf Grund der besonderen Studienstruktur in der Physik einzig der zeitliche Umfang der absolvierten Fachausbildung ein geeigneter Prädiktor bzw. vereinfachter Indikator für Fachkompetenz ist, während einige bislang genutzte Indikatoren wie die Fachsemesterzahl oder die reine Anzahl an Fachveranstaltungen als ungeeignet erscheinen.

Vor diesem Hintergrund erscheint insbesondere die relative Kürze des HR-Studiums problematisch, da trotz der festgestellten fachlichen Lernzuwächse im Studium vor allem fachliche Defizite im Vergleich zum GYM-Studiengang deutlich werden. Somit wäre eine auf die individuelle Leistungsfähigkeit angepasste Ausdehnung der fachlichen Ausbildungsanteile beim HR-Studiengang wünschenswert, gerade auch um Eingangsdefizite im Vorwissen auszugleichen. Weiterhin lässt sich festhalten, dass fehlendes Fachwissen hohem fachdidaktischen Wissen im Wege steht. Ohne Fachwissen ist keine Fach-Didaktik zu verstehen, daher ist im Studium zunächst ein fachlicher Grundstock zu legen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist allerdings zu berücksichtigen, dass es das Querschnittsdesign dieser Untersuchung nicht erlaubt, eindeutige Aussagen über kausale Bedingungen der Kompetenzentwicklung im Studienverlauf zu treffen. Zum einen kann nur eine eingeschränkte Kontrolle von Drittvariablen realisiert werden: Unterschiede zwischen Grund- und Hauptstudium könnten auch auf unterschiedliche Zusammensetzungen der Kohorten zurückzuführen sein. So ist z. B. von selektiven Populationsveränderungen der Stichprobe durch Studienabbrecher auszugehen. Dennoch lassen sich im Sinne einer quasi-längsschnittlichen Interpretation deutliche Indizien für die Wirkung der Lehrerbildung identifizieren, welche natürlich in späteren echten Längsschnittstudien zu fundieren sind.

Um weitere Ansatzpunkte für die Verbesserung der universitären Lehrerbildung zu bekommen, sollen weitere Untersuchungsschritte im Rahmen des Projekts Hinweise zum Zusammenhang des Professionswissens mit fachbezogenen und überfachlichen Beliefs sowie mit motivationalen Dispositionen bzw. Persönlichkeitsmerkmalen liefern. Ebenso sollen mithilfe weiterführender empirischer Analysen der professionellen Handlungskompetenz von Physiklehrern theoretisch begründete Annahmen überprüft werden und in ein empirisch fundiertes Kompetenzstrukturmodell münden. Ein aktuelles Anschlussprojekt befasst sich z. B. mit der Validierung des Instruments in Bezug auf Kriterien guten Unterrichts bzw. angemessenen Lehrerhandelns. Dabei soll auch untersucht werden, inwieweit die in diesem Projekt erfassten fachbezogenen Kompetenzen bzw. Wissenskomponenten wichtige Voraussetzungen für gutes Lehrerhandeln im Physikunterricht sind.

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. 1105-1149). Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Baumert, J. & Köller, O. (1998). Nationale und internationale Schulleistungsstudien: was können sie leisten, wo sind ihre Grenzen? *Pädagogik*, 50, 12-18.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9, 469-520.
- Blömeke, S., Felbrich, A. & Müller, Ch. (2008). Theoretischer Rahmen und Untersuchungsdesign. In S. Blömeke, G. Kaiser & R. Lehmann (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematik-Studierender und -referendare – Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung* (S. 15-48). Münster: Waxmann.
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.). (2008). *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematik-Studierender und -referendare – Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung*. Münster: Waxmann Verlag.
- Bortz, J. & Döring, N. (2005). *Forschungsmethoden und Evaluation* (3. Auflage). Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte. Zur Psychologie des professionellen Lehrwissens*. Göttingen: Hans Huber.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Psychologie des Unterrichts und der Schule*, Bd. 3, (S. 177-212). Göttingen: Hogrefe.
- Brophy, J. (1991). *Teacher's knowledge of subject matter as it relates to their teaching practice*. Greenwich: JAI Press.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U., Tsai, Y.-M. & Neubrand, M. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 521-544.
- Cochran-Smith, M. & Zeichner, K. (Eds.). (2005). *Studying teacher education. The report of the AERA panel on research and teacher education*. Mahwah: Erlbaum.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale: Erlbaum.

- Fenstermacher, G. D. (1994). The knower and the known: the nature of knowledge in research on teaching. In L. Darling-Hammond (Ed.), *Review of Research in Education* (pp. 3-56). Washington: American Educational Research Association.
- Friege, G. & Lind, G. (2004). Leistungsmessung im Leistungskurs. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht – MNU*, 57, 259-265.
- Helmke, A. & Weinert, F. E. (1997). Bedingungsfaktoren schulischer Leistungen. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Unterrichts und der Schule* (S. 71-176). Göttingen: Hogrefe.
- Jones, M. G. & Carter, G. (2007). Science teacher attitudes and beliefs. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1067-1104). Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Jordan, A. & Löwen, K. (2004). COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Die Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 31-53). Münster: Waxmann.
- Kunter, M., Dubberke, T., Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. & Tsai, Y.-M. (2006). Mathematikunterricht in den PISA-Klassen 2004: Rahmenbedingungen, Formen und Lehr-Lernprozesse. In M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum, R. Lehmann, D. Leutner, M. Neubrand, R. Pekrun, J. Rost & U. Schiefele (Hrsg.), *PISA 2003. Untersuchung zur Kompetenzentwicklung im Verlauf eines Schuljahres* (S. 161-194). Münster: Waxmann.
- Lehmann, R. H., Hunger, S., Ivanov, S., Gänsfuß, R. & Hoffmann, E. (2004). Aspekte der Lernausgangslage und der Lernentwicklung – Klassenstufe 11 (LAU 11). Hamburg: Behörde für Bildung und Sport.
- Lersch, R. (2006). Am Anfang steht die Wissenschaft ...: Grenzen und Möglichkeiten der Universität bei der Entwicklung professioneller Kompetenzen. In A. Hilligus & H. D. Rinkens (Hrsg.), *Standards und Kompetenzen – neue Qualität in der Lehrerbildung?* (S. 43-50). Münster: LIT.
- Lipowski, F. (2003). Wege von der Hochschule in den Beruf. Eine empirische Studie zum beruflichen Erfolg von Lehramtsabsolventen in der Berufseinstiegsphase. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Lunetta, V. N., Hofstein A. & Clough M. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory, and practice. In N. Lederman & S. Abel (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 393-441). Mahwah: Lawrence Erlbaum.

- Nienhaus, G. U. (2008). Stark ansteigende Absolventenzahlen. Verfügbar unter: www.kfp-physik.de/statistik/physikstudium_2008.pdf [13.03.2009].
- Oser, F. & Renold, U. (2005). Kompetenzen von Lehrpersonen – über das Auffinden von Standards und ihre Messung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 8, 119-140.
- Pajares, M. F. (1992). Teacher's beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62, 307-332.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2008a). Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Messung professioneller Handlungskompetenz bei (angehenden) Physiklehrkräften. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 1 (2), 625-640.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2008b). Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Messung professioneller Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften – Handlungsorientierte Kompetenzmessung bei Lehramtsstudierenden der Physik. Vortrag auf der Tagung „Kompetenzdiagnose und Kompetenzentwicklung in der Lehrerbildung“ (KuKL) vom 5.-6. Dezember 2008 in Paderborn. Paderborn: Universität Paderborn.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Tesch, M. (2005). *Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*. Berlin: Logos.
- Terhart, E. (2002). Standards für die Lehrerbildung. Eine Expertise für die Kultusministerkonferenz (ZKL-Texte Nr. 23). Universität Münster: Zentrale Koordination Lehrerbildung.
- Terhart, E. (2007). Erfassung und Beurteilung der beruflichen Kompetenzen von Lehrkräften. In M. Lüders & J. Wissinger (Hrsg.), *Forschung zur Lehrerbildung. Kompetenzentwicklung und Programmevaluation* (S. 37-62). Münster: Waxmann.
- Ulbricht, T., Schaper, S. & Hochholdinger, S. (2007). Entwicklung von Instrumenten zur Evaluation einer kompetenzorientierten Lehrerausbildung. In D. Lemmermöhle, M. Rothgangel, S. Bögelholz & R. Watermann (Hrsg.), *Professionell lehren – erfolgreich lernen* (S. 171-182). Münster: Waxmann.
- Wahl, D., Wölfling, W., Rapp, G. & Heger, D. (Hrsg.). (1995). *Erwachsenenbildung konkret*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Weinert, F. E. (2001). Concept of competence: A conceptual clarification. In D. S. Rychen & L. H. Salganik (Eds.), *Defining and selecting key competencies* (pp. 45-66). Göttingen: Hogrefe.

Anschrift der Autoren:

Josef Riese, Universität Paderborn, Fakultät für Naturwissenschaften, Department Physik/Didaktik der Physik, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn, E-Mail: josef.riese@upb.de

Prof. Dr. Peter Reinhold, Universität Paderborn, Fakultät für Naturwissenschaften, Department Physik/Didaktik der Physik, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn, E-Mail: peter.reinhol@uni-paderborn.de