

## **Empirische Erkenntnisse zur Wirksamkeit der universitären Lehrerbildung**

### **Indizien für notwendige Veränderungen der fachlichen Ausbildung von Physiklehrkräften**

**Josef Riese**

Universität Paderborn, Fachbereich Physik, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn,  
[josef.riese@upb.de](mailto:josef.riese@upb.de)

(Eingegangen: 14.05.2010; Angenommen: 21.06.2010)

#### **Kurzfassung**

Die Diskussion über die Umgestaltung der Lehrerbildung hat zu einem wachsenden Interesse an der Struktur und Entwicklung professioneller Handlungskompetenz von (Physik-) Lehrkräften geführt. Insbesondere im Hinblick auf die universitäre Phase der Lehrerbildung ist diesbezüglich jedoch ein Mangel an gesicherten Forschungserkenntnissen zu verzeichnen, so dass bislang vorgenommene Reformvorhaben oftmals nur auf festen Überzeugungen beruhen. Aus diesem Grund wurde eine bundesweite Kompetenzmessung zur Erfassung verschiedener Aspekte der Professionalität von angehenden Physiklehrkräften durchgeführt, deren Ergebnisse im Beitrag vorgestellt werden. So werden zum einen Haupt-/ Realschul- und Gymnasial-Studiengänge hinsichtlich ihrer Wirksamkeit verglichen und Ergebnisse zur fachbezogenen Kompetenzentwicklung bei Lehramtsstudierenden vorgestellt. Zum anderen wird mit Hilfe eines empirisch fundierten Kompetenzstrukturmodells die Relevanz des schulfernen physikalischen Fachwissens, welches im Lehramtsstudium erworben wird, für den Unterricht diskutiert. Abschließend werden Daten einer nachfolgenden Erhebung an pädagogischen Hochschulen in Baden Württemberg berichtet und mögliche Implikationen der Ergebnisse für die universitäre Lehrerbildung aufgezeigt.

#### **1. Einleitung**

Nach den großen Schulleistungsstudien der vergangenen Jahre (vor allem TIMSS und PISA) ist das deutsche Bildungssystem in die Kritik geraten. Da Lehrkräfte als Vermittler und Moderatoren von Lernprozessen eine zentrale Rolle spielen (vgl. z. B. [1]), wird durch die Ergebnisse auf Schülerebene gleichzeitig die professionelle Kompetenz von Lehrkräften (und damit auch die Lehrerbildung) infrage gestellt. Generell stellt sich damit die Frage, wie es um die Wirksamkeit der Lehrerausbildung bestellt ist. Hier besteht nach wie vor grundsätzlicher Klärungsbedarf, da es, auch international gesehen, kaum empirisch gesicherte Forschungserkenntnisse bzgl. der Wirksamkeit der ersten Ausbildungsphase von Lehrkräften in den Naturwissenschaften gibt ([2] und [3]). Bisher ist weitgehend unklar, inwieweit Studierende im Zuge ihrer universitären Ausbildung die zur Bewältigung beruflicher Anforderungen notwendigen Kompetenzen überhaupt erwerben. Solche Erkenntnisse sind aber erforderlich, um die Lehrerausbildung zielgerichtet zu optimieren.

Darüber hinaus wird häufig (etwa [4]) eine unzureichende methodische Qualität vieler Studien beklagt. So basieren viele Untersuchungen lediglich auf Selbsteinschätzungsverfahren, ohne in eine theoretische, an aktuelle Forschung anschlussfähige Rahmenkonzeption eingebettet zu sein. Vor diesem Hintergrund zielt das hier vorgestellte Forschungs-

vorhaben darauf ab, in der aktuellen Debatte Erkenntnisse zur Wirksamkeit der universitären Lehrerbildung in Physik beisteuern zu können. Dabei werden im Beitrag primär Ergebnisse einer Dissertationsstudie [5–7] vorgestellt, in welcher Haupt-/ Realschul- und Gymnasialstudiengänge hinsichtlich ihrer Wirksamkeit miteinander verglichen und Aspekte fachbezogener Kompetenzentwicklung und -struktur bei Physiklehramtsstudierenden untersucht werden. Daneben werden erste Ergebnisse einer Anschlussstudie berichtet, in welcher Haupt-/ Realschulstudiengänge an Universität und pädagogischer Hochschule verglichen werden.

#### **2. Theoretischer Bezugsrahmen**

Um die gewonnenen Erkenntnisse vor dem Hintergrund der aktuellen Diskussion interpretieren zu können, wurde konzeptuell an erste existierende large-scale Untersuchungen angeknüpft. Dementsprechend wird dasselbe heuristische Kompetenzmodell wie in MT21 [3] und COACTIV [8] zugrunde gelegt (vgl. auch [4]), in dem professionelle Handlungskompetenz von Lehramtsstudierenden bzw. Lehrkräften der Mathematik untersucht wird. Weinert [9] folgend erfolgt Kompetenzmodellierung dabei prinzipiell ausgehend von beruflichen Handlungsanforderungen, wobei in Anlehnung an eine von Shulman [10] eingeführte und von Bromme [11] erweiterte Klassifikation des Professionswissens von

Lehrkräften zwischen fachlichem (FW), fachdidaktischem (FDW) und allgemeinem pädagogischem Wissen (PW) unterschieden wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für Lehrkräfte neben deklarativem auch prozedurales Wissen und Können von Belang ist. Dies reicht bis zur Entwicklung von Handlungsschemata, um auch in kritischen Unterrichtssituationen rasch und angemessen handeln zu können [12]. Abgesehen vom Professionswissen werden Belief Systems (Überzeugungen und Vorstellungen zum Fach, zum Lehren und Lernen und zur Schule) und motivationale Orientierungen wie Selbstwirksamkeitserwartung und Enthusiasmus als weitere Facetten professioneller Handlungskompetenz angeführt [4 + 6].

### 3. Design und Methode

Im Folgenden wird das methodische Vorgehen der vorgenommenen Kompetenzmodellierung und Kompetenzmessung skizziert. Eine detaillierte Beschreibung aller Operationalisierungen und entsprechende Skalendokumentationen finden sich in [5].

#### 3.1. Operationalisierung

Angesichts der Breite des untersuchten Kompetenzkonstrukts wurde eine fokussierte Betrachtung vorgenommen. So erfolgte zum einen eine Konzentration auf den Inhaltsbereich Mechanik. Diese Fokussierung erfolgte aufgrund der Tatsache, dass im Mechanikstudium die Grundlage für das Verständnis weiterer Bereiche gelegt wird und sich Wissen in Mechanik als guter Prädiktor für physikalisches Wissen generell herausgestellt hat [13]. Zum anderen wurde für die Erfassung fachdidaktischer Kompetenzen eine Begrenzung auf den Anforderungsbereich „Experimentieren im Physikunterricht“ vorgenommen, da diesem Anforderungsbereich in der Schulpraxis eine sehr hohe Bedeutung zukommt, was sich beispielsweise darin äußert, dass bis zu zwei Drittel der Unterrichtszeit durch Experimentieren geprägt werden [14].

Vor diesem Hintergrund wurden die in Abschn. 2 aufgeführten Aspekte professioneller Handlungskompetenz im Sinne einer theoriegeleiteten Itementwicklung ausdifferenziert bzw. konkretisiert. Dabei wurde von vorhandenen Strukturierungen aus anderen Untersuchungen (für MT21: [3]; für COACTIV: [8]), fachspezifischen Kompetenzmodellen auf Schülerebene (Übersicht in [15]) und unter Einbezug normativer, fachdidaktischer Leitbilder (etwa Didaktische Rekonstruktion, vgl. [16]) ausgegangen. In diesem Prozess wurden die betrachteten Kompetenzfacetten als Grundlage für die Entwicklung der Messinstrumente innerhalb heuristischer Rahmenmodelle operationalisiert, um sicherzustellen, dass alle relevanten Aspekte durch Aufgaben repräsentiert werden und die Items gleichmäßig über die Anforderungsbereiche verteilt sind.

Im Falle des physikalischen Fachwissens wurde letztlich ein dreidimensionales Modell verwendet,

welches aus *Inhaltsbereichen* (Kinematik, Kraft, Energie, Impuls), *kognitiven Aktivitäten* (Reproduzieren, Verstehen, Beurteilen und Analysieren) und *Niveaustufen* (Schulwissen, vertieftes Wissen, rein universitäres Wissen) besteht. Die fachdidaktische Operationalisierung unterscheidet eindimensional *Wissen über (allgemeine) Aspekte physikalischer Lernprozesse, Wissen über den Einsatz von Experimenten, Gestaltung und Planung von Lernprozessen, Beurteilung, Analyse und Reflexion von Lernprozessen* sowie *adäquate Reaktion in kritischen Unterrichtssituationen*. Zur inhaltlichen Validierung der fachdidaktischen Kompetenzmodellierung wurden ergänzend Expertenbefragungen (8 Fachdidaktiker, Fachleiter und erfahrene Lehrkräfte) durchgeführt, worauf die Modellierung überarbeitet wurde.

In Bezug auf die Beliefs der Physiklehrkräfte wurden in Anlehnung an MT21 [3] die Bereiche *wissenschaftstheoretische Beliefs, Beliefs über das Lehren und Lernen des Unterrichtsfaches, fächerübergreifende Beliefs zur Lehrerrolle* sowie *Beliefs über Inhalte der Lehrerausbildung* erfasst. Da es sich bei Mathematik und Physik zwar um strukturell ähnliche, jedoch inhaltlich verschiedene Fachdomänen handelt, wurden die eigentlichen Items entweder von verschiedensten Untersuchungen aus den Naturwissenschaften übernommen bzw. adaptiert oder gänzlich neu entwickelt (zur ausführlichen Dokumentation siehe [5]). Schließlich wurden *Fachenthusiasmus, Wirksamkeitserwartungen, Leistungsmotivation* und *Studienwahlmotive* im Bereich motivationaler Orientierungen erhoben. Die pädagogisch-psychologische Kompetenzmodellierung (Inhaltsbereiche zur *Erziehung und Bildung* sowie zu *Unterricht und allgemeiner Didaktik*) und die dazugehörigen Items wurde aus einem anderen Projekt übernommen [17]. Aus Platzgründen kann in diesem Beitrag allerdings primär nur auf fachliches und fachdidaktisches Wissen eingegangen werden. Vertiefte Analysen zu den anderen untersuchten Kompetenzbereichen und zur Zusammenhangsstruktur professioneller Handlungskompetenz finden sich in [6] und [7].

#### 3.2. Itementwicklung

Auf der Basis der vorgenommenen Operationalisierung wurde ein Fragebogen (90 min Bearbeitungsdauer) zur Messung der jeweiligen Bereiche professioneller Handlungskompetenz entwickelt, wobei sowohl offene als auch geschlossene Items zum Zuge kamen (Beispielaufgaben Fachwissen Physik siehe Abb. 1 und 2). Um darüber hinaus eine möglichst handlungsnaher Erhebung zu gewährleisten, soweit dies mit den Mitteln eines paper-and-pencil Tests möglich ist, wurden spezielle Unterrichtsvignetten entwickelt. Dabei handelt es sich um ausgewählte Szenen zu kritischen Situationen beim Experimentieren im Physikunterricht, wobei die Probanden verschiedene Anforderungen bewältigen müssen (etwa Analysen, Diagnosen, Vorschlag und Begründung weiterer Vorgehensweisen; Beispielvignette

siehe [5]). Solche Testformate sind nach Oser [18] am ehesten geeignet, prozedurales und somit handlungsorientiertes Wissen zu erfassen.

In der Fahrschule wird folgende Faustregel gelehrt:  
*Den Reaktionsweg in Metern erhält man, wenn man die Maßzahl der Geschwindigkeit in km/h mit „0,3“ multipliziert*  
 Beurteilen Sie aus der fachlichen Perspektive als Physiker die Sinnhaftigkeit dieser „Faustregel“!

**Abb. 1:** Beispielaufgabe Fachwissen Physik (Kinematik – Beurteilen – Schulniveau)

Wenn Eiskunstläufer während einer Pirouette ihre zuvor ausgestreckten Arme an den Körper anziehen, drehen sie sich anschließend schneller. Wie lässt sich dieses Phänomen erklären?

**Abb. 2:** Beispielaufgabe Fachwissen Physik (Impuls – Verstehen – universitäres Niveau)

### 3.3. Voruntersuchungen

Vor der eigentlichen Hauptuntersuchung hat das entwickelte Testmaterial verschiedene Voruntersuchungen durchlaufen und Modifikationen erfahren, um die Sicherstellung allgemeiner Testgütekriterien zu gewährleisten. Nach einer ersten Pilotierung des Instruments (41 Lehramtsstudierende, unterschiedliche Studiensemester) und einer Überarbeitung auf der Basis von statistischen Item-Analysen wurde der fachdidaktische Teil einer inhaltlichen Validierung unterzogen. Hierzu wurden acht Experten (vgl. Abschn. 3.1) im Rahmen von Interviews zur unterrichtlichen Relevanz und Repräsentativität der gewählten Unterrichtsausschnitte befragt. Darüber hinaus wurden die Experten auch selbst um die Bearbeitung des Materials gebeten, um einen möglichst objektiven Erwartungshorizont insbesondere handlungsnaher Testteile zu erhalten. Damit obendrein ein standortübergreifender Einsatz des Instruments möglich ist, wurde das Instrument ein weiteres Mal (56 Lehramtsstudierende) an insgesamt vier Standorten pilotiert. Weiterhin wurde die kriteriale Validität des fachdidaktischen Testteils durch einen separaten Testeinsatz bei 77 Studierenden, Referendaren und Fachseminarleitern überprüft, wobei erwartungsgemäß signifikant höhere Testleistungen in Gruppen mit höherer Expertise zu beobachten waren. Dieser separate Testdurchlauf diente auch der Konstruktvalidierung der fachdidaktischen Testteile, indem ein kombinierter Einsatz des Instruments mit einem extern entwickelten fachdidaktischen Instrument (vgl. [19]) zur Ermöglichung korrelativer Vergleiche vorgenommen wurde. Dabei zeigten sich, wie erhofft, durchweg höhere konstruktinterne als konstruktübergreifende Korrelationen (vgl. [5]).

### 3.4. Hauptuntersuchung und Stichprobe

Die Haupterhebung wurde von Juli 2008 bis Januar 2009 als Querschnitterhebung in einer Stichprobe von rund 300 Lehramtsstudierenden (Haupt-/ Realschulstudiengang – HR und Gymnasialstudiengang – GYM) an elf Standorten für Lehrerbildung durchgeführt. Das durchschnittliche Alter der teilnehmenden Lehramtsstudierenden betrug dabei 24,4 Jahre (Altersspanne: 20–49), die mittlere Abiturnote 2,33 und die durchschnittliche Fachsemesterzahl 5,19. Tab. 1 zeigt die jeweilige Probandenzahl, Abiturnote, Fachsemesterzahl und Geschlechterverteilung in den beiden Studiengängen.

Gruppe	N	Abiturnote	Fachsemester	Anteil weiblich
HR	115	2.60	4.7	38%
GYM	185	2.15	5.5	39%

**Tab. 1:** Abiturnote, Fachsemesterzahl und Geschlecht

Zu beachten ist, dass GYM-Studierende eine signifikant bessere Abiturnote als HR-Studierende aufweisen ( $p < .001$ ), was ein Indiz für deren allgemein höhere kognitive Leistungsfähigkeit ist. Auch die Fachsemesterzahl der GYM-Studierenden ist größer, was die Tatsache widerspiegelt, dass das GYM-Studium auf einen längeren Zeitraum angelegt ist. Ebenso ist zu bedenken, dass die Anzahl der Semesterwochenstunden in der fachphysikalischen Ausbildung bei den GYM-Studierenden etwa doppelt so groß ist wie bei den HR-Studierenden – allerdings mit deutlichen Unterschieden zwischen den Ausbildungsstandorten. Zwischen den Geschlechtern konnten demgegenüber weder in diesen Merkmalen noch zwischen den Studiengängen Unterschiede beobachtet werden.

## 4. Ergebnisse der Hauptuntersuchung

### 4.1. Testgütekriterien

Das entwickelte Testinstrument zeigt bei den Skalen des Professionswissens gute Werte bezüglich der Reliabilität, welche mittels Cronbachs  $\alpha$  als Maß der internen Konsistenz der Skala ermittelt wurde. So liegt Cronbachs  $\alpha$  beim Fachwissen (FW, 28 Items) bei  $\alpha = .81$ , beim fachdidaktischen Wissen (FDW, 39 Items) bei  $\alpha = .74$  und beim pädagogisch-psychologischen Wissen (PW, 31 Items) ebenfalls bei  $\alpha = .81$ . Um die Objektivität des Instruments bzw. der Auswertungsmanuale zu prüfen, wurde stichprobenartig die Übereinstimmung der Beurteiler beim fachdidaktischen Testteil mit Hilfe der Intraklassenkorrelation ermittelt, da es sich gerade bei unterrichtsnahen Teilen wie den Unterrichtsvignetten um kritische Items hinsichtlich der Auswertungsobjektivität handelt. Bei zwei Beurteilern zeigte sich jedoch eine hohe Übereinstimmung in einer Stichprobe von 26 Testheften, und zwar sowohl in Bezug auf den Gesamtscore ( $ICC_{ges} = .91$ ;  $F_{25,25} = 20.94$ ;  $p < .001$ ;  $\alpha = .76$ ) als auch bei einzel-

nen Items (ICC jeweils größer als .9). Es wurde versucht die Validität des Testinstruments mittels verschiedener Voruntersuchungen sicherzustellen (Abschn. 3.3).

#### 4.2. Ergebnisse zum Zuwachs des Professionswissens im Studium

Im Folgenden soll das Professionswissen von Lehramtsstudierenden des Grundstudiums einerseits und des Hauptstudiums andererseits miteinander verglichen werden. Dabei ist zu bedenken, dass der Zuwachs des Professionswissens innerhalb des Lehramtsstudiums auf der Grundlage dieser Daten höchstwahrscheinlich eher unterschätzt wird, da die Stichprobe sowohl Studierende des Grundstudiums, die bereits Studienleistungen erbracht haben, als auch viele Studierende des Hauptstudiums, die noch Studienleistungen erbringen müssen, enthält. Ein „bereinigter“ Vergleich von Studienanfängern mit Absolventen des Studienfachs lässt sich aufgrund der Zusammensetzung der Stichprobe im Rahmen dieser Erhebung leider nicht realisieren.

Wie die Tabellen 2 (HR-Studiengang) und 3 (GYM-Studiengang) veranschaulichen, sind überall – wie erwartet bzw. wie erhofft – Zuwächse im Professionswissen zu verzeichnen, wobei fast durchweg mittlere Effektstärken zu beobachten sind. Dabei beziehen sich die Werte auf den Mittelwert 100 und die Standardabweichung 20 der Gesamtstichprobe im jeweiligen Wissensbereich. Allerdings fällt der Zuwachs beim Fachwissen im HR-Studiengang relativ gering aus und ist nicht mehr signifikant ( $p = .10$ ), was erste Zweifel an der Wirksamkeit der entsprechenden (kürzeren!) fachlichen Ausbildung aufkommen lässt. Beim fachdidaktischen Wissen ist der Zuwachs im HR-Studium allerdings deutlich. Hier ist jedoch zu berücksichtigen, dass ebenso wie

beim Fachwissen die Studierenden des Hauptstudiums HR nicht das Niveau der Studierenden des Grundstudiums GYM erreichen. Vergleicht man beispielsweise fortgeschrittene Studierende am Ende ihres Studiums (in diesem Fall mindestens 5 Semester im HR-Studiengang und mindestens 6 Semester im GYM-Studiengang), so besteht ein hoch signifikanter Vorsprung ( $p < .001$ ) mit großer Effektstärke ( $d = .7$ ) der GYM-Studierenden beim Fachwissen. Interessanterweise ist der Unterschied nicht etwa beim Schulwissen ( $d = .4$ ) oder beim universitären Wissen ( $d = .4$ ), sondern beim vertieften Wissen ( $d = .7$ ) am größten, wo es um konzeptuales Verständnis und eine Vernetzung des Schulstoffs geht.

Auch beim fachdidaktischen Wissen ( $p < .05$ ;  $d = .4$ ) und beim allgemeinen pädagogischen Wissen ( $p < .05$ ;  $d = .4$ ) besteht ein Vorsprung gegenüber den HR-Studierenden. Unter regressionsanalytischer Kontrolle der Abiturnote (vgl. Abschn. 3.4) bleibt jedoch nur der Vorsprung im Fachwissen signifikant. Damit ergeben sich deutliche Gemeinsamkeiten zu den Ergebnissen der MT21-Studie für angehende Mathematiklehrkräfte [3] und den Ergebnissen der COACTIV-Studie für praktizierende Lehrkräfte [8], was die Aussagekraft dieser Erkenntnisse untermauert. Dies lässt grundsätzlich die Frage aufkommen, inwieweit die fach(-physikalische) Ausbildung der angehenden HR-Lehrkräfte den Anforderungen entspricht, zumal Defizite gerade auch bei schulnahen Wissensbeständen deutlich werden (s. o.). Bei den Studiengangsunterschieden im Fachwissen spielt vermutlich der unterschiedliche Studienumfang eine Rolle, da die intensivere bzw. längere Fachausbildung des GYM-Studiengangs erheblich mehr und zeitlich umfangreichere fachliche Lehrveranstaltungen vorsieht. Dieser Vermutung soll im folgenden Abschnitt nachgegangen werden.

Wissensbereich	Grundstudium (GS) (N = 37)		Hauptstudium (HS) (N = 78)		Vergleich GS-HS	
	M	SD	M	SD	Diff. $M_{GS}$ , $M_{HS}$	$d_{GS, HS}$
FW	87.2	14.1	93.2	16.3	5.0	.3
FDW	85.4	18.0	96.4	16.8	11.0 **	.6
PW	92.1	21.3	97.4	18.8	5.3	.3

Tab. 2: Professionswissen im HR-Studiengang von Grund- und Hauptstudium im Vergleich (\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ )<sup>1</sup>

Wissensbereich	Grundstudium (GS) (N = 55)		Hauptstudium (HS) (N = 121)		Vergleich GS-HS	
	M	SD	M	SD	Diff. $M_{GS}$ , $M_{HS}$	$d_{GS, HS}$
FW	100.6	17.8	108.3	20.3	7.7 *	.4
FDW	98.7	18.4	105.8	19.9	7.1 *	.4
PW	95.2	21.3	104.9	18.2	9.7 *	.5

Tab. 3: Professionswissen im GYM-Studiengang von Grund- und Hauptstudium im Vergleich (\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ )<sup>1</sup>

### 4.3. Entwicklungsfaktoren des Fachwissens

Zur differenzierten Untersuchung der Einflussfaktoren fachlicher Kompetenzentwicklung wurden Regressionsanalysen durchgeführt, indem verschiedene Variablen aus dem Bereich Demographie und Variablen bzgl. der bisherigen Ausbildung der Probanden daraufhin untersucht wurden, inwieweit sie den Gesamtscore im physikalischen Fachwissen signifikant erklären können. Naturgemäß besitzen die Ergebnisse designbedingt eine eingeschränkte Aussagekraft und müssen in Längsschnittstudien fundiert werden, nichtsdestotrotz lassen sich begründete Anhaltspunkte gewinnen.

Von den geprüften Prädiktoren (*Abiturnote* als Indikator kognitiver Leistungsfähigkeit, *letzte Physiknote* und *Kurswahlverhalten in der Oberstufe* als Merkmal für fachbezogenes Vorwissen, *Anzahl* und *Semesterwochenstundenzahl* (SWS) abgeschlossener Fachkurse als Indiz für genutzte universitäre Lerngelegenheiten bzw. Lernzeit, *Fachsemesterzahl* als Indikator für Studienfortschritt und *Geschlecht*) haben sich 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 die Anzahl der Fachsemester oder die Anzahl belegter Fachkurse (letztere innerhalb der fachphysikalischen Ausbildung oft mit deutlich unterschiedlichem zeitlichem Umfang je Kurs) nicht zur Varianzaufklärung beim Fachwissen bei und stellen somit keine geeigneten Indikatoren bzw. Prädiktoren dar. Dabei ist die Anzahl belegter SWS im Fach Physik – und damit der *zeitliche* Umfang der Ausbildung – der beste Indikator und gleichzeitig der einzige dieser drei, der nicht die individuellen Voraussetzungen, sondern die Lehrerbildung als solche betrifft. Einen Überblick über die signifikanten Prädiktoren beim physikalischen Fachwissen gibt Tabelle 4.

Merkmal	Beta	T	p
SWS im Fach	.365	6.989	<.001
Geschlecht	.298	6.121	<.001
Abiturnote	-.278	-5.343	<.001

Tab. 4: Ergebnisse der Regressionsanalyse Fachwissen

Es erstaunt, dass Frauen in dieser Untersuchung fachlich deutlich schlechter abschneiden als Männer. Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass Frauen im HR-Studiengang in dieser Stichprobe einen Rückstand hinsichtlich ihres Vorwissens aufzuweisen hatten, da sie gegenüber Männern deutlich seltener ein Leistungskurs in der gymnasialen Oberstufe belegt hatten und deutlich häufiger Physik ganz ohne entsprechende Oberstufenkurse als Studienfach gewählt hatten. Was die Abiturnote oder die Fach-

semesterzahl angeht, ist jedenfalls kein Unterschied zwischen den Geschlechtern auszumachen.

Betrachtet man den Zusammenhang zwischen beiden Variablen in einem Streudiagramm (Abb. 3) näher, so lässt sich beobachten, dass sich sowohl Ausgangsniveau als auch „Lerngeschwindigkeit“ (im Regressionsmodell etwa 3 SWS je Prozentpunkt des Gesamtscores) in beiden Studiengängen nicht deutlich unterscheiden. Allerdings erscheint die Entwicklung beim HR-Studiengang regelrecht abgebrochen, was wiederum für eine zeitliche Ausweitung der fachlichen Ausbildung in diesem Studiengang spricht. Schließlich ist – auch eingedenk der Tatsache, dass beide Studiengänge im späteren Fachunterricht mit unterschiedlichen fachlichen Anforderungen und Schülerpopulationen konfrontiert werden – fachbezogenes Wissen nicht nur in der Sekundarstufe II eine wichtige Voraussetzung für angemessenes Agieren im Unterricht.

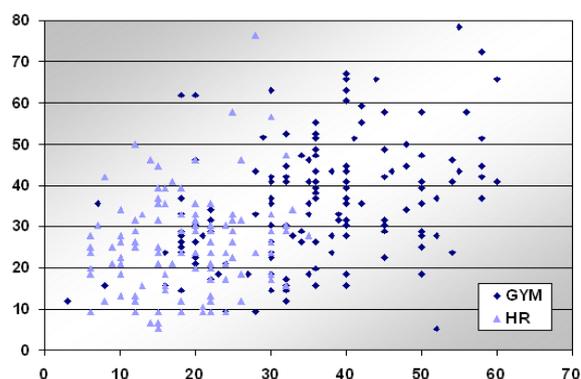


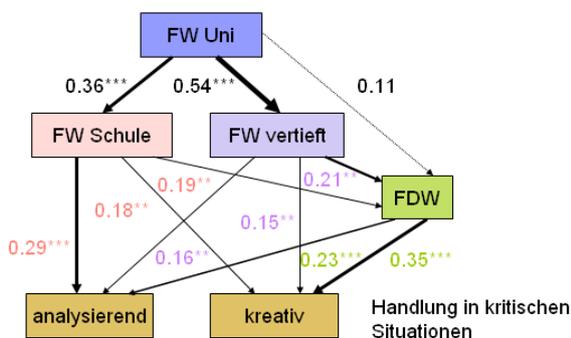
Abb. 3: Relative Testleistungen im Fachwissen (vertikal) in Abhängigkeit von den belegten SWS in Physik (horizontal)

### 4.4. Relevanz des universitären Fachwissens

Um empirisch begründete Aussagen zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von Physiklehrkräften machen zu können, wurden Analysen mit Strukturgleichungsmodellen durchgeführt. So wurde die Relevanz des physikalischen Fachwissens im Hinblick auf das Handeln der angehenden Lehrkräfte im Unterricht mit einem Modell untersucht, in welchem einerseits direkte Ladungen des Fachwissens auf die Unterrichtsvignetten (die ja möglichst prozedurales, handlungsnahes Wissen erfassen sollen, vgl. Abschn. 3.2) angenommen wurden. Andererseits wurden über fachdidaktisches Wissen vermittelte Ladungen auf die Unterrichtsvignetten angenommen, da fachdidaktisches Wissen als Mediator für Fachwissen anzusehen ist (vgl. [5] und [8]). Dabei wurde entsprechend der festgestellten Faktorstruktur zwischen *analysierenden* (Analyse- und Diagnosetätigkeiten) und *kreativen* (Angabe des weiteren Vorgehens) Teilen der Vignetten unterschieden. Dabei wurde im Modell (vgl. Abb. 4) zwischen den drei fachlichen Niveaustufen (vgl. Abschn. 3.1) differenziert, um Hinweise zur unterrichtlichen Relevanz des rein universitären Wissens

zu erhalten. Die Binnenstruktur der Niveaustufen des Fachwissens konnte mit konfirmatorischen Faktoranalysen bestätigt werden (vgl. hierzu [5]).

In den Analysen zeigt sich, dass rein universitäres Fachwissen im Gegensatz zu den anderen beiden Wissensniveaus weder auf fachdidaktisches Wissen, noch auf die beiden Teile der Unterrichtsvignetten signifikant lädt. Demgegenüber sind hoch signifikante Ladungen des universitären Fachwissens auf die unteren Wissensniveaus zu beobachten. Offenbar kommt universitärem Fachwissen eher die Stellung eines Wissensbereichs zweiter Ordnung in Bezug auf das „Handeln“ in den Unterrichtsvignetten zu. Die Aussagen beruhen auf einem Modell (Abb. 4), welches einen guten Fit zum vorliegenden Datenmaterial aufweist ( $\chi^2 = 5.81$ ,  $df = 3$ ,  $\chi^2/df = 1.94$ ,  $p = 0.121$ ,  $RMSEA = 0.056$ ).



**Abb. 4:** Mediatormodell zur Relevanz rein universitären Fachwissens bzgl. der Unterrichtsvignetten

Die Ergebnisse können jedoch nicht dahingehend interpretiert werden, dass Wissen auf rein universitärem Niveau irrelevant für den späteren Lehrberuf ist. Schließlich gehört zumindest exemplarisch anschlussfähiges Wissenschaftswissen auch zur *Bildung* von zukünftigen Lehrkräften. Allerdings untermauern die Daten den Stellenwert von Fachwissen auf niedrigeren Niveaus. Wissen auf Schulniveau und vertieftes, vernetztes, schulnahes Wissen scheint unmittelbar bedeutender für das Handeln im Kontext von (Physik-)Unterricht zu sein, so dass dieser Bereich im Lehramtsstudium keinesfalls zu kurz kommen darf. Denn fraglich ist, ob alle Lehr-

amtsstudierenden tatsächlich den Transfer von abstraktem, oftmals hoch theoretischem Fachwissen auf schulnahes Wissen leisten können. Überdies sind auch nahezu 90% der in dieser Untersuchung befragten Lehramtsstudierenden der Meinung, dass schulrelevantem Fachwissen mehr Raum im Studium gegeben werden sollte.

Abschließend sei erwähnt, dass auch (universitäres) allgemeines pädagogisches Wissen im Rahmen der Analysen dieser Untersuchung keine unmittelbare Handlungsrelevanz in Bezug auf die Unterrichtsvignetten gezeigt hat [5]. Wenngleich daraus natürlich nicht abschließend geschlossen werden kann, dass allgemeines pädagogisches Wissen generell geringe Relevanz für den (Fach-)Unterricht besitzt, ist dennoch auch das Angebot im erziehungswissenschaftlichen Teil der universitären Lehrerbildung auf den Prüfstand zu stellen.

**5. Zuwachs des Professionswissens bei pädagogischer Hochschule und Universität im Vergleich**

Nachdem das eingesetzte Testinstrument Kompetenzunterschiede zwischen Lehramtsstudierenden aus universitären HR- und GYM-Studiengängen auflösen konnte, hat im Januar 2010 eine ergänzende Nacherhebung an pädagogischen Hochschulen in Baden Württemberg begonnen.

Gruppe	N	Abiturnote	Fachsemester	Anteil weiblich
HR-Uni	115	2.60	4.7	38%
HR-PH	88	2.29	4.7	53%

**Tab. 5:** Abiturnote, Fachsemesterzahl und Geschlecht

Damit können mittlerweile (Stand April 2010; weitere Erhebungen sind geplant) 115 HR-Studierende an Universitäten aus der Haupterhebung (HR-Uni) 88 Studierenden im Haupt-/Realschulstudiengang an pädagogischen Hochschulen (HR-PH) gegenübergestellt werden. Wie Tabelle 5 zeigt, unterscheiden sich beide Probandengruppen nicht hinsichtlich ihres Studienfortschritts, jedoch hinsichtlich der Abiturnote ( $p < .001$ ) und hinsichtlich des Anteils weiblicher Studierender.

Wissensbereich	Grundstudium (GS) (N = 28)		Hauptstudium (HS) (N = 58)		Vergleich GS-HS	
	M	SD	M	SD	Diff. M <sub>GS</sub> , M <sub>HS</sub>	d <sub>GS, HS</sub>
FW	87.7	17.1	98.2	17.2	10.5 *	.6
FDW	94.4	14.5	106.8	19.0	12.1 **	.7
PW	94.5	13.6	99.9	18.8	5.4	.5

**Tab. 6:** Professionswissen im HR-Studiengang an der PH von Grund- und Hauptstudium im Vergleich (\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ )<sup>1</sup>

Vergleicht man die Ergebnisse des Wissenszuwachses der Hauptstudiumskohorte gegenüber der Grundstudiumskohorte beim HR-PH-Studiengang (Tab. 6) mit den entsprechenden Ergebnissen des HR-Uni-Studiengangs aus Abschn. 4.2 (Tab. 2), so stellt man fest, dass die „Anfangsbedingungen“ im Grundstudium beim Fachwissen und beim allgemeinen pädagogischen Wissen vergleichbar zu sein scheinen. Während der Kompetenzzuwachs im Hauptstudium beim allgemeinen pädagogischen Wissen ebenfalls vergleichbar ist, so fällt auf, dass der Zuwachs beim Fachwissen an der PH deutlich höher und mit doppelter Effektstärke ausfällt. Möglicherweise kommt hier zum Tragen, dass die Fachausbildung an der PH besser an die Voraussetzungen und Leistungsfähigkeit der Studierenden angepasst ist, da sie in der Regel von Personen mit Schulbezug und nicht von Fachwissenschaftlern aus der Physik durchgeführt wird, die ihre Lehrveranstaltungen auf eine sehr breit gefächerte Studierendenschaft ausrichten müssen.

Die deutlichsten Unterschiede zwischen den Studierenden an der Universität und an der PH zeigen sich allerdings beim fachdidaktischen Wissen. Zum einen haben die PH-Studierenden schon im Grundstudium ein höheres Niveau, was die Tendenz widerspiegeln könnte, dass Fachdidaktik an der PH schon von Studienbeginn an größeren Raum einnimmt. Zum anderen ist das Niveau der Studierenden im Hauptstudium sogar noch über dem Wissensniveau der GYM-Studierenden (vgl. Abb. 3), wobei sich der Zuwachs an der PH mit erheblich größerer Effektstärke vollzieht. Somit wird deutlich, dass die Vorteile der PH-Studierenden nicht allein mit deren allgemein höherer kognitiver Leistungsfähigkeit erklärt werden können (Merkmal Abiturnote).

Weitere Untersuchungen müssen zeigen, ob die fachbezogene Ausbildung an der PH tatsächlich zu höherer Kompetenz im Vergleich zur Uni führt. Momentan müssen die Daten noch sehr mit Vorsicht interpretiert werden, da die Probandenzahl der PH-Stichprobe noch nicht sehr groß ist. Es sollen weitere Untersuchungen folgen.

## 6. Diskussion

Um aktuelle Fragen im Zusammenhang mit der Wirksamkeit der universitären Physiklehrerbildung mit empirischen Erkenntnissen beantworten zu können, wurde in verschiedenen Schritten der Pilotierung und Validierung ein Kompetenzmessinstrument entwickelt, das für Zwecke der Veränderungsmessung und der Differenzierung zwischen verschiedenen Ausbildungsgängen als geeignet erscheint und gängigen Testgütekriterien genügt. Da ein vergleichbarer Kompetenzbegriff wie in MT21 oder in der COACTIV-Studie aus dem Bereich Mathematik verwendet wurde, können die Erkenntnisse miteinander in Beziehung gesetzt werden. Analog zu Ergebnissen jener Untersuchungen hat sich in der hiesigen Untersuchung gezeigt, dass unterschiedli-

che Akzentsetzungen eines Studiengangs zu bestimmten Kompetenzprofilen führen und sich die entsprechenden Ausbildungszeiten offenbar in unterschiedlichen fachbezogenen Leistungen widerspiegeln. Somit erscheint auf Basis dieser Datengrundlage eine pauschale Kritik an der Wirksamkeit der Lehrerbildung als unangebracht, zumal die beobachteten Kompetenzzuwächse im Studium bedingt durch die Anlage der Untersuchung tendenziell eher unterschätzt werden dürften. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist natürlich zu berücksichtigen, dass das Querschnittsdesign dieser Untersuchung nur begrenzt belastbare Ergebnisse zur Kompetenzentwicklung und deren Bedingungsfaktoren liefert.

Nichtsdestotrotz erhärten die Daten die Vermutung, dass bei Lehramtsstudierenden ein enger Zusammenhang zwischen quantitativer Lernzeit und Leistungszuwachs besteht. Vor diesem Hintergrund erscheint insbesondere die relative Kürze des HR-Studiums an der Universität als problematisch, da trotz festgestellter fachlicher Lernzuwächse im Studium erhebliche fachliche Defizite gegenüber dem GYM-Studiengang deutlich werden. Nicht zuletzt auch angesichts vorhandener Rückstände im fachlichen Vorwissen wäre eine zeitlich umfangreichere und auf die individuelle Leistungsfähigkeit der Studierenden angepasste Ausdehnung der fachlichen Ausbildungsanteile beim HR-Studiengang erstrebenswert. Dennoch bedarf es natürlich noch weiterer Untersuchungen, um die Erkenntnislage zu fundieren.

Deutliche fachliche Defizite von (angehenden) Lehrkräften wiegen umso schwerer, da die Daten darauf hindeuten, dass Fachwissen ebenso wie fachdidaktisches Wissen unmittelbar relevant für das Handeln im Unterricht zu sein scheint (vgl. auch [5] und [7]). Allerdings wird eine pauschale, undifferenzierte Forderung nach mehr Fachwissen im Lehramtsstudium den vorliegenden Daten nicht gerecht, da vernetztem (Schul-) Wissen auf einem vertieften Niveau gegenüber rein universitärem Fachwissen offenbar die größere Bedeutung beizumessen ist. Sinnvoll dagegen scheint es, gerade dem schulbezogenen Fachwissen in der universitären Lehramtsausbildung mehr Raum zu geben, zumal gerade beim vertieften Schulwissen der Rückstand der HR-Studierenden gegenüber den GYM-Studierenden am größten zu sein scheint. Die Vernetzung vorhandener Wissensbestände sowie das Kennenlernen unterschiedlicher fachlicher Zugänge zu einem Themengebiet dürften dabei von zentraler Bedeutung für fachbezogene Unterrichtsprozesse sein, wobei außer Frage steht, dass Lehramtsstudierende natürlich auch einen Einblick in forschungsnahe Wissensbestände erhalten sollten (vgl. hierzu z. B. [20]).

Bei den Aussagen zur Handlungsrelevanz ist natürlich zu berücksichtigen, dass die Daten nur mit Hilfe schriftlicher Unterrichtsvignetten gewonnen wurden, womit der Zusammenhang von Wissen und Handeln

nur sehr eingeschränkt untersucht werden kann. Damit sind die Ergebnisse nur begrenzt belastbar. Bislang ist nicht einmal klar, inwieweit handlungsleitendes Wissen überhaupt expliziert und mittels schriftlicher Aufgaben erfasst werden kann. Die Aussagen dieser Studie sind daher unbedingt in echten Längsschnitt- und Mehrebenenanalysen zu überprüfen.

Ob die Forderungen nach umfangreicherer und gleichzeitig der individuellen Leistungsfähigkeit angepasster Fachausbildung im (universitären) HR-Lehramtsstudium sowie nach größerem Schulbezug ohne eine eigenständige Fachausbildung im Lehramtsstudium realisiert werden können, ist fraglich. Zumindest zeigen die bisher an der pädagogischen Hochschule befragten Probanden, die ja eine eigenständige Fachausbildung erfahren, höhere fachbezogene Kompetenz (interessanterweise gerade nicht beim allgemeinen pädagogischen Wissen). Wenn gleich die Ergebnisse noch an größeren Stichproben überprüft werden müssen, ist die Tendenz jedoch recht deutlich.

Es sei allerdings betont, dass primär an einer Verbesserung des existierenden Systems gearbeitet werden muss, insbesondere besteht – sollten sich die bisherigen Indizien erhärten – Optimierungsbedarf im fachbezogenen Teil der Lehrerbildung. Die Erkenntnisse sind im Übrigen nicht so neu, fügen sie sich doch plausibel in schon länger bestehende Forderungen nach höherem Schulbezug in der Fachausbildung (im Sinne höherer Schulrelevanz der fachlichen Inhalte des Studiums) und besserer Anpassung an die Bedürfnisse der angehenden Lehrkräfte ein (vgl. z. B. die Forderungen der DPG [20]). Auch aus Stellungnahmen von Wissenschafts- und Bildungsgremien sowie aus Erfahrungen von Referendaren und Lehrern heraus wird die momentane fachliche Ausbildung der Lehrkräfte als unzureichend betrachtet [21]. In diesem Sinne spiegeln die empirischen Erkenntnisse dieser Untersuchung lediglich etwas wider, was schon länger bekannt ist bzw. vermutet wird.

## 7. Literatur

- [1] Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an – Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. In Allemann-Ghionda, C. (Hrsg.): *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern*. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik. Weinheim: Beltz, S. 47-70
- [2] Abell, S. K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. In Abell, S. K. & Lederman, N. G. (Hrsg.): *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, S. 1105-1149
- [3] Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2008). *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer – Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare – Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung*. Münster: Waxmann Verlag
- [4] Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), S. 469-520
- [5] Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Dissertation. Berlin: Logos Verlag
- [6] Riese, J. & Reinhold, P. (2009). Fachbezogene Kompetenzmessung und Kompetenzentwicklung bei Lehramtsstudierenden der Physik im Vergleich verschiedener Studiengänge. In: *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2 (1), S. 104-125
- [7] Riese, J. & Reinhold, P. (eingereicht). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*
- [8] Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. et al. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematikdidaktik*, 29 (3/4), S. 223-258
- [9] Weinert, F. E. (2001). Concept of Competence: A Conceptual Clarification. In Rychen, D.S. & Salganik, L.H. (Hrsg.), *Defining and Selecting Key Competencies*. Göttingen: Hogrefe, S. 45-66
- [10] Shulman, L. (1986). Those who Understand: Knowledge Growth in Teaching. In *Educational Researcher*, 15, S. 4-14
- [11] 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
- [12] Weinert, F. E., Schrader, F.-W. & Helmke, A. (1990). Unterrichtsexpertise – ein Konzept zur Verringerung der Kluft zwischen zwei theoretischen Paradigmen. In Alisch, L.-M., Baumert, J. & Beck, K. (Hrsg.), *Professionswissen und Professionalisierung*. Braunschweiger Studien zur Erziehungs- und Sozialarbeitswissenschaft, Band 28, S. 173-206
- [13] Friege, G. & Lind, G. (2004). Leistungsmessung im Leistungskurs. In: *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht – MNU*, 57(5), S. 259-265
- [14] Tesch, M. (2005). *Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*. Berlin: Logos
- [15] Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, S. 45-66

- [16] Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der didaktischen Rekonstruktion – Ein theoretischer Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), S. 3-18
- [17] Seifert, A; Hilligus, A. & Schaper, N. (2009). Entwicklung und psychometrische Überprüfung eines Messinstruments zur Erfassung pädagogischer Kompetenzen in der universitären Lehrerbildung. Themenheft der Zeitschrift *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2 (1), S. 82-103
- [18] Oser, F. & Renold, U. (2005). Kompetenzen von Lehrpersonen – Über das Auffinden von Standards und ihre Messung. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 8 (4), S. 119-140
- [19] Olszewski, J., Neumann, K. & Fischer, H. E. (2009). Zusammenhang von fachdidaktischem Wissen und kognitiver Aktivierung im Physikunterricht. In Höttecke, D., *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008, S. 369-371. Münster: Lit
- [20] DPG (Hrsg.) (2006). *Deutsche Physikalische Gesellschaft: Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik*. Bad Honnef.
- [21] Merzyn, G. (2004). *Lehrerbildung – Bilanz und Reformbedarf. Überblick über die Diskussion*. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren
- [22] Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2d edition). Hillsdale: Erlbaum

### **Anmerkungen**

<sup>1)</sup> Bei den Effektstärken repräsentieren nach [22] Werte von  $d = .2$  einen kleinen Effekt,  $d = .5$  einen mittleren Effekt und  $d = .8$  einen starken Effekt.