

## Vergleich des Fachwissens von Studierenden, Referendaren und Lehrenden in der Physik

Andreas Borowski\*, Sophie Kirschner\*\*, Stephanie Liedtke\*\*\*, Hans E. Fischer\*\*

\* RWTH Aachen, Didaktik der Physik und Technik, borowski@physik.rwth-aachen.de

\*\* Universität Duisburg-Essen, \*\*\* Städtisches Gymnasium Kamp-Lintfort

(Eingegangen: 19.01.2011; Angenommen: 29.04.2011)

### Kurzfassung

Das Professionswissen von Lehrkräften spielt eine zentrale Rolle beim Kompetenzerwerb von Schülerinnen und Schülern. Nach einer Taxonomie von Shulman kann dieses Wissen in sieben Bereiche untergliedert werden. In der aktuellen Unterrichtsforschung werden davon die drei Bereiche Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen untersucht, die mit den wichtigsten Elementen aus den anderen Bereichen ergänzt wurden.

Ergebnisse aus der Physik und der Mathematik lassen vermuten, dass das Fachwissen von Lehrkräften eine notwendige Voraussetzung zum Aufbau von fachdidaktischem Wissen ist. Erste Untersuchungen an Studierenden deuten allerdings darauf hin, dass universitäres Fachwissen, im Gegensatz zum schulnahen Wissen, keine unmittelbare Bedeutung für die adäquate Reaktion auf kritische Unterrichtssituationen besitzt. In der hier vorgestellten Studie wurde untersucht, wie sich das schulnahe bzw. unterrichtsrelevante Fachwissen angehender Lehrkräfte im Laufe der Ausbildung verändert. Hierzu wurde in einer quasi-längsschnittlichen Untersuchung das Fachwissen von Studierenden, Referendaren und Lehrkräften verglichen. Die Ergebnisse einer Stichprobe von 87 Teilnehmern zeigen, dass das unterrichtsrelevante Fachwissen positiv mit der Ausbildungsstufe korreliert. Innerhalb der Gruppen der Lehrkräfte konnte aber kein Zusammenhang zwischen Fachwissen und Dienstzeit festgestellt werden. Dies lässt vermuten, dass Lehrende unterrichtsrelevantes Fachwissen in ihrer Dienstzeit sehr schnell aufbauen und beibehalten, zusätzlich aber kein neues Fachwissen aufbauen.

### 1. Einleitung

In der Unterrichtsqualitätsforschung werden verschiedene Aspekte des Verhaltens einer Lehrkraft als relevante Variablen angesehen. Zur Ermittlung der einzelnen Aspekte wurden verschiedene Modellansätze gewählt: Das Persönlichkeitsparadigma, der Prozess-Produkt-Ansatz und das Experten-Novizen-Paradigma. Aktuell wird versucht, das Lehrerwissen mit der Taxonomie von Shulman zu kategorisieren. Das professionelle Wissen einer Lehrperson wird von Shulman in sieben Wissenskategorien unterteilt: Fachwissen, pädagogisches Wissen, Wissen über das Fachcurriculum, fachdidaktisches Wissen, Wissen über die Psychologie des Lernenden, Organisationswissen und bildungshistorisches Wissen.

In der Forschung hat sich die Unterscheidung in die drei grundlegenden Kategorien pädagogisches Wissen, fachdidaktisches Wissen und Fachwissen durchgesetzt, ergänzt durch wichtige Faktoren aus den anderen Kategorien, wie z. B. das Wissen über das Fachcurriculum. Diesen drei zentralen Kategorien des Professionswissens wird eine wichtige Bedeutung bei der Unterstützung der Prozesse des Kompetenzerwerbs und der Motivation der Schülerinnen und Schüler zugemessen.

Zur genaueren Untersuchung der Auswirkungen der Lehrerfähigkeiten auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern müssen ihre Zusammenhänge mit dem Lernerfolg in den einzelnen Wissensbereichen untersucht werden. Hierzu ist es notwendig, für die einzelnen Bereiche des Professionswissens adäquate Tests zu erstellen.

Nach einer Studie an Lehramtsstudierenden in der Physik ist zu vermuten, dass schulnahes Fachwissen eine stärkere Auswirkung auf den Unterricht besitzt als universitäres Fachwissen. Hieraus ergibt sich die Frage, ob bereits in der Ausbildung dieses schulnahe bzw. schulrelevante Fachwissen gebildet wird. Diese Studie untersucht deshalb den Zusammenhang zwischen schulrelevantem Fachwissen von Studierenden, Referendaren und Lehrenden.

### 2. Stand der Forschung

#### 2.1. Entwicklungen der Unterrichtsqualitätsforschung

Seit über 50 Jahren versucht die Unterrichtsqualitätsforschung mit unterschiedlichen Modellvorstellungen (Paradigmen) herauszufinden, was eine gute Lehrkraft ausmacht [2].

### **Persönlichkeitsparadigma**

Das Persönlichkeitsparadigma war die vorherrschende Modellvorstellung in den fünfziger und sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts. Es wurden Merkmale positiver Lehrerpersönlichkeiten gesucht, ohne jedoch auf direkte Unterrichtsbeobachtungen zurückzugreifen [3]. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen lediglich schwache Zusammenhänge zwischen Lehrerpersönlichkeit und Schulleistungsunterschieden und sie erwiesen sich außerdem entweder als trivial [4] oder als sehr komplex [3]. Die Frage nach den Auswirkungen der Personeneigenschaften auf Unterricht und Lernen blieb unbeantwortet [3]. Bei den untersuchten Persönlichkeitsmerkmalen handelte es sich oftmals um Temperamentaspekte, die sich durch gezielte Fortbildungsmaßnahmen nicht leicht verändern lassen [5].

### **Prozess-Produkt-Ansatz**

Ab etwa 1970 löste der Prozess-Produkt-Ansatz das Persönlichkeitsparadigma ab [4]. Anstatt positive Lehrerpersönlichkeitsmerkmale zu suchen, konzentrierte sich dieser Ansatz auf das konkrete Lehrerhandeln im Unterricht. Untersucht wurden die Zusammenhänge zwischen Aspekten des Unterrichtsverhaltens, sog. Prozesse, z. B. zwischen der Anwendung anspruchsvoller Fragen der Lehrperson pro Zeiteinheit und den Zielkriterien des Unterrichts, wie dem Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler [5]. Die Prozess-Produkt-Forschung lieferte eine große Anzahl empirisch begründeter lern- und leistungsrelevanter Merkmale des Unterrichts [4]. Rosenshine fasste sie unter dem Begriff *direct instruction* zusammen. Dazu gehören z. B. eine intensive Zeitnutzung, das Explizitmachen von Lernzielen, die Sequenzierung des Unterrichtsinhalts in überschaubare Einheiten, die Bereitstellung ausreichender Übungsgelegenheiten und die Kontrolle des Lernfortschritts durch die Lehrkraft [6].

### **Prozess-Mediations-Produkt-Modell**

Die Annahme des direkten Einflusses der Handlung der Lehrperson auf den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler wurde nach einigen Forschungsergebnissen revidiert [4]. Als Folge wurde vermehrt die wechselseitige Beeinflussung der Lehrkraft auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler und der Klasse auf das Handeln der Lehrperson untersucht [3]. Die Fortschritte der pädagogischen Psychologie im letzten Jahrhundert führten, neben der Berücksichtigung komplexer Wirkbeziehungen, zu einer Erweiterung des elementaren Prozess-Produkt-Ansatzes um vermittelnde und interpretative Prozesse auf Schülerseite (mediating processes) [4]. In dieser Erweiterung zum Prozess-Mediations-Produkt-Modell werden individuelle Informationsverarbeitungsprozesse der Schülerinnen und Schüler (Mediation) als Schlüsselmerkmale des Lernens berücksichtigt [5].

### **Experten-Novizen-Paradigma**

Ein dritter in der Unterrichtsqualitätsforschung benutzter Ansatz ist das Experten-Novizen-Paradigma. Er ist von der Annahme der Lehrperson als „Experte für das Unterrichten“ geleitet [4, S. 30]. Wie beim Persönlichkeitsparadigma liegt der Fokus auf der Person der Lehrkraft. Die Suche nach positiven Lehrermerkmalen wird in diesem Ansatz jedoch durch theoretische Modelle gestützt und durch eine Betrachtung der Ebenen Lehrkraft, Unterricht und Lernende geleitet [7]. Die Untersuchungen beziehen sich somit nicht mehr auf Dispositionen der Lehrpersonen, sondern auf Wissen und Kompetenzen zur Gestaltung von Lerngelegenheiten [3]. Untersuchungen von Leinhardt und Greeno mit ‚Unterrichtsexperten‘ (Lehrkräfte mit hohem Leistungszuwachs ihrer Schülerinnen und Schüler) und ‚Unterrichtsnovizen‘ (Lehramtsstudierende kurz vor der Abschlussprüfung) ergaben, dass sich die beiden Gruppen hinsichtlich ihres domänen-spezifischen Wissens systematisch unterscheiden [8]. Es wird angenommen, dass das Wissen bei Experten in sogenannten ‚curriculum scripts‘ organisiert ist, die aus spezifischen zielgerichteten Handlungsplänen bestehen und in denen fachliche Inhalte bereits mit Beispielen und möglichen Verständnisproblemen von Schülerinnen und Schülern verknüpft sind. Im Vergleich dazu verfügen Novizen über weniger und weniger stark verknüpft Wissen [5].

Aus dieser Perspektive rückt die Lehrperson mit ihrem Professionswissen wieder stärker in den Blick des Forschungsinteresses. Oelkers hebt aus dem 1996 verfassten Report der National Commission on Teaching and America’s Future als zentrale Botschaft heraus [vgl. auch 1, 10], „dass das Wissen und Können der Lehrkräfte der bedeutendste Faktor im Hinblick auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler sei“ [9, S. 115].

### **2.2. Professionswissen**

Um professionelles Wissen für weitere Untersuchungen in Teilgebieten thematisch zu ordnen, ging Shulman von der Leitfrage aus: „What knowledge is essential for teaching?“ [2, S. 1106] und stellte folgende sieben „Categories of the Knowledge Base“ auf [11, S. 8]: Fachwissen, pädagogisches Wissen, Wissen über das Fachcurriculum, fachdidaktisches Wissen, Wissen über die Psychologie des Lernenden, Organisationswissen und bildungshistorisches Wissen [11, 10].

In der empirischen Bildungsforschung hat sich die Unterteilung in Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen durchgesetzt [13], wobei einige Aspekte der anderen Teilgebiete aufgenommen wurden. Den resultierenden drei Kernkategorien des professionellen Wissens von Lehrpersonen wird eine zentrale Bedeutung bei der Unterstützung von Wissenserwerbs- und Wissenskonstruktionsprozessen der Schülerinnen und Schüler zuerkannt [5]. Die Integration und Verknüpfung

dieser drei Wissensbereiche zu professionellem Wissen wird als notwendig angesehen, um auch in kritischen Situationen des Unterrichts schnell und angemessen handeln zu können [14].

Die Forschungslage zum Professionswissen von Lehrerinnen und Lehrern ist bisher als unbefriedigend einzustufen [13]. Es gibt außer für Mathematik für kein weiteres Fach empirisch gesichertes Wissen über das professionelle Wissen deutscher Lehrerinnen und Lehrer [5]. Für die Physik wurde bisher das Professionswissen gemeinsam in allen drei Kategorien nur im Bereich der Lehrerausbildung an Studierenden untersucht [1]. Baumert und Kunter sehen somit Forschungsbedarf, um die postulierte Wirksamkeit der Teilbereiche des Professionswissens zu belegen [13].

**Pädagogisches Wissen**

Zum pädagogischen Wissen zählt das Wissen über allgemeine Prinzipien und Strategien der Klassenführung und Organisation, die fächerübergreifend einsetzbar sind [1]. Baumert und Kunter zählen zudem die Orchestrierung des Lernprozesses, das Wissen über Entwicklung und Lernen, die Diagnostik und Leistungsbeurteilung sowie das professionelle Verhalten im Kontext von Schule und schulischer Umwelt zu diesem Wissensbereich [13]. Das pädagogische Wissen beinhaltet deklaratives und prozedurales Wissen, wodurch die Voraussetzungen für einen reibungslosen, effektiven Ablauf des Unterrichts und die Aufrechterhaltung eines lernförderlichen, sozialen Klassenklimas gegeben sind [15]. Es wird deshalb als „general“ bezeichnet [vgl. 1, S. 1108, 9, S. 8] und fächerübergreifend als Grundlage für erfolgreichen Unterricht angesehen.

**Fachdidaktisches Wissen**

Dem fachdidaktischen Wissen von Lehrpersonen kommt eine besondere Rolle zu: „pedagogical content knowledge, [...] is uniquely the province of teachers, their own special form of professional understanding.“ [12, S. 8]. Es unterscheidet den Fachspezialisten von der Fachlehrkraft. Das fachdidaktische Wissen stellt eine Verbindung von pädagogischem und Fachwissen dar [15]. Es beinhaltet grundlegend das Wissen über das Verständlichmachen von Inhalten. Da sich bisher keine Definition des fachdidaktischen Wissens durchgesetzt hat [2], werden im Folgenden die wichtigsten Operationalisierungen dargestellt. Krauss *et al.* [5] zählen das Wissen über Erklären und Darstellen von Fachinhalten sowie das Wissen über fachbezogene Schülerkognitionen zum fachdidaktischen Wissen. Neben diesen Fähigkeiten sind Lehrkräfte mit fachdidaktischem Wissen in der Lage, den Lernstoff zu organisieren, ihn in inhaltlich sinnvolle Abschnitte zu zerlegen und die Inhalte so darzustellen, dass die verschiedenen Interessen und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt werden [11, S. 9]. Zudem ist fachdidaktisches Wissen für die Sequenzierung und Gewichtung von Themen erforderlich [3]. Abell beschreibt das fachdidaktische Wissen kurz „as the knowledge that is developed by teachers to help others learn“ [2, S. 1106 f.]. Eine Übersicht von Park und Oliver (siehe Abbildung 1) zeigt, welche Komponenten fachdidaktischen Wissens von verschiedenen Wissenschaftlern zum fachdidaktischen Wissen gezählt werden [16].

Einigkeit besteht darin, dass das Wissen über Schülerkognitionen eine Domäne des fachdidaktischen Wissens darstellt, ebenso Wissen über Lernstrategien und Präsentationsmöglichkeiten von Fachinhalten.

Scholars	Knowledge of								
	Purposes for teaching a subject matter	Student understanding	Curriculum	Instructional strategies and representations	Media	Assessment	Subject matter	Context	Pedagogy
Shulman (1987)	D	O	D	O			D	D	D
Tamir (1988)		O	O	O		O	D		D
Grossman (1990)	O	O	O	O			D		
Marks (1990)		O		O	O		O		
Smith and Neale (1989)	O	O		O			D		
Cochran et al. (1993)		O		N			O	O	O
Geddis et al. (1993)		O	O	O					
Fernandez-Balboa and Stiehl (1995)	O	O		O			O	O	
Magnusson et al. (1999)	O	O	O	O		O			
Hasweh (2005)	O	O	O	O		O	O	O	O
Loughran et al. (2006)	O	O		O			O	O	O

*D* Author placed this subcategory outside of PCK as a distinct knowledge base for teaching; *N* author did not discuss this subcategory explicitly (Equivalent to blank but used for emphasis); *O* author included this subcategory as a component of PCK.

**Abb. 1:** Komponenten fachdidaktischen Wissens von verschiedenen Konzeptualisierungen [16]

## Fachwissen

Ohne Fachwissen ist trivialerweise kein Fachunterricht möglich. Das Fachwissen von Lehrerinnen und Lehrern wird entsprechend als eine grundlegende Voraussetzung für erfolgreichen Unterricht gesehen [5, 13]. Allerdings ist nicht ganz klar, welches Fachwissen hierfür benötigt wird und welche Beziehung zwischen Fachwissen und fachdidaktischem Wissen besteht. Nach Baumert *et al.* [21] ist es ist eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für Unterrichtserfolg im Mathematikunterricht [13]. Lernprozesse können danach nur dann von Lehrkräften gesteuert werden, wenn sie sich in der Domäne ihres Unterrichtsfaches auskennen [5]. Shulman definiert Fachwissen wie folgt:

- „The teacher need not only understand *that* something is so; the teacher must further understand *why* it is so, on what grounds its warrant can be asserted, and under what circumstances our belief in its justification can be weakened and even denied. Moreover, we expect the teacher to understand why a given topic is particularly central to a discipline whereas another may be somewhat peripheral.“ [12, S. 9]

Neben Faktenwissen gehören also auch Argumentations- und Begründungswissen für Zusammenhänge im Fachbereich dazu [5] sowie Wissen über die Bedeutung und Wichtigkeit von Fachthemen [1]. Bei Shulmans Darstellung von Fachwissen bleibt jedoch offen, welche inhaltliche Basis diesem Wissen zugrunde liegen sollte [5].

Die Wichtigkeit von Fachwissen ist nicht abzustreiten, da das Schulfach mit seinen fachlich relevanten Inhalten und Arbeitsweisen den grundlegenden Handlungsraum der Lehrkraft darstellt [13]. In diesem Sinne formulieren Baumert und Kunter Fachwissen als „die Grundlage, auf der fachdidaktische Beweglichkeit entstehen kann“ [13, S. 496]. Ergebnisse empirischer Studien bestätigen, dass das fachdidaktische Wissen von Lehrpersonen mit der Breite und Tiefe ihres Fachwissens korreliert. Trotz des Zusammenhangs zwischen fachdidaktischem Wissen und Fachwissen stellen diese beiden Wissensfacetten zwei theoretisch und empirisch trennbare Bereiche dar. Die Verknüpfung beider Facetten wird allerdings mit zunehmender Expertise stärker [1, 20].

### 2.3. Forschungen zum Fachwissen von Lehrkräften

Obwohl Fachwissen eine grundlegende Bedeutung für den Unterrichtserfolg hat [17], wird diese Wissensdomäne in der Literatur vergleichsweise wenig intensiv diskutiert [5].

Studien, die auf Korrelationen zwischen Fachwissen von Lehrkräften und dem Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern ausgerichtet waren, fanden keine oder nur geringe Zusammenhänge [21].

## Quantitative und qualitative Studien

Frühere Studien verwendeten als Indikatoren für fachliches Wissen von Lehrkräften distale Angaben, wie staatliche Zertifizierung, Abschlüsse oder Anzahl besuchter Fachkurse. Diese Indikatoren sind jedoch, was den Inhalt, die Struktur oder die Qualität des Fachwissens angeht, nicht aussagekräftig. In vielen Studien fanden die Erhebungen der Daten in Form von Querschnittsuntersuchungen statt, die die Möglichkeit der selektiven Zuweisung von Lehrkräften zu Lerngruppen einschränken [13]. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass höhere Fachabschlüsse mit besseren Lernleistungen der Schülerinnen und Schüler einhergehen. Diese positive Korrelation ist bei Sekundarstufenlehrkräften höher als bei Grundschullehrpersonen. Die in der Grundschule durchgeführten Studien sind darüber hinaus inkonsistent. Druva und Anderson berichten von positiven Effekten in den naturwissenschaftlichen Fächern [18]. Rowan, Correnti und Miller fanden eine negative Korrelation zwischen dem Fachwissen von Mathematiklehrkräften und dem Lernzuwachs der Schülergruppen [19]. Die COACTIV-Studie hat ergeben, dass, auf dem Niveau des vertieften Schulwissens, das Fachwissen der Mathematiklehrkräfte keinen direkten Einfluss auf die Unterrichtsqualität besitzt, welche als kognitive Aktivierung und individuelle Unterstützung der Schüler operationalisiert wurde [21]. Baumert *et al.* weisen aber darauf hin, dass dieses Fachwissen notwendig ist, um fachdidaktisches Wissen aufzubauen. In einer Studie an Lehramtsstudierenden der Physik konnte gezeigt werden [1], dass schulnahes Fachwissen wahrscheinlich einen größeren Einfluss auf die Beantwortung von Fragen besitzt, die aus fachdidaktischer Sicht kritische Unterrichtssituationen darstellen, als universitäres Fachwissen. Unter kritischen Unterrichtssituationen wird hierbei z. B. die Reaktion auf Schülerfehlvorstellungen verstanden [22].

Im Gegensatz dazu gestatten qualitative Studien ein detaillierteres Bild. Grundlegend sind in diesem Bereich „die Arbeiten von Stodolsky, Grossman, Wilson, Ball und Leinhardt [...]“. Diese Studien liefern insgesamt ein sehr starkes Argument dafür, Untersuchungen zum Unterricht und zur Lehrerkompetenz domänenspezifisch anzulegen“ [13, S. 492].

### Studien in den Naturwissenschaften

Die meisten Studien zum Fachwissen erfolgten bisher im naturwissenschaftlichen Bereich sowie in der Mathematik [13]. Studien zum Fachwissen von Lehrkräften in den naturwissenschaftlichen Fächern untersuchten vor allem, in welchem Maße Lehrkräfte in einzelnen Inhaltsbereichen selbst noch wenig belastbare Konzepte vertreten. Dabei zeigte sich, dass z. B. biologische Konzepte von den getesteten Lehrkräften relativ gut verstanden wurden. Das Wissen von Physiklehrpersonen in den USA war

hingegen vergleichbar mit dem von „fourth-form students“ [2, S. 1111].

Im Fach Physik wurden seit 1980 in verschiedenen Ländern (u. a. Australien, Großbritannien, Italien und den USA) Studien über das physikalische Fachwissen von Lehrkräften zu den folgenden Themen untersucht: Licht und Schatten, Elektrizität, Schall, Kraft und Bewegung, Energie, Wärme und Temperatur, thermische Eigenschaften von Materialien, Untergehen und Schweben, Luftdruck und Gravitation [2].

Das Ergebnis dieser Studien ist, „that teachers’ misunderstandings mirror what we know about students“ [2, S. 1117].

#### 2.4. Operationalisierung von Fachwissen bei Lehrkräften

Zur Erstellung eines Fachwissenstests müssen die grundsätzlichen Wissensaspekte nach Shulman inhaltlich spezifiziert werden [5]. Dazu bedarf es einer Theorie über die Wissensform und die Wissensstruktur im jeweiligen Fach [13]. Grundsätzlich sollte das Fachwissen einer Lehrperson mehr beinhalten als den zu unterrichtenden Schulstoff [5, 11]. Ein Fachwissenstest muss überprüfen, ob Argumentationsweisen und das Herstellen von Zusammenhängen derart erfolgen, dass sie sich an die typischen Wissensbildungsprozesse des Faches anschließen. Das bedeutet, dass die Lehrenden nicht nur einen curricularen Vorsprung, sondern vielmehr ein tieferes Verständnis der fachlichen Disziplinen haben sollten [5]. In einigen Studien (z. B. [1, 20, 23]) wird dieses vertiefte Verständnis durch die Abstufung *Schulwissen*, *vertieftes Wissen*, *universitäres Wissen* operationalisiert.

Für einen Fachwissenstest in Physik eignet sich als Themenauswahl die klassische Mechanik. In diesem Themenkomplex werden entscheidende physikalische Konzepte erarbeitet, die für das Verständnis weiterer Bereiche grundlegend sind [14].

Die Expertiseforschung hat gezeigt, dass Wissen im Themenbereich der klassischen Mechanik einen sehr guten Prädiktor für physikalisches Fachwissen darstellt [24]. Die Untersuchung des Fachwissens bei Lehramtsstudierenden der Physik von Riese und Reinhold zeigte, dass mit zunehmender Anzahl fachphysikalischer Semesterwochenstunden generell eine Zunahme der Testleistung zu beobachten war. Dies bestätigt die klassische Mechanik als guten Prädiktor für physikalisches Wissen, weil sie im Regelfall nur in den ersten Semestern studiert wird [14].

Nach Baumert und Kunter [13] eignen sich deklaratives und prozedurales Wissen als zentrale Komponenten zur Strukturierung und Operationalisierung des Lehrerwissens. Die deklarativen Fachwissenskomponenten enthalten z. B. das Wissen über Konzepte und Fakten, während die prozeduralen Fachwissensanteile als handlungsnäher angesehen wer-

den und z. B. Handlungsrouitinen enthalten. Paris *et al.* [25] fügen diesen beiden Komponenten noch das konditionale Fachwissen hinzu. Diese Wissenskomponente ist eine Erweiterung des prozeduralen Wissens. Zusätzlich zum Wissen über verschiedene fachliche Handlungsrouitinen kommt hier noch das Wissen über Bedingungen und Voraussetzungen von fachlichen Handlungsrouitinen hinzu [26].

#### 3. Forschungsfrage

Die Ergebnisse einer Studie mit Lehramtsstudierenden der Physik deuten darauf hin, dass „universitäres Wissen keine unmittelbare Relevanz für den Unterrichtsprozess besitzt“ [1, S. 169]. Für das Agieren im Unterricht scheint vielmehr schulrelevantes Fachwissen (Schulwissen, vertieftes Wissen) bedeutsam zu sein. In der universitären Lehrerbildung besuchen aber Studierende für das Gymnasiallehramt häufig dieselben Einführungsvorlesungen wie die Diplom- bzw. Bachelor-Studierenden der Physik. Die Inhaltsauswahl erfolgt häufig negativ dadurch, dass Lehramtsstudierende weniger Anforderungen erfüllen müssen. Ein Bezug zum Schulwissen wird in den meisten Fällen nicht explizit hergestellt. Daraus ergibt sich die Frage, wie viel schulrelevantes Fachwissen Lehramtsstudierende und Referendare im Vergleich zu ausgebildeten Lehrkräften besitzen können.

#### 4. Studiendesign

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde in der hier vorgestellten Studie das schulrelevante Fachwissen von Studierenden, Referendaren und Lehrkräften erhoben. Im Folgenden werden das Testinstrument und die Stichprobe vorgestellt.

#### Testinstrument

In dieser Studie wurde das Testheft der Vorstudie zum physikalischen Fachwissen [27] der ProwiN-Studie [28] eingesetzt. Das für die Aufgaben zugrunde liegende Konstruktionsmodell umfasst die Dimensionen *Wissensbereiche* und *Inhalt*. 19 der 22 Aufgaben thematisieren die Mechanik (vgl. 2.4), die anderen befassen sich mit Elektrizitätslehre und Optik. Die Dimension *Wissensbereiche* beinhaltet in Anlehnung an Paris *et al.* [25] die Unterteilungen *deklaratives Wissen*, *prozedurales Wissen* und *konditionales Wissen*.

Das Niveau der Aufgaben umfasst die Bereiche *Schulwissen*, *vertieftes Schulwissen (der Sekundarstufe I)* und *universitäres Wissen* [26]. Die Dimension *universitäres Wissen* wurde eingeführt, da in der ProwiN-Studie Lehrkräfte verschiedener Ausbildungsgänge (z. B. Sekundarstufe I und Sekundarstufe II) miteinander verglichen werden. Für die hier untersuchte Stichprobe (Gymnasiallehrkräfte bzw. Studierende und Referendare in der Ausbildung zu Gymnasiallehrkräften) liegen alle Aufgaben auf den Niveaustufen *Schulwissen* und *vertieftes Schulwissen*. Sie sollten somit schulrelevantes Fachwissen

abfragen, was durch eine Validierung (siehe Abschnitt 5.2) empirisch bestätigt werden konnte.

Aufgabenbeispiele aus dem eingesetzten Test können an dieser Stelle nicht präsentiert werden, da die Aufgaben in aktuellen Studien eingesetzt werden. Zum besseren Verständnis werden die beiden für diese Stichprobe relevanten Niveaustufen im Folgenden durch Aufgabentypen aus dem Bereich der Elektrizitätslehre skizziert:

*Schulwissen:* Auf dieser Niveaustufe befinden sich u. a. Aufgaben zum Einsatz von Formeln in der Sekundarstufe I, z. B. bei der Bestimmung des ohmschen Widerstandes in einem Stromkreis.

*Vertieftes Schulwissen:* Zu dieser Niveaustufe gehören z. B. Aufgaben zum Unabhängigkeitsprinzip bei Bewegungen, etwa bei der Bewegung von Elektronen in gekreuzten elektrischen Feldern.

Für die Bearbeitung der 22 Aufgaben ist eine Zeit von 60 Minuten vorgesehen.

**Stichprobe**

An dieser Untersuchung nahmen insgesamt 120 Personen (Ø Alter: 33,9 Jahre; SD: 13,3 Jahre; 36,4% weiblich) aus den folgende 5 Gruppen teil: Physik-Lehramtsstudierende für Gymnasium im Hauptstudium (*Student*), Referendarinnen und Referendare in Physik am Gymnasium (*Referendar*), Physiklehrkräfte am Gymnasium (*Lehrkraft*) Diplomphysikerinnen und -physiker in der Forschung (*Physiker*) und Nicht-Physiklehrkräfte am Gymnasium (*NP Lehrkraft*). Die Teilnehmer kamen aus fünf verschiedenen Bundesländern. Die beiden letzten Gruppen dienten dazu, den Test zu validieren (siehe Abschnitt 5.2). Die Teilnehmer der Gruppe *NP Lehrkraft* unterrichten mindestens eines der Fächer Biologie, Chemie oder Mathematik.

	N	Ø Alter [Jahre]	SD [Jahre]	% weiblich
Student	22	26,8	6,2	36,4
Referendar	22	29,9	5,5	40,9
Lehrkraft	47	39,3	17,8	31,1
Physiker	15	28,3	3,4	26,7
NP Lehrkraft	14	39,5	9,8	57,1

**Tab. 1:** Deskriptive Daten zur Stichprobe in Abhängigkeit der Gruppe

**5. Ergebnisse**

**5.1. Testgütekriterien**

Die Reliabilität des Testinstrumentes ist mit  $\alpha = .85$  zufriedenstellend.

Zur Überprüfung der Auswertobjektivität der offenen Antworten wurden 10 % der Testhefte von zwei Kodierern ausgewertet und die Übereinstimmung mittels Gamma berechnet. Die Werte für ( $\bullet$ ) Gamma liegen zwischen 0.714 und 1.0 und besitzen somit mittlere bis gute Übereinstimmung.

**5.2. Validierungen**

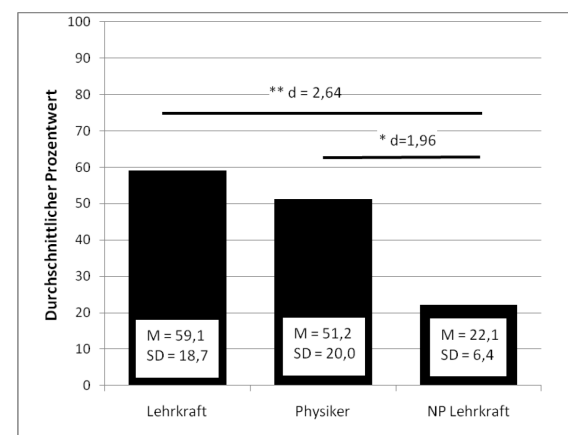
Durch einen Vergleich der Gruppen *Lehrkraft*, *Physiker* und *NP Lehrkraft* wurde untersucht, ob das Testinstrument schulrelevantes physikalisches Fachwissen abfragt. Durch einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen *Lehrkraft* und *NP Lehrkraft* kann ausgeschlossen werden, dass der Test nur physikalisches Alltagswissen abfragt. Im Vergleich zur Gruppe der *Physiker* sollten die Lehrkräfte vergleichbares schulrelevantes Fachwissen besitzen, hier sollte es also höchstens einen signifikanten Unterschied mit geringer Effektstärke geben.

Bei der Untersuchung erreichte die Gruppe *Lehrkraft* durchschnittlich 59,1 % der Punkte, die Gruppe *Physiker* 51,2 % der Punkte und die Gruppe *NP Lehrkraft* nur 22,1 % der Punkte (vgl. Tab. 2).

Eine Varianzanalyse (ANOVA) mit der abhängigen Variablen Fachwissen und den drei Gruppen als Faktor ergab einen signifikanten Gruppeneffekt ( $F(2,71) = 24.527$ ;  $p < 0.001$ ; part.  $\eta^2 = .40$ ). Eine anschließende Last Significant Difference (LSD) Analyse ergab, dass die Unterschiede zwischen Physiklehrkräften sowie Physikerinnen und Physikern nicht signifikant sind, die Unterschiede zwischen Physiklehrkräften und Nicht-Physiklehrkräften aber signifikant ( $p < 0.01$ ) und bedeutsam ( $d = 2.64$ ) sind (Abb. 2).

	Ø Punktzahl [%]	SD [%]
Student	37,9	13,7
Referendar	48,1	15,8
Lehrkraft	59,1	18,7
Physiker	51,2	20,0
NP Lehrkraft	22,1	6,4

**Tab. 2:** Durchschnittliche Punktwerte der einzelnen Gruppen



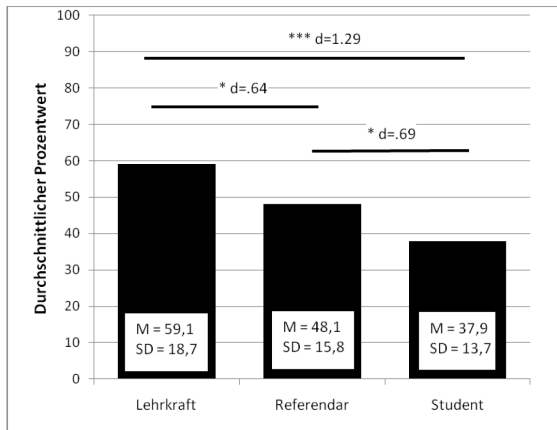
**Abb. 2:** Vergleich der durchschnittlich erreichten Prozentzahl zwischen Physiklehrkräften (*Lehrkraft*), Physikerinnen und Physikern (*Physiker*) und Nicht-Physiklehrkräften (*NP Lehrkraft*) (\*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ )

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass mit dem Test schulrelevantes Fachwissen abgefragt wird, da Physiklehrkräfte bei diesen Fragen genauso viel

wissen wie Diplomphysikerinnen und Diplomphysiker, die an der Universität arbeiten, aber Lehrkräfte, die nicht Physik unterrichten, signifikant weniger wissen als Physiklehrkräfte.

### 5.3. Vergleich zwischen den Ausbildungsstufen

Bei dem Vergleich der Ausbildungsstufen erreicht die Gruppe der Studierenden durchschnittlich 37,9 % der Punkte und die der Referendare 48,1 % der Punkte (vgl. Tab. 2)



**Abb. 3:** Vergleich der durchschnittlich erreichten Prozentzahl zwischen den Gruppen Lehrkraft, Referendar und Student (\*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*\*\*:  $p < 0,001$ )

Eine Varianzanalyse (ANOVA) mit der abhängigen Variable Fachwissen und dem Grad der Ausbildung als Faktor ergab einen signifikanten bedeutsamen Gruppeneffekt ( $F(2,88) = 12,215$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = .22$ ). Dies bedeutet, dass 22 % der Varianz in den Daten durch die Ausbildungsstufen erklärt werden können.

Eine anschließende Last Significant Difference (LSD) Analyse ergab, dass alle Unterschiede signifikant sind (vgl. Abb. 3). Hierbei besitzt der Unterschied zwischen den Lehrkräften und den Referendaren eine mittlere Effektstärke ( $d = .64$ ). Ebenso ist der Unterschied zwischen Referendaren und Studierenden von mittlerer Effektstärke ( $d = .69$ ). Der Unterschied zwischen den Lehrkräften und Studierenden besitzt eine hohe Effektstärke ( $d = 1.29$ ). Das Fachwissen nimmt also über beide Ausbildungsphasen zu. Das Ergebnis deutet somit darauf hin, dass Lehrkräfte größeres schulrelevantes Fachwissen besitzen als Referendare und Studierende.

### 5.4. Vergleiche in Abhängigkeit der Dienstjahre

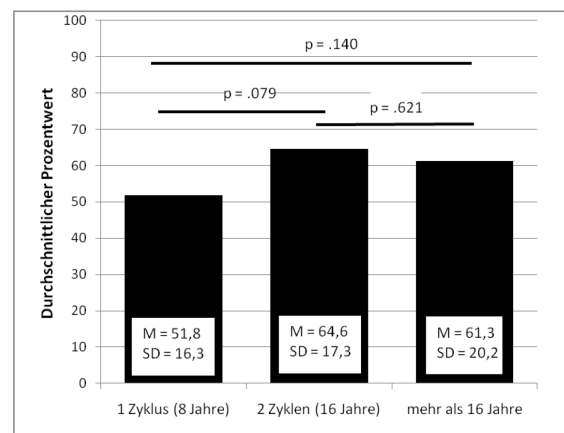
Zur Beurteilung der Abhängigkeit des Wissens von den Dienstjahren wurden die Lehrkräfte in drei Gruppen eingeteilt: Die erste Gruppe enthielt die Lehrkräfte mit weniger als neun Dienstjahren (ein kompletter Jahrgangsdurchlauf Klasse 5 bis 13). In der zweiten Gruppe befinden sich alle Lehrkräfte mit mehr als einem und weniger als zwei Durchläufen und in der dritten Gruppe Lehrkräfte mit mehr als 16 Dienstjahren.

Wird diese Einteilung (siehe Tab. 3) vorgenommen, gibt es im Fachwissen keinen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen, (siehe Abb. 4). Das Ergebnis verändert sich nicht, wenn Lehrerfahrung +/- um 1 oder 2 Jahre variiert wird.

Lehrkraft	N	Ø Punktzahl [%]	SD [%]
Erfahrung • 8 a	15	51,8	16,3
9 a • Erfahrung • 16 a	12	64,6	17,3
17 a • Erfahrung	20	61,3	20,2

**Tab. 3:** Durchschnittlich erreichte Punktzahl in Abhängigkeit der Dienstjahre

Dies deutet darauf hin, dass das schulrelevante Fachwissen schon zu Beginn der Dienstzeit erworben wird und dass es danach konstant bleibt.



**Abb. 4:** Vergleich der durchschnittlich erreichten Prozentzahl in Abhängigkeit der Dienstjahre

## 6. Diskussion

In den Fachdidaktiken wird die Frage diskutiert, welches Wissen Lehramtsstudierende im Studium erwerben sollten, um in der späteren Unterrichtspraxis lernförderlichen und motivierenden Unterricht vorbereiten und durchführen zu können. Für das Fachwissen konnte in der COACTIV-Studie für Mathematiklehrkräfte gezeigt werden, dass es zwar eine notwendige Voraussetzung für die Ausbildung von fachdidaktischem Wissen ist, es aber keinen direkten Einfluss auf die Unterrichtsqualität (operationalisiert durch kognitiv aktivierende Aufgaben und individuelle Förderung) besitzt [21]. In dieser Studie wurde das Fachwissen auf vier Niveaustufen erfasst [20, S. 237]: mathematisches Alltagswissen; Beherrschung des Schulstoffs; tieferes Verständnis der Fachinhalte der Sekundarstufe; reines Universitätswissen. Die Stufen wurden bei der Auswertung nicht differenziert betrachtet. Im Vergleich hierzu konnte Riese zeigen, dass schulnahes bzw. schulrelevantes Fachwissen eine stärkere Auswirkung auf die Beantwortung von Fragen zu unterrichtsnahen Situationen besitzt als universitäres Fachwissen [1]. Offen ist aber noch die Frage, wie sich dieses schulrelevante Fachwissen entwickelt. Um sich dieser



Frage zu nähern, wurde in einem ersten Schritt das schulrelevante Fachwissen von Studierenden, Referendaren und Lehrkräften in der Physik erhoben und verglichen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Lehrkräfte signifikant mehr schulrelevantes Fachwissen besitzen als Studierende und Referendare, obwohl Fachwissen in der zweiten Phase der Lehramtsausbildung nicht explizit gelehrt wird. Eine mögliche Erklärung könnte darin liegen, dass die Lehrkräfte das schulrelevante Fachwissen zur Vorbereitung des Unterrichts aufbereiten müssen und dadurch dieses Wissen erwerben.

Die in dieser Untersuchung gewonnenen Ergebnisse sind erste Hinweise auf die Wissensunterschiede zwischen Lehrkräften, Referendaren und Studierenden. Eine erneute Prüfung mit größeren Stichproben ist erforderlich. Zusätzlich ergibt sich die Frage, über welches universitäre Fachwissen Lehramtsstudierende verfügen müssen, um Unterricht optimal gestalten zu können.

Innerhalb der hier untersuchten Stichprobe blieb das schulrelevante Fachwissen über die Dienstjahre hinweg konstant. Da die Stichprobe relativ klein war, kann dieses Ergebnis zwar Hinweise für weitere Untersuchungen geben, aber nicht verallgemeinert werden.

## 7. Literatur

- [1] Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos Verlag
- [2] Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell (Ed.), *Handbook of research on science education*, pp. 1105-1149. Mahwa, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates
- [3] Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Psychologie des Unterrichts und der Schule*, S. 177-212. Göttingen: Hogrefe
- [4] Helmke, A. (2007). Unterrichtsqualität – Erfassen, Bewerten, Verbessern. Seelze: Kallmeyer
- [5] Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M., & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie, *Journal für Mathematik-Didaktik* (29), S. 223-258
- [6] Rosenshine, B. (1979). Content, time and direct instruction. In P. L. Peterson & H. J. Walberg (Eds.), *Research on teaching: Concepts, findings and implications*, S. 28-56. Berkeley: McCutchan
- [7] Trendel, G., Wackermann, R. & Fischer, H. E. (2007). Lernprozessorientierte Lehrerfortbildung in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 13, S. 9-31
- [8] Leinhardt, G. & Greeno, J. G. (1986). The cognitive skill of teaching. In *Journal of Educational Psychology*, 78, S. 75-95
- [9] Oelkers, J., Reusser, K. (2008) Expertise: Qualität entwickeln – Standards sichern – mit Differenz umgehen, *Bildungsforschung Band 27*
- [10] Elbaz, F. (1983). *Teacher thinking: a study of practical knowledge*. New York: Nichols
- [11] Shulman, L. (1987). *Knowledge and teaching: foundations of the new reform*. *Harvard Educational Review*, 57, S. 1-22
- [12] Shulman, L. (1986). Those who understand. *Knowledge growth in teaching*. *Educational Researcher*, 15, pp. 4-14
- [13] Baumert J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9, S. 469-520
- [14] Riese, J. & Rheinhold, P. (2008). Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Messung professioneller Handlungskompetenz bei (angehenden) Physiklehrkräften. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 1 (2), S. 625-640
- [15] Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Jordan, A. & Löwen, K. (2004). COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*, S. 31-53. Münster: Waxmann
- [16] Park, S. & Oliver, J. S. (2007). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. In *Res Sci Educ* (2008) 38, S. 261-284
- [17] Ball, D. L., Lubienski, S. T. & Mewborn, D. S. (2001). Research on teaching mathematics. The unsolved problem of teachers' mathematical knowledge. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of research on teaching*, S. 433-456. New York: Macmillan
- [18] Druva, C. A. & Anderson, R. D. (1983). Science teacher characteristics by teacher behavior and by student outcome: A meta-analysis of research. In *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 20, S. 467-479
- [19] Rowan, B., Correnti, R. & Miller, R. J. (2002). What large-scale survey research tells us about teacher effects on student achievement: Insights from the prospects study of elementary schools. In: *Teachers College Record*, Vol. 104, S. 1525-1567
- [20] 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
- [21] Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., & Tsai, Y. M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 133-180
- [22] Borowski, A. & Riese, J. (2010). Physikalisch-fachdidaktisches Wissen – Was kommt in der Praxis an? *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 5/59, 5-8
- [23] Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2008). Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer – Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare – Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. Münster: Waxmann Verlag
- [24] Friege, G. & Lind, G. (2004). Leistungsmessung im Leistungskurs. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht. MNU*, 57, 259-265
- [25] Paris, S. G., Lipson, M. Y., & Wixson, K. K. (1983). Becoming a strategic reader. *Contemporary Educational Psychology*, 8, 293-316
- [26] Tepner, O., Borowski, A., Fischer H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., Leutner, D., Neuhaus, B., Sandmann, A. Sumfleth, E., Thillmann, H., Wirth, J., Witner, S. (eingereicht). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften
- [27] Kirschner, S., Wlotzka, U., Borowski, A. & Fischer, H. E. (2011). Das Professionswissen von Physiklehrern – Pilotierung und Validierung. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010* (S. 114–116). Berlin: Lit.
- [28] Borowski, A., Neuhaus, B. J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H. E., Leutner, D., Sandmann, A. & Sumfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16