

Fachdidaktisches Wissen von Physikreferendaren

ANDREAS BOROWSKI – JENNIFER OLSZEWSKI – HANS ERNST FISCHER

Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchung wurde fachdidaktisches Wissen von Physikreferendaren¹ durch zwei unabhängig voneinander entwickelte Fragebögen ermittelt. Die Aufgaben der Fragebögen behandeln in den physikalischen Inhaltsbereichen Mechanik und Elektrizitätslehre fachdidaktische Fragestellungen zu Schülerlernprozessen und Schülervorstellungen, sowie Lehrstrategien und Darstellungsformen im Physikunterricht. Ziel der Studie ist es, Unterschiede im fachdidaktischen Wissen in Abhängigkeit von der Anzahl der erteilten Unterrichtsstunden abzubilden, um so Hinweise über die Validität der Fragebögen zu erhalten.

1 Einleitung

An der Universität können die Ziele der Lehrveranstaltungen für Lehramtsstudierende in die drei Bereiche Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und allgemeinpädagogisches Wissen eingeteilt werden. Inhaltlich sollen dabei »Grundlegende Kompetenzen hinsichtlich der Fachwissenschaften, ihrer Erkenntnis- und Arbeitsmethoden, sowie der fachdidaktischen Anforderungen« (Kultusministerkonferenz der Länder, 2008, 2) vermittelt werden. Die »Vermittlung mehr unterrichtspraktisch definierter Kompetenzen ist hingegen vor allem Aufgabe des Vorbereitungsdienstes« (Kultusministerkonferenz der Länder, 2008, 3). In der ersten Phase der Ausbildung wird die eher theoretische Kompetenz der Studierenden zumeist in Form von schriftlichen oder mündlichen Prüfungen bestimmt, wohingegen im Referendariat eher unterrichtspraktische Kompetenzen durch Beobachtungen festgestellt werden. In der Forschung zum Lehrberuf wird versucht, auch den Bereich des Wissens über fachbezogene Unterrichtsprozesse mit Tests zu erfassen. Nach einem kurzen Überblick über die Lehrberufsforschung werden die Ergebnisse einer Studie zum fachdidaktischen Wissen über unterrichtspraktische Kompetenzen im Referendariat vorgestellt. In dieser Studie wird ermittelt, ob zwei in verschiedenen Forschergruppen nach unterschiedlichen Modellen entwickelte Tests zum fachdidaktischen Wissen vergleichbare Ergebnisse liefern und ob sie das Wissen von Referendaren valide abbilden können.

2 Lehrerprofessionswissen

Zur Strukturierung der empirischen Forschung zu Lehrenden stellen BAUMERT und KUNTER (2006) ein Modell zur professionellen Handlungskompetenz von Lehrern vor. Dieses Modell besteht aus den Bereichen motivationale Orientierungen, Überzeugungen/Werthaltungen, selbstregulative Fähigkeiten und Professionswissen. Die verschiedenen Bereiche der professionellen Handlungskompetenz von Lehrenden sollen damit unabhängig voneinander untersucht und im Nachhinein aufeinander bezogen werden.

Im Folgenden wird das Professionswissen betrachtet; es wird in die Bereiche pädagogisches Wissen, Fachwissen und fachdidaktisches Wissen untergliedert, um Aussagen über die Wirkung der einzelnen Bereiche auf den Unterricht und die Schülerleistungen machen zu können. Diese drei Facetten haben

sich aus einer detaillierteren Strukturierung SHULMANS (1986, 1987) entwickelt und in der heutigen Forschungspraxis durchgesetzt. Die Facetten werden im Folgenden beschrieben.

Pädagogisches Wissen beinhaltet fachunabhängige Grundlagen für einen erfolgreichen Fachunterricht. Hierzu gehören Prinzipien der Klassenorganisation und des Klassenmanagements, wie z. B. das Wissen darüber, wie ein lernförderliches soziales Klima aufrecht gehalten werden kann oder das Wissen über das Durchführen eines reibungslosen und effektiven Unterrichtsverlaufes (KRAUSS u. a., 2008).

Das Fachwissen eines Lehrers stellt eine Grundvoraussetzung für erfolgreichen Fachunterricht dar (BAUMERT & KUNTER, 2006). In der Forschung wird darunter nicht nur Faktenwissen verstanden, sondern Wissen, das Fakten und Zusammenhänge in Verbindung bringen kann. Zusätzlich soll die Bedeutung dieser Fakten und Zusammenhänge innerhalb des Faches bekannt sein und begründet werden können. In neueren Studien wird das Fachwissen von Lehrern als vertieftes Hintergrundwissen über die Inhalte des Schulstoffes verstanden (KRAUSS u. a., 2008; BOROWSKI & RIESE, im Druck). Ergebnisse aus der Mathematik zeigen, dass diese Art von Lehrwissen von Bedeutung für die Vermittlung von Schulwissen ist (KRAUSS u. a., 2008).

Das Wissen, das einen Fachlehrer von einem Pädagogen bzw. Fachwissenschaftler unterscheidet, beschreibt der Bereich des *fachdidaktischen Wissens*. Dieses Wissen befähigt eine Lehrperson, fachspezifische Lerngelegenheiten zum Wissensaufbau im Unterricht zu gestalten. Weil hierzu sowohl Fachwissen, als auch pädagogisches Wissen benötigt werden, bezeichnet SHULMAN fachdidaktisches Wissen als Verschmelzung von Fachwissen und pädagogischem Wissen. Einigkeit besteht außerdem darüber, dass das Wissen über Schülerlernprozesse und -vorstellungen und das Wissen über Lehrstrategien und Darstellungsformen im Fachunterricht zentrale Inhaltsbereiche des fachdidaktischen Wissens sind.

3 Fachdidaktisches Wissen von Lehrenden

Einige Fallstudien beschreiben, dass das fachdidaktische Wissen einer Lehrkraft verstärkt durch Unterrichtserfahrung aufgebaut werden kann (VAN DRIEL, DE JONG & VERLOOP, 2002). In einer Untersuchung mit einer größeren Anzahl von Mathematiklehrern wird darüber hinaus u. a. gezeigt, dass »das fachdidaktische Wissen einer Lehrkraft [...] eine entscheidende Größe für das Lernen von Schülerinnen und Schülern [ist]«

¹ Wenn zur besseren Lesbarkeit in diesem Beitrag die männliche Form verwendet wird, ist immer auch die weibliche Form gemeint.

(KRAUSS u. a., 2008, 249). In derselben Studie konnte außerdem nachgewiesen werden, dass fachdidaktisches Wissen und Fachwissen stark miteinander korrelieren. Ähnliche Korrelationen wurden für Physiklehrer im Inhaltsgebiet Elektrizitätslehre (OLSZEWSKI, NEUMANN & FISCHER, 2009), sowie für Physik-Lehramtsstudierende im Inhaltsgebiet Mechanik (RIESE & REINHOLD, 2008) gezeigt. Desweiteren konnte in einer vergleichenden Studie mit ebendiesen Tests gezeigt werden, dass sich das fachdidaktische Wissen von Physik-Lehramtsstudierenden, Physikreferendaren und Physiklehrenden jeweils signifikant voneinander unterscheiden lässt (BOROWSKI u. a., 2009).

4. Beispielaufgaben zum fachdidaktischen Wissen

Bei der Erhebung des fachdidaktischen Wissens durch Tests (wie z. B. in den Studien von OLSZEWSKI u. a., RIESE & REINHOLD und BOROWSKI u. a.) können zwei Arten von Aufgabentypen unterschieden werden. Der erste Aufgabentyp fragt Fakten und Theorien, also eher handlungsfernes Wissen, ab (Abb. 1). Diese Art von Aufgaben dient der Bestimmung des theoretischen Wissens von Lehrkräften.

Da der Unterricht ein dynamischer Prozess ist, in dem Lehrer ihr Wissen in konkreten Situationen anwenden müssen, werden beim zweiten Aufgabentyp konkrete Unterrichtssituationen beschrieben. Zu diesen Situationen werden dann Fragen gestellt, in denen einzelne Prozesse oder Äußerungen reflektiert oder eine mögliche Fortführung der Unterrichtssituation beschrieben werden soll. Ein Aufgabenbeispiel, in dem dieses eher handlungsnahes Wissen abgefragt wird, ist in Abbildung 2 dargestellt.

Diese Aufgaben untersuchen die Fähigkeit der Lehrenden, auf gegebene Unterrichtssituationen zu reagieren. Zur Erstellung der Unterrichtssituationen dienen entweder reale oder aufgezeichnete Unterrichtsstunden. Sie wurden mit Hilfe von Fachleitern und Lehren entwickelt.

5 Fachdidaktisches Wissen im Referendariat

Die beiden oben genannten Fragebögen aus den Inhaltsgebieten Mechanik und Elektrizitätslehre wurden eingesetzt, um das fachdidaktische Wissen von Referendaren abzubilden. Die Ergebnisse sollen zeigen, ob das durch die Tests erhobene Wissen sich in Abhängigkeit von der Unterrichtserfahrung vergrößert, um so die Fragebögen zusätzlich zu validieren. Es wird angenommen, dass beide Tests dieselbe Abhängigkeit von der Unterrichtserfahrung zeigen und dass sie substantiell korrelieren.

6 Untersuchungsdesign

Zur Überprüfung der Hypothesen wurden der von RIESE & REINHOLD (2008) im Inhaltsbereich Mechanik für Studierende, sowie der von OLSZEWSKI u. a. (2009) im Inhaltsbereich Elektrizitätslehre für Lehrende entwickelte Test in sieben Studienseminaren mit insgesamt 44 Referendaren (40 % w, 60 % m) des Gymnasiums/der Gesamtschule in NRW bearbeitet. Die Referendare hatten insgesamt 90 Minuten (30 min Mechanik/60 min Elektrizitätslehre) Zeit zum Ausfüllen. Neben der Erhebung des fachdidaktischen Wissens wurden Hintergrunddaten wie z. B. die Abiturnote, die Note des 1. Staatsexamens, Unterrichtserfahrung und Qualifizierungsart erfragt. Um die Abhängigkeit des Professionswissens von der Unterrichtserfahrung zu untersuchen, wurden die Referendare in Abhängigkeit ihrer Unterrichtserfahrung in drei etwa gleichgroße Gruppen eingeteilt (Tab. 1).

Das Experiment spielt im Physikunterricht eine zentrale Rolle.

Frage: Nennen Sie bitte drei Ziele bzw. Funktionen im Physikunterricht.

(Zur Lösung vgl. z. B. KIRCHER, GIRWIDZ & HÄUSSLER, 2010)

Abb. 1. Aufgabenbeispiel zum Abfragen von Fakten und Theorien (vgl. BOROWSKI & RIESE, im Druck)

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. Nehm 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 herunter fällt? 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 bremst ihn ja. Das ist deine Reactio!

Frage: 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? (Lösungen: Siehe Anhang)

Abb. 2. Aufgabenbeispiel zur Anwendung von Wissen (vgl. BOROWSKI & RIESE, im Druck)

Keine/Wenig Unterrichtserfahrung	Mittelmäßige Unterrichtserfahrung	Viel Unterrichtserfahrung
14	15	15
31 % w 69 % m	53 % w 47 % m	33 % w 66 % m

Tab. 1. Einteilung der Referendare bezüglich ihrer Unterrichtserfahrung

7 Ergebnisse

Die Anzahl der Referendarinnen und Referendare in den einzelnen Gruppen ist in Tabelle 1 dargestellt. Die Gruppeneinteilung wurde so gewählt, dass alle Gruppen etwa gleichgroß sind.

Bezüglich des fachdidaktischen Wissens (Abb. 3) ergibt sich bei dieser Einteilung ein signifikanter Unterschied zwischen Referendaren mit viel Unterrichtserfahrung und den zwei anderen Gruppen. Da das Wissen mit zunehmender Unterrichtserfahrung zunimmt, ist die Annahme plausibel, dass die Fragebögen ausbildungs- und/oder unterrichtsrelevantes Wissen erheben. Die Unterschiede zwischen den Gruppen Keine/Wenig Unterrichtserfahrung und Mittelmäßige Unterrichtserfahrung sind nicht signifikant, die Wissenszunahme erfolgt also hauptsächlich in der zweiten Hälfte des Referendariats.

Abbildung 4 zeigt die Verteilung des fachdidaktischen Wissens im Inhaltsbereich Elektrizitätslehre in Abhängigkeit vom Wissen im Inhaltsbereich Mechanik. Zu erkennen sind Referendare mit einem hohen fachdidaktischen Wissen in Mechanik und einem sehr geringen Wissen in der Elektrizitätslehre. Entgegengesetzte Fälle sind nicht zu beobachten. Dies deutet darauf hin, dass das fachdidaktische Wissen im Bereich Mechanik in dieser Phase der Ausbildung eher benötigt wird, als das fachdidaktische Wissen im Bereich Elektrizitätslehre. Ein Grund hierfür könnte der Unterrichtsinhalt der Jahrgangsstufe 11 sein. Hier wird vermehrt Mechanik unterrichtet und die Referendare werden häufig in dieser Jahrgangsstufe für ihren »Selbstständigen Ausbildungsunterricht« eingesetzt.

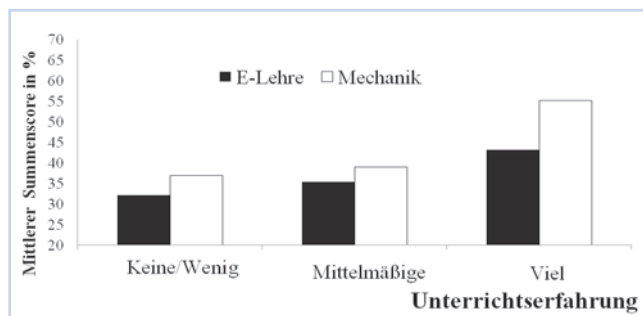


Abb. 3. Vergleich des fachdidaktischen Wissens in Abhängigkeit der Unterrichtserfahrung. Nur die Unterschiede zur Gruppe mit viel Unterrichtserfahrung sind signifikant.

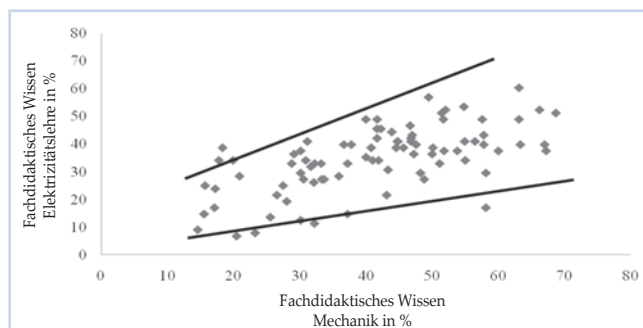


Abb. 4. Verteilung des fachdidaktischen Wissens im Inhaltsbereich Elektrizitätslehre in Abhängigkeit vom fachdidaktischen Wissen im Inhaltsbereich Mechanik

In der Tendenz konnte ein Unterschied im fachdidaktischen Wissen zwischen Referendaren mit und ohne erstem Staatsexamen (Quereinsteigern)² in allen drei Gruppen festgestellt werden. Referendare ohne erstes Staatsexamen schnitten schlechter ab als Referendare mit erstem Staatsexamen; es ist anzunehmen, dass auch dieser Unterschied für eine größere Stichprobe signifikant wird. Eine differenzierte Untersuchung der einzelnen Seminare wäre, ebenfalls wegen der geringen Anzahl von Referendaren in den einzelnen Seminaren (min. 3, max. 9), statistisch nicht sinnvoll.

8 Zusammenfassung

In dieser Untersuchung konnte mit Hilfe von Tests das fachdidaktische Wissen von Referendaren des Physiklehramtes über Schülerlernprozesse und Schülervorstellungen und über Lehrstrategien und Darstellungsformen im Fachunterricht erhoben werden. Hierbei zeigt sich eine Abhängigkeit des fachdidaktischen Wissens von der Unterrichtserfahrung innerhalb des Referendariats. Desweiteren ist eine Abhängigkeit des Inhaltsbereichs Elektrizitätslehre vom Inhaltsbereich Mechanik zu erkennen. Außerdem ist zu vermuten, dass das fachdidaktische Wissen von den hauptsächlich unterrichteten Inhalten abhängt, es also bei der Beschäftigung mit dem zu erteilenden Unterricht erworben oder reaktiviert wird. Die inhomogene Wissensverteilung in den beiden Inhaltsbereichen muss allerdings durch weitere Erhebungen zu Ausbildungsthemen und Unterrichtseinsatz (eventuell verstärkter Einsatz der Referendare im 11. Jg.) überprüft werden. Ein Unterschied zwischen Referendaren verschiedener Seminare und verschiedener Qualifikationen konnte aufgrund der Stichprobengröße nicht aufgelöst werden.

Die für Studierende bzw. Lehrer entwickelten Tests können also fachdidaktisches Wissen von Physikreferendaren messen und zwischen Gruppen mit unterschiedlicher Unterrichtserfahrung differenzieren. Es ist ein hoch auflösendes Instrument entstanden, das die Entwicklung des Professionswissens auf einer hierfür relativ kleinen Zeitskala (zwei Jahre) beschreiben kann.

9 Anhang

Fachlich nicht korrekte Aussagen der Schüler aus der Aufgabe in Abbildung 2 (vgl. BOROWSKI & RIESE, eingereicht):

- physikalische Gesetze gelten nur in der idealen Laborwelt
- die Kraft ist bei einer Bewegung immer größer als die Gegenkraft
- Kraft und Gegenkraft greifen am selben Körper an
- ein Körper, der sich mit größerer Geschwindigkeit bewegt, erfährt eine größere Kraft
- die Gegenkraft wird als ein Widerstand gedeutet
- bewegte Körper »haben« Kraft, unbewegte nicht

Literatur

BOROWSKI, A. & RIESE, J. (im Druck). Physikalisch-fachdidaktisches Wissen – Was kommt in der Praxis an? *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*.

² Die Anzahl der Quer- und Seiteneinsteiger lag im Zeitraum 2003–2006 bei 53 % für das Lehramt Gymnasium (KORNECK & LAMPRECHT, 2009). Andere Bundesländer, z. B. Bayern und Hessen haben vergleichbare Anteile. An einer Vorqualifizierung dieser Berufsgruppe wird von Seiten der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG, 2010) gearbeitet.

- A. BOROWSKI, A., FISCHER, H. E., OLSZEWSKI, J., REINHOLD, P. & RIESE, J. (2010). Ein Vergleich von Tests zum fachdidaktischen Wissen von Physiklehrkräften. In D. HÖTTECKE (Hg.): *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2009 in Dresden. Münster: Lit, 377–379.
- DPG (2010): Quereinsteiger in das Lehramt Physik – Lage und Perspektiven der Physiklehrausbildung in Deutschland. http://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/broschueren/studien/quereinsteiger_2010.pdf (letzter Zugriff 15.4.2010)
- KIRCHER, E., GIRWIDZ, R. & HÄUSSLER, P. (2010). *Physikdidaktik*. Berlin: Springer.
- KORNECK, F. & LAMPRECHT, J. (2009). Quer- und Seiteneinsteiger in das Lehramt Physik. In D. HÖTTECKE (Hg.): *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. Münster: Lit, 22–37.
- BAUMERT, J. & KUNTER, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9, 469–520.
- OLSZEWSKI, J., NEUMANN, K. & FISCHER, H. E. (2010). Fachdidaktisches Wissen von Physik Lehrern und dessen Einfluss auf Unterrichtsqualität. In D. HÖTTECKE (Hg.): *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2009 in Dresden. Münster: Lit, 374–376.
- RIESE, J. & REINHOLD, P. (2008). Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Messung professioneller Handlungskompetenz bei (angehenden) Physik Lehrkräften. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 1/2, 625–640.
- VAN DRIEL, J. H., DE JONG, O. & VERLOOP, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86, 572–590.
- Kultusministerkonferenz der Länder (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 18.10.2008. http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluessel/2008/2008_10_16-Fachprofile.pdf (letzter Zugriff 05.05.2010).
- SHULMAN, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1–22.
- SHULMAN, L. (1986). Those who understand. Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4–14.
- 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, 223–258.
- Dr. paed. ANDREAS BOROWSKI ist abgeordneter Lehrer in der AG Didaktik der Physik von Prof. FISCHER an der Fakultät für Physik der Universität Duisburg-Essen und Mitantagsteller in der DFG-Forscherguppe naturwissenschaftlicher Unterricht.*
Kontakt: Schützenbahn 70, 45127 Essen, Email: andreas.borowski@uni-due.de
- JENNIFER OLSZEWSKI ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der AG Didaktik der Physik von Prof. FISCHER an der Fakultät für Physik der Universität Duisburg-Essen.*
- Dr. rer. nat. HANS ERNST FISCHER ist Professor für Didaktik der Physik in der Fakultät für Physik der Universität Duisburg-Essen und Sprecher der DFG-Forscherguppe naturwissenschaftlicher Unterricht.* ■ □