

Längsschnitt Physikdidaktischen Wissens: Ursachen für Veränderungen

Ausgangslage und Ziele des Projekts

In den letzten Jahren wurde sich im Rahmen der Lehrerbildungsforschung und insbesondere im Fach Physik vermehrt der Aufgabe gewidmet, verschiedene Aspekte des Professionswissens einer Lehrkraft mit Hilfe schriftlicher Testinstrumenten zu erfassen (z.B. Tepner et al., 2012; Kröger, Neumann & Petersen, 2013; Riese et al., 2015). Physikspezifische Projekte, die sich dabei der Messung fachdidaktischen Wissens angenommen haben, verfolgten neben der Entwicklung und Erprobung geeigneter Testinstrumente beispielsweise das Ziel, Zusammenhänge des fachdidaktischen Wissens mit beobachteter Unterrichtsqualität (z.B. ProwiN: Cauet, 2016) oder mit unterrichtsnahen Fähigkeiten der zugehörigen Lehrkraft, wie dem Planen von Physikunterricht, zu identifizieren (z.B. ProfiLe P+: Vogelsang et al., 2019). Darüber hinaus wurde auch die zeitliche Veränderung des fachdidaktischen Wissens im Verlauf der Lehramtsausbildung untersucht (vgl. ebd.). Allerdings ist noch nicht belastbar geklärt, inwieweit längsschnittlich gemessene Veränderungen in physikdidaktischen Wissenscores auf die erfolgreiche Nutzung konkreter physikspezifischer Lehrveranstaltungen bzw. auf einzelne Inhalte und Themen der entsprechenden Veranstaltungen zurückzuführen sind. Allgemein sind die Faktoren, die gegebene Testantworten bzw. Antwortänderungen (im Längsschnitt) beeinflussen, noch nicht hinreichend geklärt. Das in diesem Beitrag beschriebene Projekt setzt dort an und verfolgt das Ziel, Ursachen für Veränderungen im Antwortverhalten, dass aus der Bearbeitung eines physikdidaktischen Wissenstests im Prä-Post-Design resultiert, bei Physiklehramtsstudierenden mit Hilfe von qualitativen Einzelinterviews aufzuklären. Darüber hinaus sollen Gründe für gegebene Testantworten beider Testzeitpunkte identifiziert und die Bedeutung der im Test adressierten physikalischen Inhaltsbereiche (Mechanik, Elektrizitätslehre und Optik) genauer untersucht werden.

Fachdidaktisches Wissen

Das fachdidaktische Wissen ist in der deutschsprachigen Lehrerausbildung von besonderer Bedeutung (KMK, 2019). Bereits im Verlauf ihres Lehramtsstudiums besuchen Studierende neben fachlichen und erziehungswissenschaftlichen Ausbildungselementen verschiedene speziell auf ihr Fach zugeschnittene fachdidaktische Lernangebote. In der Literatur findet sich fachdidaktisches Wissen in Strukturmodellen zur *professionellen Handlungskompetenz* einer Lehrkraft unter dem Aspekt des Professionswissens wieder (z.B. Baumert & Kunter, 2006). In solch hierarchisch angeordneten Strukturmodellen steht es als eigenständiger Wissensbereich des Professionswissens meist auf gleicher Ebene wie das Fachwissen und das pädagogische Wissen. Die Beschreibung einzelner Inhalte des fachdidaktischen Wissens erfolgt häufig durch sogenannte Facetten. Für die Domäne der Naturwissenschaften zählen hierzu unter anderem das Wissen über *Schülervorstellungen*, *Experimente* oder *Instruktionsstrategien* (vgl. z.B. Chan, Rollnick & Gess-Newsome, 2019; Magnusson, Krajcik & Borko, 1999; Reinhold, Riese & Gramzow, 2017). Neben der Domänenspezifität wird dem fachdidaktischen Wissen in der Literatur oftmals auch eine Fach- bzw. Themenspezifität (TSPCK; z.B. Mavhunga & Rollnick, 2013; Veal & MaKinster, 1999) zugeschrieben.

Um physikspezifisches fachdidaktisches Wissen erfassen zu können, wurden in den letzten Jahren vermehrt schriftliche Kompetenz- bzw. Wissenstests entwickelt. Entsprechende Instrumente finden sich in Projekten, wie z.B. KiL (Kröger, Neumann & Petersen, 2013) ProfiLe-P (Riese et al., 2015) ProwiN (Tepner et al., 2012) oder QuiP (Olszewski, 2010). Die dort konzipierten Tests weisen im gegenseitigen Vergleich Unterschiede in ihrer Anlage auf und weichen beispielsweise in der Auswahl der verwendeten fachdidaktischen Facetten oder in der Wahl und Anzahl der zugrunde gelegten physikalischen Inhaltsbereiche voneinander ab (z.B. nur ein physikalischer Inhaltsbereich bei ProfiLe P/ P+, mehrere physikalische Inhaltsbereiche bei KiL). Dabei erhöht die Beschränkung auf einen physikalischen Fachinhalt offenbar die Chance, empirisch fundierte Teilskalen auf Ebene der im Test adressierten fachdidaktischen Facetten zu messen (vgl. Riese, Gramzow & Reinhold, 2017). Werden jedoch Entwicklungsverläufe im physikdidaktischen Wissen über einen längeren Zeitraum der Ausbildung hinweg untersucht oder Vergleiche zwischen verschiedenen Studiengängen und Hochschulstandorten bezüglich des physikdidaktischen Wissens der Studierenden angestrebt, stellt sich die Frage, inwieweit eine Messung unter Beachtung lediglich eines Inhaltsbereichs bzw. einer beschränkten Anzahl an physikalischen Themen im Test valide möglich ist.

Forschungsfragen

In diesem Projekt sollen mit Hilfe einer längsschnittlichen Untersuchung zum physikdidaktischen Wissen und unter Einbezug qualitativer Einzelinterviews den Fragestellungen nachgegangen werden, ob sich 1) physikspezifisches fachdidaktisches Wissen im Verlauf eines Vorbereitungssemesters zum Praxissemester verändert, ob 2) die gemessene Veränderung in unterschiedlichen im Test adressierten physikalischen Inhaltsbereichen variiert und 3) welche Gründe für gegebene Testantworten oder Antwortänderungen im Prä-Post-Vergleich von Studierenden bei freier Kommentierung ihrer Antworten genannt werden.

Studiendesign

Die zugehörigen Studien fanden im Rahmen des Masterstudiengangs Physik Lehramt (Gy/Ge) der RWTH Aachen University statt. Der Untersuchungszeitraum umfasste die circa 15-wöchige Vorlesungszeit des Vorbereitungssemesters zum Praxissemester, in der die Studierenden zwei physikdidaktische Seminare besuchten, in welchen ausschließlich die physikalischen Inhaltsbereiche Elektrizitätslehre und Optik angesprochen wurden. Charakteristisch für diesen Ausbildungsabschnitt ist, dass der Fokus auf fachdidaktischen und bildungswissenschaftlichen Veranstaltungen liegt.

Die Prä-Post-Erhebungen des physikdidaktischen Wissens konnten in insgesamt drei Jahrgängen erfolgen. Die Studien sind in den Wintersemestern 2017/18 (N= 10 Studierende), 2018/19 (N= 14 Studierenden) und 2019/20 (N= 14 Studierenden) durchgeführt worden. Zur Erhebung des physikdidaktischen Wissens diente der im Projekt weiterentwickelte fachspezifische paper-pencil-Test aus ProfiLe-P mit Items zu den physikalischen Inhaltsbereichen Mechanik, Elektrizitätslehre und Optik (vgl. Joswig & Riese, 2018). Der Ablauf der Untersuchung erfolgte in allen drei Jahrgängen nahezu identisch, lediglich die qualitativen Einzelinterviews von circa 60 bis 90 Minuten pro Studierendem wurden nur im Anschluss an die Post-Befragungen der ersten beiden Kohorten geführt. Um zu beantworten, ob und inwiefern eine Veränderung im physikdidaktischen Wissen im Verlauf des Vorbereitungssemesters stattgefunden hat, wurden die insgesamt 76 vorliegenden Testhefte der drei Jahrgänge (38 Prä- und 38 Posthefte) mit Hilfe des Kodiermanuals bepunktet und anschließend statistisch ausgewertet.

Vorläufige Ergebnisse

Eine Übersicht über die Ergebnisse des zweiseitigen gepaarten t-Tests sind in Tab.1 einzusehen. Anhand dieser Werte ist erkennbar, dass sich sowohl im Gesamtscore als auch in den Teilscores der Inhaltsbereiche Optik und Elektrizitätslehre signifikante Zuwächse im physikdidaktischen Wissen über den Untersuchungszeitraum hinweg mit mittlerer Effektstärke abzeichnen. Nur im Bereich Mechanik zeigt sich kein signifikanter Effekt. Allerdings ist die Skalenreliabilität lediglich für den gesamten Test ($\alpha_C = 0.73$) und den Inhaltsbereich E-Lehre ($\alpha_C = 0.70$) zufriedenstellend (Optik und Mechanik $\alpha_C < 0.5$).

Tab. 1: Ergebnisse des zweiseitigen gepaarten t-Test (Prä-Post-Erhebung) hinsichtlich des Gesamtscores und der Teilscores der drei physikalischen Themenfelder

	Differenz Mittelwert	Sd	sig (2-seitig)	Cohen's d d
Score gesamt (N=37)	2.49	3.87	< 0.001	0.64
Optik (N=37)	0.96	2.37	0.019	0.41
Mechanik (N=37)	-0.23	2.76	0.616	0.08
E-Lehre (N=38)	1.83	3.12	< 0.001	0.59

Dieses Bild ist wahrscheinlich primär auf die Gestaltung der physikdidaktischen Lerngelegenheiten des Untersuchungszeitraums zurückzuführen, da in beiden Seminaren lediglich Inhalte aus den Bereichen Elektrizitätslehre und Optik behandelt wurden und auf den Einbezug des Themas Mechanik bewusst verzichtet wurde. Dieses Ergebnis liefert damit Indizien dafür, dass sich das fachdidaktische Wissen nicht als Ganzes verändert, die Veränderung erfolgt offenbar innerhalb einzelner fachlicher (physikalischer) Inhaltsbereiche, die in den jeweiligen Lerngelegenheiten angesprochen werden. Dies spricht explizit für eine Messung, die inhaltlich auf die jeweilige Lerngelegenheit abgestimmt ist. Im Hinblick auf die Aussagekraft der Ergebnisse ist zu beachten, dass im Rahmen des Projekts nur eine begrenzte Anzahl an Physiklehramtsstudierenden der RWTH Aachen befragt werden konnte.

Die Auswertung der 24 qualitativen Einzelinterviews erfolgte mit MAXQDA durch eine qualitative Inhaltsanalyse in Anlehnung an Mayring (2015). Dazu wurde ein mehrstufiges Kategoriensystem entwickelt, welches 10 Oberkategorien und insgesamt 50 Unterkategorien enthält, in denen geäußerte Gründe für die im Test gegebenen Antworten bzw. Antwortänderungen codiert wurden. Dazu zählen beispielsweise konkrete Elemente von Lerngelegenheiten aus den Bereichen Universität, Schule oder Alltag und darüber hinaus auch testspezifische Besonderheiten (z.B. einzelne Formulierungen/Begriffe im Test) und Wiederholungseffekte der Testung (Prä-Test als Lerngelegenheit für den Post-Test). Ein Einblick in die vorläufige Auswertung der Interviews bestätigt die Vermutung, dass die physikdidaktischen Seminare im Untersuchungszeitraum und die darin behandelten Themen eine positive Veränderung im gemessenen physikdidaktischen Wissen bewirken. Kategorien zu physikdidaktischen Lerngelegenheiten am Lernort Universität während des Vorbereitungssemesters wurden häufiger (relative Betrachtung) in Verbindung mit Testantworten codiert, die eine Verbesserung anstelle einer Verschlechterung im Testscore bewirkten.

Hinweis: Das Projekt „Gemeinsam verschieden sein in einer digitalen Welt – Lehrerbildung an der RWTH Aachen (LeBiAC)“ wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsinitiative Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert (FKZ: 01JA1813).

Literatur

- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 469–520
- Cauet, E. (2016). Testen wir relevantes Wissen? Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten. Berlin: Logos
- Chan, K. K. H., Rollnick, M., & Gess-Newsome, J. (2019). A Grand Rubric for Measuring Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer, 251-270
- Joswig, A., & Riese, J. (2018). Die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens im Lehramtsstudium Physik. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*. GDCP. Jahrestagung in Regensburg 2017. Universität Regensburg, 707-710
- Kröger, J., Neumann, K., & Petersen, S. (2013). Messung professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen*. GDCP. Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: IPN, 533-535
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2019). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (Beschluss der KMK vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019)
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 95–132
- Mavhunga, E., & Rollnick, M. (2013). Improving PCK of Chemical Equilibrium in Pre-service Teachers. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 17 (1-2), 113-125
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken*. Weinheim und Basel: Beltz
- Olszewski, J. (2010). The impact of physics teachers' Pedagogical content knowledge on teacher action and student outcomes. Berlin: Logos
- Reinhold, P., Riese, J., & Gramzow, Y. (2017). Fachdidaktisches Wissen im Lehramtsstudium Physik. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik*. Berlin: Logos, 39-56
- Riese, J., Gramzow, Y., & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. *ZFDN*, 23, 99-112. DOI 10.1007/s40573-017-0059-2
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gramzow, Y., Reinhold, P., Schecker, H., & Tomczyszyn, E. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In S. Blömeke & O. Zlatkin - Troitschanskaia (Hrsg.), *Kompetenzen von Studierenden: 61. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik*. Weinheim: Beltz, 55 - 79
- Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., Leutner, D., Neuhaus, B. J., Sandmann, A., Sumfleth, E., Thillmann, H., & Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *ZfDN*, 18, 7–28
- Veal, W. R., & MaKinster, J. G. (1999). Pedagogical Content Knowledge Taxonomies. *Electronic Journal of Science Education*, 3 (4)
- Vogelsang, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Kulgemeyer, C., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H., & Schröder, J. (2019). Entwicklung von Professionswissen und Unterrichtsperformanz im Lehramtsstudium Physik. Analysen zu valider Testwertinterpretation. *Zeitschrift für Pädagogik*, 65 (4), 473-491