

Stefan Sorge
 Melanie Keller
 Stefan Petersen
 Knut Neumann

IPN Kiel

Die Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte

Zur Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht benötigen Lehrkräfte adäquates Professionswissen (Gess-Newsome, 2015; Shulman, 1987). Insbesondere fachdidaktisches Wissen (engl. *pedagogical content knowledge* – PCK) hat sich dabei als prädiktiv für erfolgreiches Lernen von Schülerinnen und Schülern erwiesen (Keller, Neumann & Fischer, 2017; Kunter et al., 2013; Mahler, Großsiedl & Harms, 2017). Den Ideen Shulmans (1986, 1987) folgend ist PCK ein entscheidendes Charakteristikum für die Lehrprofession und umfasst das Wissen, welches Lehrkräfte benötigen, um Fachinhalte den Schülerinnen und Schülern verständlich zu machen. Es ist daher eine zentrale Aufgabe des Lehramtsstudiums die Entwicklung des PCK bestmöglich zu fördern.

Theoretischer Hintergrund

Shulmans (1986, 1987) erste Überlegungen zum Professionswissen von Lehrkräften umfasste eine Vielzahl verschiedener Facetten. In der fachdidaktischen Forschung haben sich primär die Facetten CK (*content knowledge*) und PCK als zentrale Dimensionen des Professionswissens etabliert (Abell, 2007). Bezogen auf das CK fordern Grossman, Schoenfeldt und Lee (2005), dass Lehrkräfte neben den Fachinhalten, die sie im Unterricht behandeln, auch Wissen besitzen, das es ihnen erlaubt, zukünftige Entwicklung in ihrem Fach zu verfolgen und damit Schülerinnen und Schüler auf ein entsprechendes Studium vorzubereiten. Um dieser Zielstellung gerecht zu werden, ist es notwendig, dass Lehrkräfte ihr CK in einer Vielzahl von Themengebieten erwerben (Sorge et al., 2017a). Neben dem notwendigen CK benötigen Lehrkräfte, den Überlegungen Shulmans (1986) folgend, Wissen, wie sich diese Inhalte Schülerinnen und Schülern vermitteln lassen. In der Forschung besteht jedoch eine gewisse Uneinigkeit darüber, welche Bereiche ein solches Wissen umfasst (für einen Überblick siehe Reinhold, Riese & Gramzow, 2017). In ihrer Analyse der verschiedenen Konzeptionen von PCK identifizieren Park und Oliver (2008) vier Bereiche, die die zentralen Komponenten des PCKs darstellen: Wissen über Schülervorstellungen, Instruktionsstrategien, Assessment und Curriculum (siehe auch Magnusson, Krajcik & Borko, 1999). Diese Bereiche formen den Kern des PCK, in dem (angehende) Physiklehrkräfte im Laufe ihres Studiums Wissen erwerben sollten. Dabei umfasst solches PCK öffentliches, explizierbares Wissen, das durch die Forschung und best-practice Unterricht generiert und in formalen Lerngelegenheiten im Lehramtsstudium vermittelt werden sollte (Gess-Newsome, 2015). Im späteren unterrichtlichen Planungs-, Handlungs- und Reflexionsprozess beziehen sich Lehrerinnen und Lehrer allerdings auf implizite, persönliche Wissensbereiche (*personal PCK*), für die das explizite PCK jedoch eine wichtige Ressource darstellt (Gess-Newsome, 2015; Sorge et al., 2017a).

In bisherigen Untersuchungen des Professionswissens (angehender) Physiklehrkräfte konnte die mehrdimensionale Struktur des Professionswissens wiederholt bestätigt werden (z. B. Kirschner et al., 2016; Riese & Reinhold, 2012; Sorge et al., 2017b). Allerdings liegen nur wenige Erkenntnisse vor, wie sich die Struktur des Professionswissens im Verlauf der Lehramtsausbildung verändert (vgl. Riese & Reinhold, 2012). Zudem ist einschränkend anzumerken, dass bisherige Untersuchungen auf einzelne Bereiche des CKs wie z.B. Mechanik und einzelne Bereiche des PCK (Riese & Reinhold, 2010: Experimente; Kirschner

et al., 2016: Instruktionsstrategien und Schilervorstellungen) rekurrieren. Bisherige querschnittliche Untersuchungen legen nahe, dass die Beziehung zwischen CK und PCK sich im Laufe der Entwicklung der (angehenden) Lehrkräfte ändert (Krauss et al., 2008; Sorge et al., 2017b). Dabei ist in der Literatur wiederholt darauf hingewiesen worden, dass CK eine notwendige Voraussetzung für die weitere Entwicklung PCK darstellt (Kind, 2009; van Driel, de Jong & Verloop, 2002). Zu der Frage, ob darüber hinaus auch PCK eine mögliche Ressource für die Entwicklung von CK sein kann, liegen bisher keine Erkenntnisse vor. Die vorliegende Studie untersucht daher die folgende Forschungsfrage: Welchen Einfluss hat das CK auf die weitere Entwicklung von PCK angehender Physiklehrkräfte und umgekehrt?

Methoden

Zur Untersuchung der Entwicklung des CK und PCK angehender Physiklehrkräfte wurde eine Längsschnittstudie an 20 Universitäten in Deutschland durchgeführt. Die Studie ist Teil des Projekts *Kompetenzentwicklung in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen (KeiLa)*, bei der individuelle und institutionelle Bedingungsfaktoren für die Entwicklung des Professionswissens MINT-Lehramtsstudierender untersucht werden. Die Rekrutierung der Probandinnen und Probanden erfolgte durch Vertreter und Vertreterinnen der Fachdidaktik vor Ort. Damit konnten in den Jahren 2014 $N_1 = 49$, 2015 $N_2 = 97$ und 2016 $N_3 = 46$ Lehramtsstudierende der Physik für eine Erfassung ihres CK und PCK gewonnen werden. Für die vorliegende Untersuchung wurden Daten von $N = 68$ Physiklehramtsstudierenden verwendet, von denen Daten zu jeweils zwei Messzeitpunkten vorlagen (2014-2015: 26 Studierende, 2015-2016: 42 Studierende). Die Studierenden waren im Mittel 22,1 Jahr alt ($SD = 3,8$ Jahre), 48% von ihnen waren weiblich und 78% strebten eine Berechtigung als Gymnasiallehrkraft an. Die befragten Studierenden waren zu ihrem ersten Messzeitpunkt im 3,4 Semester ($SD = 2,14$ Semester).

Die Erhebung dauerte jeweils 4,5 Stunden und beinhaltete zwei 15-minütige Pausen. Die Erfassung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte erfolgte mit den im KiL-Projekt entwickelten und erprobten Instrumenten (Kleickmann et al., 2014; Sorge et al., 2017b). Im Bereich CK wurden 40 Items eingesetzt, die die Inhaltsbereiche Mechanik, Elektrizitätslehre, Optik, Thermodynamik, Festkörperphysik, Atom- und Kernphysik, spez. Relativitätstheorie und Quantenphysik abdecken. Es wurden vorwiegend geschlossene Formate zur Erfassung verwendet (33 MC-Items). Das CK-Instrument zeigt eine gute Passung auf das Rasch-Modell ($0,8 < \text{Infit} < 1,2$) und eine gute WLE/Reliabilität von .85. Für PCK wurden 39 Items eingesetzt, die die vier zentralen PCK-Dimensionen nach Magnusson, Krajcik und Borko (1999) abbilden. Dabei wurde ein Item auf Grund eines unpassenden Modellfits (Infit von 1.25) von den weiteren Analysen ausgeschlossen. Zur Erfassung des PCKs wurden 19 offene, 15 Multiple-Choice, 3 Zuordnungs- und 2 Wahr-Falsch-Items eingesetzt. Das Instrument entspricht ebenfalls zufriedenstellend dem Rasch-Modell und zeigt eine akzeptable WLE/Reliabilität von .71.

Ergebnisse

Zur Analyse der Entwicklung des CK und PCKs und deren wechselseitiger Einflussnahme wurde ein (identifiziertes) Strukturgleichungsmodell mit zwei Regressionen geschätzt. Das Ergebnis dieser Berechnung ist in Abbildung 1 zu sehen.

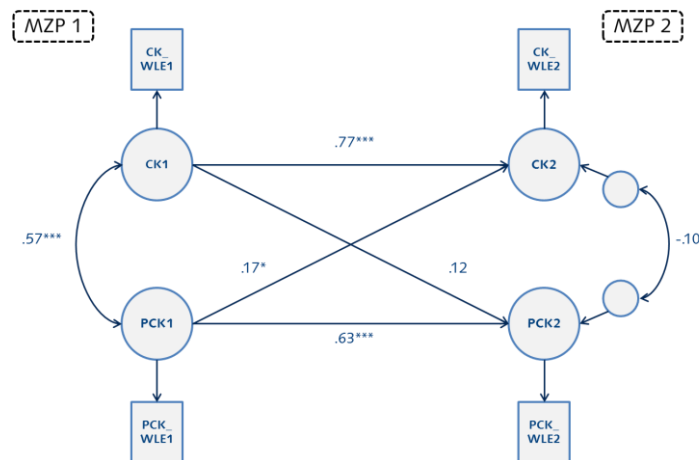


Abb. 1. Strukturgleichungsmodell zum wechselseitigen Einfluss von CK und PCK auf deren weitere Entwicklung unter Angabe standardisierter Pfadkoeffizienten.

Zunächst ist festzuhalten, dass das Ausgangsniveau von CK und PCK erwartungskonform im mittleren bis hohem Bereich miteinander korrelieren ($r = .57, p < .001$). Außerdem zeigt sich, dass das Ausgangsniveau im CK und PCK jeweils positiv und stark die Fähigkeit zum zweiten Messzeitpunkt vorhersagt ($\beta_{CK} = .77, \beta_{PCK} = .63, p < .001$). Schließlich hat unter Kontrolle des Ausgangsniveaus im CK das PCK einen zusätzlichen positiven Einfluss auf die Entwicklung des CKs ($\beta = .17, p = .01$). Der Effekt von CK auf die Entwicklung des PCKs liegt in einer ähnlichen Größenordnung mit $\beta = .12$, war aber statistisch nicht signifikant ($p = .27$).

Diskussion

Es ist eine zentrale Herausforderung des Lehramtsstudiums, die angehenden Lehrerinnen und Lehrer mit dem nötigen Professionswissen auszustatten, um sie für den späteren Lehrberuf vorzubereiten. Im vorliegenden Projekt ist es gelungen, die Entwicklung des Professionswissens über ein Jahr nachzuzeichnen. Dabei zeigt sich, dass die im KiL-Projekt entwickelten Instrumente (Sorge et al., 2017b) geeignet sind, um eine solche Entwicklung auch in seiner Breite zu erfassen. Die Regressionen zeigen zunächst, dass Studierende, die ein hohes CK und PCK besitzen, auch zum zweiten Messzeitpunkt ein hohes CK und PCK aufweisen. Dies unterstützt zusätzlich die Reliabilität und Validität des eingesetzten Instruments. Darüber hinaus konnte ein signifikanter positiver Einfluss von PCK auf die weitere Entwicklung des CKs gefunden werden. Die Idee, dass auch Meta-Wissen die weitere Akquise von Fachwissen unterstützen kann (z. B. Bransford, Brown & Cocking, 2000), sollte daher auch in der Lehrkräftebildung stärker berücksichtigt werden. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Ergebnisse durch die aktuelle Stichprobengröße (weitere Erhebungen laufen) sowie die fehlende Kontrolle von unterschiedlichen Semestern und Universitäten mit Vorsicht zu interpretieren sind und weiterer Bestätigung bedürfen. Weitere Untersuchungen zu individuellen und institutionellen Bedingungsfaktoren für die Entwicklung des Professionswissens sollen schließlich dabei helfen, die angehenden Lehrkräfte auf ihrem Weg zur Durchführung von gutem Unterricht besser zu unterstützen.

Literatur

- Abell, S. K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (S. 1105–1149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (2000). *How People Learn. Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Gess-Newsome, J. (2015). A Model of Teacher Professional Knowledge and Skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Hrsg.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (S. 28–42). New York: Routledge.
- Grossman, P., Schoenfeld, A., & Lee, C. (2005). Teaching Subject Matter. In L. Darling-Hammond & J. Bransford (Eds.), *Preparing Teachers for a Changing World. What Teachers Should Learn and Be Able to Do* (S. 201–231). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Keller, M. M., Neumann, K., & Fischer, H. E. (2017). The Impact of Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge and Motivation on Students' Achievement and Interest. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(5), 586–614.
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: Perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169–204.
- Kirschner, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gess-Newsome, J. & Aufschnaiter, C. v. (2016). Developing and evaluating a paper-pencil test to assess components of physics teachers' pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*.
- Kleickmann, T., Großschedl, J., Harms, U., Heinze, A., Herzog, S., Hohenstein, F., . . . Zimmermann, F. (2014). Professionswissen angehender Lehrkräfte mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern: Testentwicklung im Rahmen des Projekts Kil. *Unterrichtswissenschaft*, 42(3), 280–288.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., & Jordan, A. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 716–725.
- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T., & Hachfeld, A. (2013). Professional Competences of Teachers: Effects on Instructional Quality and Student Development. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 805–820.
- 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 (Hrsg.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (S. 95–132). Dordrecht: Kluwer.
- Mahler, D., Großschedl, J. & Harms, U. (2017). Using doubly latent multilevel analysis to elucidate relationships between science teachers' professional knowledge and students' performance. *International Journal of Science Education*, 39(2), 213–237.
- Park, S. & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261–284.
- Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. DOI 10.1007/s40573-017-0059-2.
- 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* (S. 39–56). Berlin: Logos.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenzen von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 167–187.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen: Empirische Hinweise für eine Verbesserung des Lehramtsstudiums. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 15(1), 111–143.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understands: Knowledge Groth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.
- Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S. & Neumann, K. (2017a). Die Modellierung und Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. In: H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (S. 21–37). Berlin: Logos.
- Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S. & Neumann, K. (2017b). Structure and development of pre-service physics teachers' professional knowledge. *International Journal of Science Education*. online first.
- van Driel, J. H., Jong, O. de & Verloop, N. (2002). The Development of Preservice Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Science Education*, 86(4), 572–590.