

Einfluss von Professionswissen von Physiklehrkräften auf Sachstruktur und Schülerleistung

Theoretischer Hintergrund

Ziel von Unterricht ist, durch die Generierung von Lerngelegenheiten den Aufbau von Wissensstrukturen bei den Schülerinnen und Schülern zu fördern. Das Professionswissen von Lehrkräften gilt hierfür als eine wichtige Variable und Voraussetzung (Abell, 2007). In der aktueller Literatur gibt es einen beständigen Diskurs über die Anzahl der Dimensionen und ihrer Bedeutung. Die gemeinsame Basis in der aktueller deutschsprachigen Forschung (u. a. Baumert et al., 2010) sind die drei Dimensionen (in ihrer internationalen Bezeichnung): Pedagogical Knowledge (PK), Content Knowledge (CK) und Pedagogical Content Knowledge (PCK). Im Rahmen der 1. Phase des ProwiN Projekts (Borowski et al., 2010) entwickelte Kirschner (2013) auf Grundlage eines Testmodells des Professionswissens (Tepner et al., 2012) für die Physik ein schriftliches Instrument zur Erfassung der drei obigen Dimensionen. Das PK wird zwischen konditional-prozeduralem Wissen (PK_{KW}) und deklarativem Wissen (PK_D) unterschieden. Die COACTIV Studie (Baumert et al., 2010) konnte in der Mathematik einen positiven Einfluss des PCK auf die Schülerleistung zeigen, mit kognitiv aktivierenden Aufgaben (Lerngelegenheiten) als Mediator. Auch andere Studien berichten von ähnlichen Zusammenhängen (u. a. Ohle, 2010), jedoch auch stets unter Kontrolle von Variablen bezüglich des Unterrichtshandelns.

Zur Entwicklung von Wissensstrukturen im Unterricht müssen neueingebrachte Inhaltsstrukturen aktiv mit bestehenden verbunden werden (Gagné, 1970, zitiert in Neumann, Fischer & Sumfleth, 2008). Das zugehörige Angebot des Unterrichts ist die dem Unterricht zugrunde liegende Sachstruktur. Genauer definiert ist die Sachstruktur als die sachliche, unter logischen und systematischen Gesichtspunkten gegliederte Struktur der fachlichen Inhalte (Brückmann & Duit, 2014). Nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012) wird die Sachstruktur des Unterrichts von der Lehrkraft aus ihrer Sachstruktur der Physik rekonstruiert. Der von Duit beschriebene didaktische Rekonstruktionsprozess verlangt von der Lehrkraft zum einen CK über die Sachstruktur der Physik, und zum anderen PCK über Schülervorstellungen und Vermittlung von Konzepten. Zur Abbildung der Sachstruktur entwickelte Brückmann (2009) ein mehrschrittiges Verfahren mit Hilfe von Sachstrukturdiagrammen auf Basis von videographierten Unterrichtsstunden. Die Unterrichtsstunde wird in 10 s-Intervallen zunächst inhaltlich auf Basis eines zweistufigen Kategoriensystems kodiert. Die erste Ebene A unterteilt sich in die Kategoriensysteme „Kraftbegriff“, „Neue Begriffsbildung“ und „Anwendungsbezogene Inhalte“. Zu jeder der Kategorien der genannten, oberen Kategoriensysteme folgt auf der zweiten Ebene B ein weiteres Kategoriensystem mit einer feineren, inhaltlichen Auflösung. Diese inhaltliche Kodierung dient als Entscheidungsgrundlage einer inhaltlich-instruktionsbedingten Kodierung (erneut in 10 s-Intervallen) von „Inhaltsblöcken“. Die Inhaltsblöcke werden auf ihre Vernetzung untereinander untersucht. Beides dient als Grundlage zur Erstellung des Sachstrukturdiagramms, welche die Inhaltsblöcke mit Kästen und ihre Vernetzung mit Pfeilen illustriert. Das aus den Sachstrukturdiagrammen abgeleitete Maß der Vernetztheit ist definiert durch die Gesamtzahl der Pfeile dividiert durch die Gesamtzahl der Inhaltsblöcke. In der Domäne Elektrizitätslehre zeigt die Vernetztheit einen signifikanten Einfluss auf den Lernzuwachs von Schülerinnen und Schülern (Müller & Duit, 2004).

Forschungsfragen

FF1: Welchen Einfluss hat das Professionswissen der Lehrkraft auf die Vernetztheit der im Unterricht angebotenen Sachstruktur?

Hypothese: Unterricht von Lehrkräften mit hohem CK und PCK zeigt eine größere Vernetztheit.

FF2: Welchen Einfluss hat die Vernetztheit der Sachstruktur auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler im Inhaltsbereich Mechanik?

Hypothese: Eine hohe Vernetztheit der Sachstruktur erhöht den Lernerfolg.

Design und Stichprobe

Die hier vorgestellte Teilstichprobe der 2. Phase des ProiwN-Projektes umfasst 18 (von später insgesamt 35) festangestellte Physiklehrkräfte und ihre zugehörige Klassen der Jahrgangsstufe 8 oder 9 am Gymnasium. Das Professionswissen der Lehrkräfte wird durch einen Papier-und-Bleistift Test (Kirschner, 2013) erhoben. Der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler wird im Prä-Post-Design vor und nach dem Inhaltsgebiet Mechanik mit zwei geankerten Testheften gemessen (inklusive Items aus dem FCI (Hestenes, Wells, & Schwachhauer, 1992) und TIMSS (Olson, Martin, Mullis, & Arora, 2008)). Pro Lehrkraft wird die Unterrichtsstunde (je nach Schule 45-90 min) zur Einführung des Kraft-Begriffes videographiert. Das Ergebnis des Professionswissenstests und der Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler werden einer Rasch-Analyse unterzogen. Weiterhin wurde beim Lernzuwachs der Gesamtzeitraum zwischen Prä- und Post-Test und das Abschneiden der Schülerinnen und Schüler im KFT in einem effektiven Lernzuwachs berücksichtigt.

Zwischenergebnisse

Mithilfe des von Brückmann (2009) entwickelten Manuals, welches in einigen Definitionen ausgeschärft wurde, ließen sich sowohl die inhaltliche Kodierung als auch die darauf aufbauende Kodierung der Inhaltsblöcke zur Konstruktion von Sachstrukturdiagrammen reliabel durchführen. Auf der inhaltlichen Kodierung in den Kategoriensystemen zum „Kraftbegriff“ und „Neue Begriffsbildung“ wurden auf den Ebenen A und B hervorragende Reliabilitäten mit Cohens Kappa $\kappa \geq .91$ erreicht. Ausnahme bildet (auf beiden Ebenen A und B) das Kategoriensystem zum „Anwendungsbezogene Inhalte“, in dem sich kein Reliabilitätsmaß bestimmen lässt und das somit nicht reliabel aufgelöst werden kann. Auf Basis der inhaltlichen Kodierung wurde dann im Folgenden die Inhaltsblöcke kodiert und die vier betrachteten Videos zeigen zufriedenstellende Cohens Kappa Werte von $\kappa \geq .77$. Die Werte bestimmen sich aus dem Vergleich der unabhängig voneinander durchgeführten Kodierungen zweier Rater von vier Unterrichtsstunden (10 % der späteren Gesamtstichprobe, insgesamt $N = 1412$ 10 s-Intervalle).

Tab. 1 Pearson Korrelation zwischen Vernetztheit und effektiven Lernzuwachs bzw. Facetten des Professionswissens

N = 18		effektiver Lernzuwachs	CK	PCK	PK _D	PK _{KP}
Vernetztheit	r	.43	-.03	-.11	-.24	.24
	p	.07	.89	.68	.33	.34

Von insgesamt $N = 18$ Sachstrukturdiagrammen wurde die Vernetztheit und der Pearsons Korrelationskoeffizient dieser zum Lernerfolg und zu den vier Facetten des Professionswissens bestimmt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 zu sehen. Besonders im Bereich des Professionswissens zeigen sich keine signifikanten Zusammenhänge. In der Korrelation zwischen Vernetztheit und effektiven Lernzuwachs zeigt sich ein mittelstarker Korrelationskoeffizient von $r = .43$ mit $p = .07$. Dies liegt knapp über der 5 %-Grenze für

Signifikanz. Jedoch ist der p-Wert stark von Effektstärke und Stichprobengröße abhängig. Die Gesamtstichprobe dieser Studie beträgt fast das Doppelte der hier vorgestellten Teilstichprobe, sodass in der finalen Betrachtung ein signifikantes Ergebnis mit größerer Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist.

Diskussion

Aus der ersten Korrelationsanalyse lassen sich zwei Schlüsse ziehen. Zum einen scheint keine der Facetten des Professionswissens (CK, PCK, PK_D oder PK_{KP}) für sich betrachtet einen direkten Einfluss auf die Vernetztheit der Sachstruktur zu haben. Dies kann daran liegen, dass nicht eine Facette für sich für die angebotene Sachstruktur der Lehrkraft relevant ist, sondern erst das Wechselspiel der Facetten für den Prozess der zu Grunde liegenden Didaktischen Rekonstruktion einen Einfluss zeigt und somit nach einem elaborierten Modell verlangt. Vergleichbare Ergebnisse im Projekt Eva Cauet et al. (in diesem Band) bezüglich des Einflusses von Professionswissen auf die im Unterricht angebotene „Kognitive Aktivierung“ werfen aber auch Fragen auf, ob die eingesetzten Testinstrumente zur Erfassung der Dimensionen des Professionswissen überhaupt für das Unterrichtshandeln relevantes Wissen erfassen. Der Einfluss der angebotenen Vernetztheit der Sachstruktur auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zeigen für die hier vorgestellte Teilstichprobe erste Anhaltspunkte, dass sich Hypothese 2 in der finalen Betrachtung vielleicht bestätigen kann.

Literatur

- Abell, S. K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. In S. K. Abell & N. G. Ledermann (Eds.), *Handbook of research on science education* (Bd. 36, S. 1105–1149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A. et al. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American educational research journal*, 47 (1), 133-180.
- 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, 341-349.
- Brückmann, M. (2009). Sachstrukturen im Physikunterricht (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 94). Berlin: Logos.
- Brückmann, M. & Duit, R. (2014). Videobasierte Analyse unterrichtlicher Sachstrukturen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (SpringerLink : Bücher, S. 189–201). Berlin, Heidelberg: Imprint: Springer Spektrum.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction - A Framework for Improving Teaching and Learning Science. In J. Dillon & D. Jorde (Hrsg.), *The world handbook of science education. Handbook of research in Europe*. Rotterdam, Boston, Taipei: SENSE.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *Phys. Teach.*, 30 (3), 141.
- Kirschner, S. (2013). Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 161). Berlin: Logos.
- Müller, C. T. & Duit, R. (2004). Die unterrichtliche Sachstruktur als Indikator für Lernerfolg – Analyse von Sachstrukturdiagrammen und ihr Bezug zu Leistungsergebnissen im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 147-161.
- Neumann, K., Fischer, H. E. & Sumfleth, E. (2008). Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im Chemie- und Physikunterricht. In E.-M. Lankes (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung* (S. 141–151). Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann.
- Ohle, A. (2010). Primary school teachers' content knowledge in physics and its impact on teaching and students' achievement (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 110). Berlin: Logos-Verl.
- Olson, J. F., Martin, M. O., Mullis, I. V. & Arora, A. (op. 2008). TIMSS 2007 technical report. Boston, MA: IEA TIMSS & PIRLS.
- 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. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7-28.