

Martina Strübe¹
Oliver Tepner²
Elke Sumfleth¹

¹Universität Duisburg-Essen
²Universität Regensburg

Modelle und Experimente: Wissen und Handeln von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern

Theoretischer Hintergrund

Internationale und nationale Standards fordern, dass Schüler und Schülerinnen (nachfolgend als Schüler abgekürzt) Modelle und Experimente zur Gewinnung neuer Erkenntnisse nutzen (KMK, 2004; NRC, 1996) und entsprechende Kompetenzen am Ende ihrer Schullaufbahn erworben haben. Diese Kompetenzen können sie nur erwerben, wenn ihre Lehrkräfte über entsprechendes fachdidaktisches Wissen verfügen und es nutzen, um Experimente und Modelle adäquat im Chemieunterricht einzusetzen. Grundlage hierfür ist die begründete Annahme, dass die professionelle Kompetenz und das Lehrerhandeln einen Einfluss auf die Schülerleistung haben (Kunter et al., 2011).

Internationale Studien zeigen jedoch einen inadäquaten Einsatz von Experimenten (Lunetta, Hofstein, & Clough, 2007) und Defizite im Wissen über Modelle (Henze, Van Driel, & Verloop, 2007). Nationale Studien belegen, dass die Phasen der Erkenntnisgewinnung im Unterricht kaum beobachtbar sind (Nowak, Nehring, Björkmann, Tiemann, & Upmeyer zu Belzen, 2013) und Lehrkräfte den Zweck von Modellen stärker thematisieren als den Grund für alternative Modelle (Krell & Krüger, 2013).

Die Studie von Schmitt (2015) zeigt jedoch, dass Lehrkräfte, die an einer Fortbildung zur Erkenntnisgewinnung teilnehmen, ihren Unterricht entsprechend strukturieren und die Schüler dann weitestgehend vollständig den Erkenntnisgewinnungsprozess durchlaufen. Ergänzend hierzu konnte Schulz (2011) feststellen, dass die Nachbereitung eines Experiments positiv mit dem Lernzuwachs der Schüler korreliert.

Forschungsfrage

Ausgehend von diesem theoretischen Hintergrund geht es um die Frage, inwiefern ein Zusammenhang zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Chemielehrkräften und der Schülerleistung besteht.

Studiendesign und Stichprobenbeschreibung

Die Studie wurde in NRW (2013 bis 2015) und Bayern (2014/2015) in achten und neunten Klassen an Gymnasien in der Unterrichtseinheit Atombau und Periodensystem der Elemente durchgeführt. Insgesamt nahmen 28 Chemielehrkräfte (Alter zwischen 42 und 43 Jahre; 50% weiblich) mit 34 Klassen ($n_{SUS} = 764$; 49.1% weiblich) teil.

Um den Lernzuwachs der Schüler sowie das Wissen der Lehrkräfte und ihr Handeln zu untersuchen, wurden Papier-Bleistift-Tests eingesetzt und Unterrichtsstunden videographiert. Letztere wurden mit Hilfe von Kategoriensystemen zum Umgang mit Experimenten (adaptiert nach Schulz, 2011) bzw. mit Modellen und zum Erkenntnisgewinnungsprozess analysiert.

Insgesamt handelte es sich um vier Messzeitpunkte, wobei der erste und vierte Messzeitpunkt eine Fragebogenerhebung und die Messzeitpunkte zwei und drei das Filmen von zwei aufeinanderfolgenden Unterrichtsstunden, die ein Experiment und/oder Modell beinhalten sollten, umfassten. Der erste Messzeitpunkt lag vor dem Beginn der Unterrichtseinheit und stellte für die Schüler den Prätest dar, in dem sie einen Fachwissenstest zum Atombau und Periodensystem (30 Aufgaben; $\alpha_{post} = .73$) sowie einen Strukturierungstest (Wahser, 2007) zum theoretischen Wissen über den

Experimentierprozess (35 Aufgaben; $\alpha_{post} = .87$) bearbeiteten. Am Ende der Unterrichtseinheit (Messzeitpunkt 4) erhielten die Schüler erneut die beiden genannten Tests. Die Lehrkräfte bekamen zum ersten Messzeitpunkt einen Fragebogen zum Fachwissen (29 Multiple-Choice-Single-Select Items) und zum fachdidaktischen Wissen (Dollny, 2011) sowie einen Fragebogen zum demographischen Hintergrund. Der Fragebogen zum fachdidaktischen Wissen umfasste 9 Aufgaben zu Schülervorstellungen, 5 zu Experimenten und 3 zu Modellen, deren vier Antwortmöglichkeiten auf einer 6-stufigen Likert-Skala bewertet werden sollten ($\alpha_{62\text{Relationen}} = .66$). Am vierten Messzeitpunkt bearbeiteten sie einen analog aufgebauten Fragebogen zum fachdidaktischen Wissen (FEMo) über Experimente (14 Aufgaben; $\alpha_{33\text{Relationen}} = .87$) und Modelle (12 Aufgaben; $\alpha_{30\text{Relationen}} = .85$), um mehr Daten zu den beiden relevanten Facetten des fachdidaktischen Wissens zu erhalten.

Ergebnisse

Lehrerwissen

Tabelle 1 zeigt, dass die Lehrkräfte im Mittel 68.3 Prozentpunkte im fachdidaktischen Fragebogen von Dollny (2011) und 68.5 Prozentpunkte im FEMo Fragebogenteil Experimente sowie 64.6 Prozentpunkte im Fragebogenteil Modelle erhalten. Um die kriteriale Validität der Fragebogenteile zu überprüfen, wurden Korrelationen mit dem fachdidaktischen Fragebogen von Dollny berechnet. Hier zeigt sich in beiden Fällen eine positive signifikante Korrelation ($r = .43^*$, $p = .023$ für den Experimententeil und $r = .43^*$, $p = .024$ für den Modellteil). Zwischen dem fachdidaktischen Wissen zu Experimenten und Modellen besteht ein mittlerer, signifikanter Zusammenhang von $.55^{**}$ ($p = .003$).

Fachdidaktisches Wissen	M_{Punkte}	MD	SD	Min	Max
PCK	42.32	42.5	5.95	32	56
FEMo_Experimente	22.62	23.0	5.69	4	31.5
FEMo_Modelle	19.39	19.5	5.85	10	30

Tab. 1: Fachdidaktisches Wissen der Lehrkräfte für den fachdidaktischen Fragebogen von Dollny (hier: PCK) und die FEMo Testteile Experimente und Modelle.

Schülerwissen

Die Schüler lernen sowohl im Fachwissen über Atombau und Periodensystem der Elemente ($t(763) = -35.88$, $p < .001$; $d_{\text{Cohen's}} = 1.35$) als auch im theoretischen Wissen über den Experimentierprozess ($t(763) = -14.82$, $p < .001$; $d_{\text{Cohen's}} = .43$) signifikant vom Prä- zum Posttestzeitpunkt dazu.

Zusammenhangsanalysen zwischen dem fachdidaktischen Wissen der Lehrkräfte über Experimente bzw. Modelle und dem Lernzuwachs der Schüler im Fachwissen deuten auf einen positiven, signifikanten Zusammenhang hin ($r_{\text{Exp/FW}} = .21^{**}$, $p = .001$; $r_{\text{Mo/FW}} = .17^{***}$, $p < .001$). Hierbei beträgt die Varianzaufklärung 4.5 Prozent für das fachdidaktische Wissen über Experimente und 2.9 Prozent für das fachdidaktische Wissen über Modelle. Bildet man bei den Lehrkräften drei gleich große Gruppen mit niedrigem, mittlerem und hohem fachdidaktischen Wissen (über Experimente bzw. Modelle) und berechnet auf Basis des Lernzuwachses der Schüler im Fachwissen eine ANOVA, so zeigen sich Gruppenunterschiede (fachdidaktisches Wissen Experimente: ($F(2, 761) = 29.92^{***}$, $p < .001$, $\eta^2 = .072$; fachdidaktisches Wissen Modelle: ($F(2, 761) = 5.45^{**}$, $p = .004$, $\eta^2 = .014$). Posthoc Analysen unter Verwendung des Bonferroni-Tests deuten darauf hin, dass Schüler, die von einer Lehrkraft mit niedrigem fachdidaktischen Wissen über Experimente unterrichtet werden, einen geringeren Lernzuwachs haben als Schüler, die von Lehrkräften mit einem mittleren oder hohen fachdidaktischen Wissen unterrichtet werden ($p_{\text{niedrig, mittel}} < .001$; $p_{\text{niedrig, hoch}} < .001$; $\eta^2 = .072$). Für das fachdidaktische Wissen über

Modelle kann dieser Sachverhalt nur zwischen den Schülern, die von Lehrkräften mit einem niedrigen, und Schülern, die von Lehrkräften mit einem hohen fachdidaktischen Wissen unterrichtet werden, gezeigt werden ($p_{niedrig, hoch} = .003, \eta^2 = .014$).

Diskussion

Für die fachdidaktischen Fragebogenteile des FEMo bestehen sowohl positive Zusammenhänge zum fachdidaktischen Fragebogen von Dollny (2011) als auch untereinander, was zunächst für die Validität der beiden Testteile spricht. Die mittleren Korrelationen deuten auf das gemeinsame Konstrukt fachdidaktisches Wissen hin und lassen darauf schließen, dass das fachdidaktische Wissen über Modelle und Experimente zwei Aspekte des fachdidaktischen Wissens sind.

Auch scheint das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte über Experimente und Modelle einen Einfluss auf den Lernzuwachs der Schüler zu haben. Die Ergebnisse des Posthoc-Tests lassen vermuten, dass für das fachdidaktische Wissen ein Schwellenwert besteht, über den hinaus kaum noch ein Einfluss auf den Lernzuwachs der Schüler besteht. Die Varianzaufklärungen von 4.5 bzw. 2.9 Prozent können, betrachtet vor dem Hintergrund der oben bereits angesprochenen Vielschichtigkeit des fachdidaktischen Wissens aber auch der vielen Parameter, die den Lernzuwachs von Schülern beeinflussen, als zufriedenstellend angesehen werden.

Ausblick

Die Schülerdaten sind aufgrund der Erhebung innerhalb der Klassen geclustert, so dass an dieser Stelle Mehrebenenanalysen weitere Aufklärung über den Zusammenhang zwischen dem fachspezifischen Professionswissen der Lehrkräfte und dem Lernzuwachs der Schüler geben könnten. Zudem sollen Videoanalysen Informationen über den Umgang der Lehrkräfte mit Modellen und Experimenten im Erkenntnisgewinnungsprozess und dementsprechend über den Zusammenhang zwischen dem Lehrerhandeln und dem fachspezifischen Wissen bzw. der Schülerleistung ermöglichen.

Literatur

- Dollny, S. (2011). *Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften*. Studien zum Physik- und Chemieunterricht: Vol. 127. Berlin: Logos.
- Henze, I., Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2007). Science Teachers' Knowledge about Teaching Models and Modelling in the Context of a New Syllabus on Public Understanding of Science. *Research of Science Education*, (37), 99–122. doi:10.1007/s11165-006-9017-6
- Krell, M., & Krüger, D. (2013). Wie werden Modelle im Biologieunterricht eingesetzt?: Ergebnisse einer Fragebogenstudie. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 9–26.
- Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M., P. (2007). Learning and Teaching in the School Science Laboratory: An Analysis of Research, Theory, and Practice. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (1st ed., pp. 393–441). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Nowak, K. H., Nehring, A., Björkmann, J., Tiemann, R., & Upmeyer zu Belzen, A. (2013). Phasen der Erkenntnisgewinnung im Biologie- und Chemieunterricht. In S. Bernholt (Ed.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen / Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012* (Vol. 33, pp. 68–70). Kiel: IPN.
- Schmitt, A.-K. (2015). *Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung*. Dortmund: Technische Universität Dortmund.
- Schulz, A. (2011). *Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht: -Eine Videostudie-*. Studien zum Physik- und Chemieunterricht: Vol. 113. Berlin: Logos.
- Wahser, I. (2007). *Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie*. Studien zum Physik- und Chemieunterricht: Vol. 73. Berlin: Logos.
- Die weitere Literatur kann bei der Erstautorin erfragt werden.