

Florian Gigl<sup>1</sup>  
 Simon Zander<sup>1</sup>  
 Florian Buchwald<sup>1</sup>  
 Andreas Borowski<sup>2</sup>  
 Hans E. Fischer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Universität Potsdam

## Erfassung des Fachwissens von Lehramtsstudierenden der Physik

### Hintergrund

In Anlehnung an die Beschreibung von Professionswissen nach Shulman (1987) besteht in den Fachdidaktiken der Naturwissenschaften der breite Konsens, Professionswissen von Lehrkräften in Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen einzuteilen (Fischer, Borowski, & Tepner, 2012; z.B. Tepner et al., 2012). In der COACTIV-Studie wird Fachwissen von Mathematiklehrkräften in die Facetten Schulwissen, vertieftes Schulwissen und universitäres Wissen untergliedert. Das vertiefte Schulwissen bezeichnet dabei die lehrerspezifische Kategorie „Schulwissen vom höheren Standpunkt“ (Baumert & Kunter, 2006).

Bisherige Ansätze betrachteten Fachwissen oftmals als eindimensionales Konstrukt (z.B. Kirschner, 2013; Kröger, Neumann, & Petersen, 2015). Erste Modelle unterteilen Fachwissen in eigenständige Dimensionen (z.B. Riese, 2009). Woitkowski (2011) definiert Fachwissen als *Schulwissen*, das im Rahmen der Sekundarstufe I vermittelt wird, und *universitäres Wissen* als Wissen, das im Rahmen der universitären Ausbildung vermittelt wird. *Vertieftes Wissen* wird retrospektiv als Bindeglied zwischen Schulwissen und universitärem Wissen eingeführt. Wissen der Sekundarstufe II wird in diesem Ansatz nicht berücksichtigt. Zur Beschreibung des Fachwissens werden die Facetten von Fachwissen von uns wie folgt charakterisiert: *Schulwissen* entspricht dem Wissen, das der Lehrer zur Darstellung curricularer Inhalte benötigt. *Vertieftes Schulwissen* stellt prospektiv notwendiges Wissen zur Transformation universitärer Inhalte auf den Schulkontext dar und *universitäres Wissen* wird benötigt, um die schulischen Inhalte in der Physik zu verankern, stellt jedoch keinen Bestandteil des *vertieften Schulwissens* dar. Die Dimension vertieftes Schulwissen wird wie folgt operationalisiert.

- Verschiedene Wege zur Lösung einer Aufgabe identifizieren
- Lösung einer Aufgabe aus theoretischer Sicht planen
- Randbedingungen einer Schulaufgabe erkennen
- Aufgaben fachlich korrekt vereinfachen
- Zusammenhänge, Gemeinsamkeiten und Unterschiede physikalischer Phänomene erkennen

Es konnte bereits gezeigt werden, dass der dreidimensionale Modellansatz zur Beschreibung des Fachwissens von Physikstudierenden starke Vorteile bietet (Gigl, Zander, Borowski, & Fischer, 2015). Weiterhin konnte die kriteriale Validität des dazu entwickelten Testinstruments durch erwartungskonforme mittlere Korrelationen mit den Schulnoten Mathematik, Physik und der Abiturgesamtnote, eine starke Korrelation mit mathematischen Fähigkeiten und keine Korrelation mit disziplinfremden Unterrichtsfächern nachgewiesen werden.

Eine erste Untersuchung zur Entwicklung des Fachwissens Mechanik im Verlauf des ersten Studienseesters konnte bereits signifikante Wissenszuwächse mit großer Effektstärke zeigen, zur Klärung weiterer Parameter werden folgende Forschungsfragen untersucht:

- Wie entwickelt sich physikalisches Fachwissen von Lehramtsstudierenden im Laufe des Studiums?
- In welchem Zusammenhang stehen Fachwissen und Leistungszuwächse mit Schulleistungsindikatoren?

## Method

Es wurden Lehramtsstudierende der Physik (für Sekundarstufe II) im Rahmen eines Längs- und eines Querschnittsdesigns untersucht. Die Datenerhebung für den Querschnitt fand im Wintersemester 2013/14 und im Sommersemester 2014 statt. Dabei wurden drei Kohorten unterschieden: Studienanfänger im ersten Studienjahr (K1, N=97), Studierende im zweiten Studienjahr (K2, N=35), und weiter Fortgeschrittene (K3, N=33). Zur Erhebung des Längsschnitts wurden die Probanden der ersten Kohorte zu Beginn (T1, N=49) und Ende des Wintersemesters 2013/14 (T2, N=33) und im Wintersemester 2014/15 (T3, N=26) untersucht.

Im Fachwissenstest Mechanik wurden Items gemäß den Dimensionen Schulwissen, vertieftes Schulwissen und universitäres Wissen konstruiert. Weiterhin wurde die Aufgabenschwierigkeit gestaffelt in Fakten, Zusammenhänge und übergeordnetes Konzept (Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth, & Walpuski, 2010; Schoppmeier, 2013). Die inhaltliche, konstruktbezogene und kriteriale Validität konnte gezeigt werden (Gigl et al., 2015). Das auf 60 Minuten angelegte Testheft bestand aus 40 Aufgaben. 17 entfielen auf die Dimension Schulwissen, 12 auf das vertiefte Schulwissen, wobei nur Items zum 3. und 5. Teilaspekt konstruiert wurden, und 11 auf das universitäre Wissen. Zur Untersuchung der Entwicklung des Fachwissens Physik wurde ein Raschmodell mit verankerter Itemschwierigkeit berechnet. Zur Schätzung der Personenfähigkeit wurde der PV-Schätzer verwendet, wobei jeweils zehn Imputationen vorgenommen wurden. Zur Untersuchung der längsschnittlichen Entwicklung wurde jeder Erhebungszeitpunkt als eigenständige Dimension betrachtet und zur Ermittlung von Abhängigkeiten ein lineares Wachstumsmodell gerechnet, das für Zusammenhangsanalysen zwischen der Korrelation mit der Ausprägung zum jeweiligen Messzeitpunkt (Intercept  $i$ ) und der Zuwachsrate (Slope,  $s$ ) unterscheiden kann. Alle Berechnungen wurden mit dem Programm „R“ (R Core Team, 2015) unter Zuhilfenahme der R-Pakete „TAM“ (Kiefer et al., 2015) und „lavaan“ (Yves Rosseel, 2012) durchgeführt.

## Ergebnisse

Die Wissenszuwächse (logit-Skala) für den Quer- und Längsschnitt sind **Tabelle 1** zu entnehmen.

	M (SD)	d	p	M (SD)	d	p	M (SD)	d	p
Querschnittlicher Vergleich der Wissensausprägungen									
K1	-0.63 (0.95)	0.63	***	-0.83 (0.65)	0.65	***	-1.09 (0.68)	0.59	**
K2	-0.09 (0.89)			-0.44 (0.62)			-0.77 (0.64)		
K3	-0.14 (0.93)	0	.99	-0.46 (0.64)	-0.02	.94	-0.75 (0.67)	-0.10	.68
Längsschnittliche Untersuchung des Wissenszuwachses									
T1	-0.59 (0.66)	0.82	***	-0.80 (0.40)	1.95	***	-0.92 (0.25)	1.07	***
T2	0.20 (0.57)			-0.12 (0.31)			-0.59 (0.27)		
T3	0.36 (0.66)	-0.69	***	-0.68 (0.24)	-0.38	**	-0.80 (0.48)	-0.62	**

*Tabelle 1: Vergleich der Wissensstände in längs- und querschnittlicher Untersuchung*

Im Rahmen des ersten Studiensemesters sind in allen Dimensionen Wissenszuwächse mit großen Effektstärken beobachtbar, wobei lediglich im Schulwissen ein weiterer Zuwachs über das erste Studiensemester hinaus beobachtbar ist. In den Dimensionen vertieftes Schulwissen und universitäres Wissen ist ein Rückgang der Fähigkeit beobachtbar. Die querschnittliche Untersuchung gibt keine Hinweise auf einen weiteren Wissenszuwachs in Mechanik in höheren Studiensemestern.

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Wissenszuwachs und möglichen Prädiktoren liefert folgende Ergebnisse (vgl. Tabelle 2):

Im Verlauf des ersten Studiensemesters zeigen sich die naturwissenschaftlichen Schulnoten, sowie die Rechenfähigkeit als Prädiktoren für Wissenszuwächse. Im kumulativen Lernpro-

zess zeigt sich kein Zusammenhang zwischen der Zuwachsrate und den Prädiktoren, und für die absolute Ausprägung zeigen das Kurswahlverhalten im Fach Physik und die Rechenfähigkeit schwache Zusammenhänge mit der Ausprägung des Fachwissens.

latente Korrelation mit...	im ersten Studiensemester			bis zum dritten Studiensemester					
	SW	VSW	UW	SW		VSW		UW	
				i	s	i	s	i	s
Schulnote Physik	0.20***	0.01	0.27***	0.05	0.0	0.02	0.01	0.03	0.03
Schulnote Mathematik	0.21***	0.11	0.45***	0.05	-0.03	-0.02	0.01	0.01	0.01
Abiturnote	0.31***	0.05	0.49***	0.22	-0.08	-0.06	-0.03	-0.23	0.02
Kurswahl Mathematik	0.0	-0.03	0.06	-0.10	0.0	0.07	-0.09	-0.04	0.15
Kurswahl Physik	-0.06	-0.06	0.0	0.19 *	-0.02	0.14	0.03	0.15 *	-0.04
Rechenfähigkeit	0.14	-0.01	0.56***	0.21 ***	-0.03	0.19 **	-0.03	0.04	0.02

Tabelle 2: Latente Korrelation Wissenszuwachs mit Prädiktoren

### Diskussion

Es konnte gezeigt werden, dass im Verlauf des gesamten Studiums ein Wissenszuwachs in allen Dimensionen des Fachwissens stattfindet, dessen höchste Ausprägung jedoch nicht wie erwartet bei Studierenden höherer Semester zu finden ist, sondern am Ende des – hier aufgrund des Curriculums relevanten – ersten Studiensemesters. Für die Ausprägung des getesteten Fachwissens danach zeigt sich ein Rückgang mittlerer Effektstärke in beiden universitären Facetten des Fachwissens.

Die Untersuchung möglicher Prädiktoren für Wissenszuwachs zeigt, dass keiner der herangezogenen Prädiktoren in der Lage ist, einen Hinweis auf die Zuwachsrate im kumulativen Lernprozess zu geben. Weiterhin zeigt sich, dass naturwissenschaftliches Vorwissen und mathematische Fähigkeiten vorteilhaft für die Höhe des Fachwissens sind.

### Literatur

- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Fischer, H. E., Borowski, A., & Tepner, O. (2012). Professional Knowledge of Science Teachers. In B. J. Fraser & Tobin K. G. (Eds.), *Second international handbook of science education*. Dordrecht: Springer.
- Gigl, F., Zander, S., Borowski, A., & Fischer, H. E. (2015). Erfassung des Fachwissens von Lehramtsstudierenden der Physik. In Sascha Bernholt (Hg.) (Ed.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Bremen* (pp. 112–114). Kiel: IPN-Verlag.
- Kauertz, A., Fischer, H., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135–153.
- Kiefer, T., Robitzsch, A., & Wu, M. (2015). *TAM: Test Analysis Modules*. Retrieved February 10, 2015, from <http://cran.r-project.org/web/packages/TAM/index.html>.
- Kirschner, S. (2013). *Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.
- Kröger, J., Neumann, K., & Petersen, S. (2015). Struktur und Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte. In S. Bernholt (Ed.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (pp. 106–108). Kiel: IPN-Verlag.
- R Core Team (2015). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, from R Foundation for Statistical Computing: <https://www.R-project.org/>.
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Berlin: Logos Verlag.
- Schoppmeier, F. (2013). *Physikkompetenz in der gymnasialen Oberstufe*. Berlin: Logos.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.
- Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., et al. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 7–28. September 14, 2015.
- Woitkowski, D., Riese, J., & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz, 289–313.
- Yves Rosseel (2012). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1–36, from <http://www.jstatsoft.org/v48/i02/>.