

Rike Große-Heilmann¹
Jan-Philipp Burde²
Josef Riese¹
Thomas Schubatzky³
David Weiler²

¹RWTH Aachen
²Universität Tübingen
³Universität Graz

Messung fachdidaktischer digitaler Kompetenzen in Physik

Die zunehmende Bedeutung digitaler Medien im Fachunterricht erfordert die Bereitstellung entsprechender fachdidaktischer Lerngelegenheiten im Lehramtsstudium (KMK, 2016; Vogelsang et al., 2019). Zur Einschätzung der Lernwirksamkeit solcher Lehrkonzepte ist der Zuwachs (fachdidaktischer) digitaler Kompetenzen zu überprüfen. Bislang werden angehende Lehrkräfte dazu häufig mit Selbsteinschätzungstests befragt (Wang, Schmidt-Crawford & Jin, 2018). Das hier beschriebene Teilprojekt des DiKoLeP-Verbunds knüpft an dieses Desiderat an, indem ein Testinstrument zur Messung fachdidaktischer digitaler Kompetenzen in Physik¹ entwickelt und validiert wird, das künftig zur Evaluation fachdidaktischer Seminarkonzepte zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht genutzt werden soll (Schubatzky et al., in diesem Band).

Theoretischer Hintergrund

Das Fachdidaktische Wissen (FDW) als ein zentraler Bereich professioneller Kompetenz von Lehrkräften (Baumert & Kunter, 2006) wurde bereits in verschiedenen Projekten der Naturwissenschaftsdidaktik untersucht, indem u. a. Modellierungen des FDW für das Fach Physik entwickelt und entsprechende Testinstrumente konzipiert wurden (z.B. ProWiN: Tepner et al., 2012; Profile-P: Riese, Gramzow & Reinhold, 2017). Als Synthese mehrerer Strukturierungen schlagen Gramzow, Riese und Reinhold (2013) eine Modellierung des FDW in Physik vor, welche acht fachdidaktische Facetten unterscheidet. Auf dieser Basis wurden vier dieser Facetten in Form eines Kompetenztests operationalisiert: *Instruktionsstrategien*, *Schülervorstellungen*, *Experimente* und *Fachdidaktische Konzepte* (Riese et al., 2017). Zur Facette (Digitale) Medien, welche jenes Wissen adressiert, das häufig als fachdidaktische digitale Kompetenzen gemäß dem zentralen TPCK des TPACK-Modells (Mishra & Koehler, 2006) bezeichnet wird, liegt bisher kein proximales Messverfahren vor. Das hier beschriebene Teilprojekt widmet sich daher der Entwicklung eines Testinstruments zur validen Messung dieser Kompetenzen.

Vorgehen zur Operationalisierung

Zunächst erfolgte die Modellierung der Facette (Digitale) Medien des FDW durch eine deduktive Bündelung relevanter fachbezogener sowie fachübergreifender Literatur zum Medieneinsatz (z.B. Girwidz, 2020; Kulgemeyer, 2018; Mayer, 2009; Rutten, van Joolingen & van der Veen, 2012) und einer anschließenden inhaltlichen Fokussierung und Ausschärfung hinsichtlich der fachdidaktischen Perspektive in Anlehnung an den Orientierungsrahmen

¹ Während in Bezug auf digitale Medien in der Regel von digitalen *Kompetenzen* von (angehenden) Lehrkräften gesprochen wird (vgl. z. B. Becker et al. (2020)), ist für den zugrundeliegenden Bereich des Professionswissens der Begriff *Fachdidaktisches Wissen* (FDW) etabliert. Da sich das im Projekt entwickelte Testinstrument auch als Kompetenztest auffassen lässt, der nicht nur rein deklaratives Wissen erfasst, wird in diesem Beitrag von der Messung fachdidaktischer digitaler Kompetenzen gesprochen, wobei weiterhin der in der Literatur etablierte Begriff des Fachdidaktischen Wissens für das zugrundeliegende Konstrukt verwendet wird.

DiKoLAN (Becker et al., 2020) sowie in Abstimmung im Verbundprojekt. Auf diese Weise wurden vier zentrale Kategorien für die Modellierung dieser physikdidaktischen Kompetenzfacette Digitale Medien herausgearbeitet: *Fachbezogene Grundlagen*, *Digitale Messwerterfassung*, *Simulationen* und *Erklärvideos* (Große-Heilmann et al., 2021).

Bei der anschließenden Aufgabenentwicklung wurde für die strukturell-inhaltliche Passung zum existierenden FDW-Test ein zur damaligen Entwicklung analoges Itementwicklungsmodell herangezogen (siehe Abb. 1). Es beinhaltet erstens die vier Kategorien der modellierten Facette Digitale Medien und unterscheidet zweitens drei kognitive Anforderungen für die zu entwickelnden Testaufgaben. Die dritte Dimension bildet der physikalische Inhaltsbereich, welcher bei der Aufgabenentwicklung jedoch nicht bewusst variiert wird. Fokussiert wird der physikalische Inhaltsbereich Mechanik betrachtet, aber nicht ausschließlich (Große-Heilmann et al., 2021). Zur objektiven und zeitökonomischen Auswertung werden nur geschlossene Mehrfachwahlaufgaben verwendet.

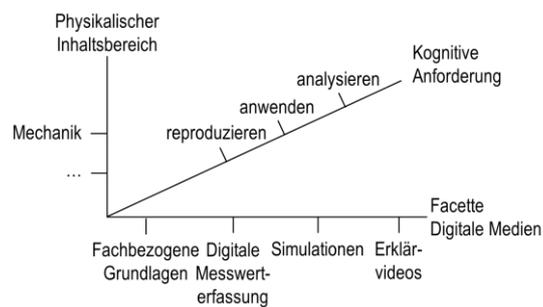


Abb. 1: Itementwicklungsmodell zur Facette Digitale Medien des FDW in Physik (in Anlehnung an Riese et al., 2017)

In Zusammenarbeit mit den kooperierenden Standorten im Verbund konnten auf diese Weise 17 Testaufgaben für die Pilotierung entwickelt werden, welche sich jeweils einer Kategorie sowie einer kognitiven Anforderung zuordnen lassen. Abbildung 2 zeigt ein Itembeispiel.

Handelt es sich im Folgenden um Aspekte, die allgemein als Vorteile einer digitalen Messwerterfassung (z.B. Systeme von Lehrmittelherstellern mit externen Sensoren oder Nutzung der internen Messsensorik mobiler Endgeräte) gegenüber traditionellen Messmethoden im Physikunterricht aufgefasst werden?

	ja	nein
Ermöglichung neuer experimenteller Zugänge	x	
Generelle Reduktion des kognitiven Anspruchs		x
Überzeugendere Messergebnisse für die Lernenden		x
Einfache Umsetzung von Langzeitmessungen	x	
Fokussierung auf die Dateninterpretation	x	
Auslagerung von Routinearbeiten	x	

Abb. 2: Beispielaufgabe zur Kategorie Digitale Messwerterfassung und kognitiver Anforderung reproduzieren

An der Pilotierung des Testinstruments im Sommersemester 2021 nahmen 116 Lehramtsstudierende teil, z.T. zu mehreren Messzeitpunkten ($N = 145$). Im Schnitt waren die Befragten im 7. Semester ($SD = 3$, $Min = 1$, $Max = 15$), wobei sich etwa zwei Drittel (63%) im Bachelorstudium und ein Drittel (34%) im Masterstudium befanden. Neben Physiklehramtsstudierenden (79%) wurden zur diskriminanten Validierung (Messick, 1995) außerdem Lehramtsstudierende anderer Fächer (Chemie und Technik, zus. 21%) befragt. Zudem wurden teilweise parallele Erhebungen mit dem Kompetenztest zum FDW in Physik (geschlossene Version des Tests, siehe Jordans et al., in diesem Band) sowie einer nach Riese und Reinhold (2012) adaptierten Kurzversion des Tests zum Pädagogischen Wissen (PW) von

Seifert, Hilligus und Schaper (2009) durchgeführt. Mit den Erkenntnissen aus den Itemanalysen im Rahmen der Pilotierung wurden anschließend zwei Testaufgaben entfernt sowie eine stark verändert. Bei weiteren Aufgaben sind kleinere Anpassungen durch das Entfernen oder Überarbeiten einzelner Antwortalternativen vorgenommen worden. Das optimierte Testinstrument besteht aus 15 geschlossenen Mehrfachwahlaufgaben.

Ergebnisse

Die Auswertung zum optimierten Testinstrument erfolgte mittels einer Raschmodellierung und ergab überwiegend annehmbare deskriptive Gütemaße. Die EAP-Reliabilität des gesamten Tests liegt bei 0.76. Der mittlere Itemfit (gewichteter Mean Square bzw. Infit) liegt bei 1.01 ($SD = 0.08$, $Min = 0.84$, $Max = 1.25$). Als weiteres Maß für den Modellfit der Items ergibt sich ein mittlerer RMSEA von 0.053 ($SD = 0.029$) im akzeptablen Bereich (Moosbrugger & Kelava, 2020). Die in Abbildung 3 dargestellte Wright-Map deutet an, dass sich die Itemschwierigkeiten überwiegend im Bereich der Personenfähigkeiten befinden, was ein Hinweis für eine annehmbare Schwierigkeit des Tests für die untersuchte Stichprobe ist. Diesen stützt auch eine niedrige Differenz zwischen mittlerer Itemschwierigkeit und mittlerer Personenfähigkeit von 0.07. Die Varianz des Tests liegt bei 0.69.

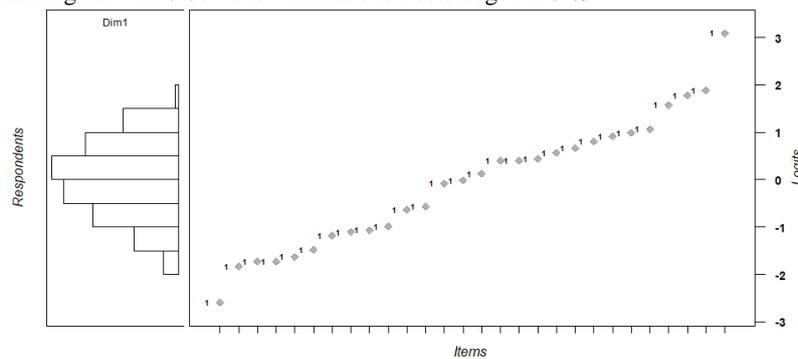


Abb. 3: Wright-Map zur Gegenüberstellung von Aufgabenschwierigkeiten und Personenfähigkeiten

Für die Abgrenzung zu nicht medienbezogenen FDW und zu allgemeindidaktischen bzw. pädagogischen Wissen wurden Korrelationsanalysen mit den Kovariaten aus den Parallel-erhebungen durchgeführt. Erwartungskonform korreliert der Score des entwickelten Testinstruments stärker mit dem des fachdidaktischen Kompetenztests ($r_{FDW} = 0.469$, $p = 0.002$, $N = 43$; $r_{PW} = 0.333$, $p = 0.001$, $N = 105$). Ein Mittelwertvergleich hinsichtlich der Studienfächer ergibt, dass die Physiklehramtsstudierenden im entwickelten Test signifikant ($p = 0.002$) besser abschneiden (diskriminante Validierung).

Reflexion und Ausblick

Einige Untersuchungen im Rahmen der Pilotierung, der Aufgabenüberarbeitung und den ersten Validierungsstudien zeigten bereits akzeptable Ergebnisse. Zukünftig sind weitere Teilstudien geplant, um zusätzliche Argumente zur Konstruktvalidität nach Messick (1995) zu untersuchen (inhaltliche und curriculare Validität durch Expertenbefragungen, kognitive Validität durch Think-Aloud-Befragungen). In der Hauptstudie ab Wintersemester 2021 wird das entwickelte Testinstrument zur Evaluation der Seminarkonzepte im Verbundprojekt im Pre-(Mid-)Post-Design eingesetzt (Schubatzky et al., in diesem Band).

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M. et al. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften - DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen. Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 14–43). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.
- Girwidz, R. (2020). Multimedia und digitale Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik. Grundlagen* (4. Aufl., S. 457–527). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 7–30.
- Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J.-P., Schubatzky, T. & Weiler, D. (2021). Erwerb und Messung physikdidaktischer Kompetenzen zum Einsatz digitaler Medien. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1, 171–178.
- Jordans, M., Zeller, J., Große-Heilmann, R. & Riese, J. (in diesem Band). Weiterentwicklung eines physikdidaktischen Tests zum Online-Assessment.
- Kulgemeier, C. (2018). Wie gut erklären Erklärvideos? *Computer+ Unterricht*, 109, 8–11.
- Kultusministerkonferenz. (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (Second Edition). Cambridge: Cambridge university press.
- Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American Psychologist*, 50(9), 741–749.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017–1054.
- Moosbrugger, H. & Kelava, A. (Hrsg.). (2020). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (3. Aufl.). Berlin: Springer.
- Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 99–112.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 111–143.
- Rutten, N., van Joelingen, W. R. & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136–153.
- Schubatzky, T., Burde, J.-P., Große-Heilmann, R., Riese, J. & Weiler, D. (in diesem Band). Das Gesamtuntersuchungsdesign im Verbundprojekt DiKoLeP.
- Seifert, A., Hilligus, A. H. & Schaper, N. (2009). Entwicklung und psychometrische Überprüfung eines Messinstruments zur Erfassung pädagogischer Kompetenzen in der universitären Lehrerbildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2(1), 82–103.
- 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.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115–129.
- Wang, W., Schmidt-Crawford, D. & Jin, Y. (2018). Preservice Teachers' TPACK Development: A Review of Literature. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(4), 234–258.