

Entwicklung eines Instruments zur Messung digitaler Kompetenzen von (angehenden) Mathematiklehrkräften

Hannes Seifert¹, Mina Ghomi², Andreas Mühling³ & Anke Lindmeier¹

¹Friedrich-Schiller-Universität Jena, ²Humboldt-Universität Berlin, ³Christian-Albrechts-Universität Kiel und IPN Kiel

Das in der Entwicklung befindliche Mixed-Methods-Instrument beschäftigt sich mit der Frage, wie digitale Kompetenzen von angehenden Mathematiklehrkräften erhoben werden können. Dabei kommen Selbsteinschätzungen, Wissensfragen, aber zusätzlich auch performanzbasierte Aufgaben zum Einsatz. Bei letzteren müssen konkrete fachliche und fachdidaktische Aufträge bearbeitet werden. Im Beitrag werden exemplarische Aufgaben des Instruments sowie Pilotierungsdaten vorgestellt, anhand derer die Machbarkeit des Instruments geprüft werden soll.

Die fortschreitende Digitalisierung der Gesellschaft wirkt sich auf Schule und Unterricht aus und erfordert von Lehrkräften aller Fächer den Erwerb zugehöriger digitaler Kompetenzen (Ostermann et al., im Druck). Strategiepapiere der Ständigen wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz [SWK] (SWK, 2021) skizzieren hierfür einen Rahmen und sehen den durchgängigen Einsatz digitaler Medien im Unterricht vor, was in Deutschland von vielen Lehrkräften jedoch noch nicht praktiziert wird (Ghomi et al., 2020). Den digitalen Werkzeugen – im Mathematikunterricht vor allem Computeralgebra-Systeme (CAS), Dynamische Geometrie-Software (DGS), grafikfähige Taschenrechner (GTR) und Tabellenkalkulationsprogramme (TKP) – werden vielfältige Potenziale, beispielsweise in der Förderung entdeckenden Lernens, dem Einsatz multipler Repräsentationsformen oder der Unterstützung von Modellierungstätigkeiten, zugeschrieben (Thurm, 2020). Damit diese Vorteile genutzt werden können, benötigen Lehrkräfte entsprechende Qualifikationen (Eickelmann et al., 2019; SWK, 2021).

Theoretischer Hintergrund

Modellierung digitaler Kompetenz von (angehenden) Mathematiklehrkräften

Für die Beschreibung der digitalen Kompetenzen von Lehrkräften existieren bereits fachunspezifische Modelle wie *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) und *DigCompEdu*, die von Ostermann et al. (im Druck) hinsichtlich ihrer Struktur sowie der angesprochenen Kompetenz- und Wissensbereiche verglichen werden. Das TPACK-Modell (Mishra & Koehler, 2006) erweitert die von Shulman (1986) vorgeschlagene Einteilung in pädagogisches Wissen (PK), fachliches Wissen (CK) und fachdidaktisches Wissen (PCK) um die Komponente des technischen Wissens (TK) sowie dessen Schnittstellen mit den bestehenden Kategorien (TPK, TCK, TPACK) und ist somit ein Lehrkräftewissensmodell. Bislang scheint jedoch keine Evidenz für die empirische Trennschärfe zwischen den Bereichen vorzuliegen (Ghomi et al., 2020). Professionellem Wissen bezüglich digitaler Lehr-/Lernprozesse wird jedoch als Kern (und damit Teil) von digitaler Lehrkräftekompetenz grundsätzlich eine bedeutsame Rolle zugeschrieben.

Auf politischer Basis existiert der Europäische Referenzrahmen für die Digitale Kompetenz von Lehrenden (DigCompEdu) der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission (JRC)

(Redecker, 2017). DigCompEdu beschreibt berufliche wie pädagogische und didaktische Kompetenzen von Lehrenden, aber auch die zu erlangenden Kompetenzen von Lernenden. Es ist damit ein Handlungskompetenzmodell mit verschiedenen Ebenen. Dabei deckt es in sechs Bereichen (Berufliches Engagement, Digitale Ressourcen, Lehren und Lernen, Evaluation, Lernerorientierung, Förderung der digitalen Kompetenz der Lernenden) insgesamt 22 Kompetenzen ab und beschreibt jeweils sechs zu erlangende Kompetenzstufen von A1 bis C2 (Redecker, 2017). Auf Stufe A1 kennen Lehrkräfte beispielsweise Potenziale digitaler Medien, nutzen diese jedoch nur in begrenztem Umfang und benötigen dabei Unterstützung. Auf Stufe B1 arbeiten Lehrkräfte kreativ mit verschiedenen Medien, besitzen jedoch erst wenige Langzeiterfahrungen. Auf Stufe C2 soll eine Lehrkraft in der Lage sein, den eigenen Medieneinsatz stets kritisch zu reflektieren, ihn für die eigenen Zwecke anzupassen und sich mit anderen Lehrkräften über Erfahrungen und Materialien auszutauschen (Redecker, 2017). Für Lehrkräfte ist ein frei zugängliches Selbsteinschätzungsinstrument, das *DigCompEdu CheckIn Tool*, verfügbar (Ghomi & Redecker, 2019). Diese Handlungskompetenzmodelle sind wiederum in Teilen anschlussfähig an ein Modell fachspezifischer Lehrerkompetenz (Lindmeier, 2011), nach dem Lehrkräfte aktionsbezogene Kompetenz (AC) zur Handlung in spontanen, fachlich herausfordernden Unterrichtssituationen und reflexive Kompetenz (RC) zur fachlich begründeten Vorbereitung und Auswertung von Unterricht benötigen. Ostermann et al. (2021) zeigen, inwiefern diese beiden Kompetenzbereiche auch für digital gestützten Mathematikunterricht relevant sind.

Schließlich weist die bisherige Forschung darauf hin, dass affektiv-motivationale Merkmale ein wichtiger Bestandteil von Lehrerkompetenz sind. Eine positive Einstellung gegenüber dem Einsatz digitaler Medien im Unterricht, eine gewisse Innovationsbereitschaft und insbesondere eine hohe Selbstwirksamkeit begünstigen die Qualität des digitalen Unterrichts (Thurm, 2020).

Eine mathematikspezifische Modellierung digitaler Lehrkräftekompetenzen mit konkreten Kompetenzbeschreibungen ist bislang noch ausstehend. Ostermann et al. (im Druck) schlagen vor, dieses Desiderat auf Basis einer Synthese vorliegender Lehrerkompetenz- und Digitalkompetenz-Modelle zu adressieren (Tab. 1). Dabei bleibt zu berücksichtigen, dass eine zu starke Spezifizierung der identifizierten Komponenten durch Bezug auf Inhalte, Lehrpläne oder eingesetzte Werkzeuge wegen der ständigen technologischen Weiterentwicklung die Gefahr einer zu schnellen Alterung des Modells nach sich ziehen könnte (Ghomi et al., 2020). Instrumente zur Prüfung der Wissens- und Kompetenzbereiche (z. B. in Tests) sind aber auf spezifische Konkretisierungen angewiesen.

Erfassung digitaler Lehrkräftekompetenzen

Wie aufgezeigt, sind verschiedene bestehende Arbeiten relevant für die konkretere Beschreibung digitaler Kompetenzen von Mathematiklehrkräften. Entsprechend existieren teils bereits Instrumente zur Erfassung bestimmter Teilbereiche. Für die Messung technologiebezogener und epistemologischer Überzeugungen von Mathematiklehrkräften sowie Selbstwirksamkeitsüberzeugungen beim Medieneinsatz liefern Thurm und Barzel (2021) ein Instrument zur Selbsteinschätzung. Standardisierte Testinstrumente für die Messung fachlicher und fachdidaktischer Kompetenzen von Mathematiklehrkräften liegen vor, jedoch nicht für den Bereich der technologiebezogenen Kompetenzen (Petko, 2020). Ebenso gibt es fachunspezifische Instrumente zur Kompetenzmessung in Bezug auf das TPACK-Modell (Wang et al., 2018).

Methodisch werden digitale Kompetenzen von Lehrkräften häufig durch eine Bewertung von Unterrichtsplanungen oder Selbsteinschätzungen erfasst. Scheiter (2021) zufolge können solche Einschätzungen aus verschiedenen Gründen (z. B. verzerrte Sicht auf eigene Kompetenzen) problematisch sein. Es ist daher ein Desiderat, mathematikspezifische Instrumente zu entwickeln, die neben Selbsteinschätzungen die Messung der Performanz ermöglichen (Scheiter, 2021). Ein in der Pilotierung befindliches mathematikspezifisches Erhebungsinstrument von Kosiol und Ufer (2021) leistet das teils für das TPACK-Modell. Neben der Untersuchung technologiebezogenen Wissens wird die tatsächliche Performanz von Lehramtsstudierenden im Umgang mit CAS, DGS und TKP erfasst. Dazu sind die Aufgaben durch Bilder, Text- und Videovignetten in konkrete Situationen eingebettet.

Professionelles Lehrkräftewissen (Ostermann et al., im Druck) und darauf aufbauend Handlungskompetenz (Lindmeier, 2011)	Persönlichkeitsmerkmale (Thurm, 2020)
<ul style="list-style-type: none"> • Professionsunspezifisches Wissen und Kompetenz (vgl. DigComp) • Professionsspezifisches Wissen und Kompetenz (vgl. DigCompEdu/TPACK) • Fachspezifisches digitales Wissen und Kompetenz (im Unterricht, bei der Vor- und Nachbereitung) 	<ul style="list-style-type: none"> • Günstige Einstellungen • Innovationsbereitschaft • Hohe Selbstwirksamkeit bzgl. Medieneinsatz

Tabelle 1: Komponenten digitaler Kompetenzen für Mathematiklehrkräfte

Übergeordnetes Entwicklungsziel

Ausgehend von den Komponenten in Tabelle 1 soll ein digitales Testinstrument entwickelt werden, das die allgemeinen und mathematikspezifischen digitalen Kompetenzen von Mathematiklehramtsstudierenden anhand der Bearbeitung konkreter Aufgaben misst. Zur Überprüfung der Qualität und für einen praktikablen Einsatz sollte das Instrument möglichst wenige Items umfassen, anhand der kodierten Antworten treffende Aussagen über die Kompetenzen der Teilnehmenden liefern und sensitiv bezüglich möglicher Kompetenzänderungen sein.

Design des Instruments

Das im Entwurf befindliche Testinstrument *DIKOMAL – Digitale Kompetenzen von Mathematiklehrkräften* erfasst nach einem Mixed-Methods-Ansatz sowohl persönliche Einstellungen zum Medieneinsatz (quantitativ), Wissen über digitale Mathematikwerkzeuge (quantitativ/qualitativ) aber auch konkrete Handlungskompetenzen (qualitativ). Zudem werden demografische Variablen (z. B. Gender, Studienfächer etc.) erfasst. Der grundlegende vierteilige Aufbau der aktuellen Version ist in Tabelle 2 dargestellt.

Teil 1	Persönliche Einstellungen und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen zum Medieneinsatz
Teil 2	Aufgaben zum Umgang mit CAS
Teil 3	Aufgaben zum Umgang mit DGS
Teil 4	Allgemeines Wissen zum Medieneinsatz (DigCompEdu)

Tabelle 2: Überblick über den Aufbau des Testinstruments

Teile des Erhebungsinstruments konnten von Ostermann et al. (2021) übernommen werden (z. B. Instrument zu Selbstwirksamkeitsüberzeugungen). Die werkzeugspezifischen Aufgaben zur Prüfung der Performanz mussten neu entwickelt werden, wobei ein Paradigma vergleichbar zu Kosiol und

Ufer (2021) angewendet wurde. Mit Blick auf die Zielgruppe der Lehramtsstudierenden und auf Basis der vorliegenden Erkenntnisse wurde ein niedriges Schwierigkeitslevel angezielt. Die Items zur Performanzmessung beinhalteten GeoGebra-Applikationen, deren Antworten im Browser über JavaScript gespeichert werden können.

Im Folgenden soll das Instrument exemplarisch anhand einiger Aufgaben zum Schwerpunkt CAS (Teil 2, Tab. 2) genauer vorgestellt und dabei verdeutlicht werden, wie im Testinstrument Aufgaben zu verschiedenen Kompetenzbereichen realisiert wurden. Die Aufgabe „CASpropria“ zielt etwa auf die Erfassung von Wissen zu den Propria von CAS ab („Beschreiben Sie zwei zentrale Unterschiede zwischen CAS und herkömmlichen wissenschaftlichen Taschenrechnern.“, Bereich fachspezifisches digitales Wissen).

Im Instrument wird ferner ein Tutorial zum Lösen von Gleichungen (siehe Abbildung 1) präsentiert. Diese ist zunächst aus Lernendensicht zu bearbeiten, wobei aus den gespeicherten Bearbeitungen abgeleitet werden kann, inwiefern diese Personen das CAS-Tool bedienen können. Hier werden also grundlegende Werkzeugkompetenzen, z. B. die Fähigkeit zum Umgang mit der Syntax und verschiedenen Programmbefehlen, performanzbasiert erhoben.

Abbildung 1: Tutorial zum Lösen von Gleichungen. Die Zeilen 1 bis 8 gehören zum präsentierten Tutorial, die Zeilen 9 bis 12 stellen eine abgegebene Lösung dar.

Darauf aufbauend müssen weitere Aufgaben bearbeitet werden, die zur Einschätzung verschiedener professioneller Kompetenzen genutzt werden. Dazu werden die Studierenden zuerst mit einer konkreten Lehr-/Lernsituation konfrontiert. Im obigen Beispiel werden sie etwa gebeten, sich vorzustellen, dass sie selbst ein solches Tutorial in Form eines digitalen Arbeitsblatts im Unterricht einsetzen (Situation „CAStutCom“). Die Testteilnehmenden werden dann aufgefordert, ihre professionellen Kompetenzen in Bezug auf diese Anforderung selbst einzuschätzen („CAStutSelbstEval“). Dazu wird ein vierstufiges Antwortformat vorgelegt (0: gar keine Nutzung möglich; 1: Nutzung möglich, sofern Applikation bereits erprobt vorliegt; 2: Nutzung einer angepassten Applikation möglich, sofern eine Grundversion vorliegt; 3: Applikation kann selbstständig entwickelt werden).

Zusätzlich zur Selbsteinschätzung erfolgt nun je nach gewählter Stufe die Überprüfung der Performanz im Sinne einer Arbeitsprobe im folgenden Arbeitsauftrag. Hierfür ist entsprechend der gewählten Schwierigkeit das vorherige Tutorial zum Lösen von Gleichungen zu einem Tutorial zum Lösen von Gleichungssystemen anzupassen (Vorgabe des o. g. Tutorials, „CAStutCom“, Stufe 2) oder entsprechend selbst zu gestalten (Vorgabe eines leeren CAS-Arbeitsblattes, „CAStutCom“, Stufe 3). Gleichzeitig muss eine fachdidaktische Einordnung der Aufgabenstellung durch die Angabe von

Lernvoraussetzungen und Lernzielen sowie eine abschließende Selbsteinschätzung der Qualität der eigenen Performanz geleistet werden.

Analog werden im Testinstrument die professionellen Kompetenzen im Umgang mit DGS (ebenfalls realisiert mit GeoGebra) erhoben (Teil 3, Tab. 2). Dieser Teil ist bis auf eine andere konkrete professionelle Anforderung (Analyse und Bewertung von Lösungen aus dem geometrischen Bereich) ähnlich aufgebaut und besteht sowohl aus Wissensfragen, Selbsteinschätzungen sowie Aufgaben zur Performanzüberprüfung. Perspektivisch erfolgt eine Ergänzung zu TKP und ggf. GTR.

Im ersten Teil des Instruments wird das „Verhältnis zu digitalen Medien generell“ (BITKOM, 2015) erhoben. Zudem werden nach Ostermann et al. (2021) je sechs Items zu persönlichen „Einstellungen zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht“ und „Selbstwirksamkeitserwartungen in Bezug auf die Planung und Durchführung von Unterricht mit digitalen Medien“ (SWE) erfasst. Exemplarische Items sind im Folgenden dargestellt:

- Einstellungen: „Digitale Medien können den Lernerfolg bei Schülerinnen und Schülern positiv beeinflussen.“ (fünfstufige Likert-Skala von *stimme überhaupt nicht zu* bis *stimme voll zu*)
- Selbstwirksamkeit: „Ich kann den Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht so planen, dass meine Schülerinnen und Schüler begeistert sind, auch wenn sie sich sonst wenig für das Fach interessieren.“ (vierstufige Likert-Skala von *stimmt nicht* bis *stimmt genau*)

Der letzte Teil des Instruments zielt auf die Erfassung von Wissen zum allgemeinen Medieneinsatz im Unterricht. Die entsprechenden Items erfassen die ersten drei der insgesamt sechs Bereiche des DigCompEdu-Rahmens (Berufliches Engagement, Digitale Ressourcen, Lehren und Lernen). Hierbei werden offene und geschlossene Aufgabenformate eingesetzt. Thematische Schwerpunkte sind unter anderem die Nutzung verschiedener digitaler Kommunikationskanäle wie z. B. E-Mails und soziale Netzwerke, Datenschutz- und Urheberrechtsfragen sowie Unterrichtsmethoden beim fachunspezifischen Arbeiten mit digitalen Werkzeugen (Redecker, 2017). Es handelt sich um eine Neuentwicklung, die an dieser Stelle nicht vertieft behandelt werden kann.

Erste Pilotierungsstudie

Anlage, Zielsetzung und Stichprobe

Das Instrument wurde im Sommersemester 2021 bei Mathematiklehramtsstudierenden der Friedrich-Schiller-Universität Jena im Rahmen des Seminars *Mathematik differenziert unterrichten mit digitalen Medien* (viertes Fachsemester) erstmalig erprobt. Es fand eine Pilotierung mit einer Erhebung zu Beginn (MZP 1: $n_1 = 11$) und zum Ende des Semesters (MZP 2: $n_2 = 9$) statt. Deren Ziele bestanden in der Überprüfung des angesetzten Schwierigkeitsgrads und der induktiven Präzisierung von Kodieranweisungen. Durch das Erhebungsdesign kann in noch ausstehenden Auswertungen auch die Veränderungssensitivität des Instruments geprüft werden.

Die Stichprobe kann anhand der SWE näher beschrieben werden. Entsprechende Kennwerte sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Die Teilnehmenden schätzen ihre Selbstwirksamkeit in Bezug auf digitales Lehren und Lernen im mittleren Bereich, allerdings niedriger als die Stichprobe praktizierender Lehrkräfte bei Ostermann et al. (2021), ein. Aufgrund der geringen Stichprobengröße wurde an dieser Stelle auf eine statistische Auswertung (T-Test) verzichtet.

MZP	N	Selbstwirksamkeitserwartungen (min=0, max=3)		Berufliches Engagement (min=0, max=36)		Digitale Ressourcen (min=0, max=46)		Lehren und Lernen (min=0, max=33)	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
1	11	1,51	0,63	24	8,2	34	7,9	24	4,3
2	9	2,02	0,5	28	3,1	36	2,9	24	4,7

Tabelle 3: Beschreibung der Pilotierungsstichprobe

Entwicklung Kodierleitfäden und Rückmeldeformate

Der Fokus der Pilotierung lag zunächst auf der qualitativen Auswertung der Antworten und der induktiven Entwicklung der Kodierleitfäden. Nachfolgend werden drei exemplarische Antworten der Teilnehmenden (erster Messzeitpunkt) zur Aufgabe „CASpropria“ aufgeführt:

- A1: „Er [=CAS-Rechner] kann mit komplexeren Aufgaben und Eingaben umgehen bzw. diese lösen.“
A2: „Der CAS ist programmierbar und hat ein grafisches Anzeigeprogramm, wo man sich z. B. Funktionen anschauen kann.“
A3: „deutlich mehr Programme zum Lösen komplexer Aufgaben, Arbeit auch mit Variablen“

Aus den vorliegenden Antworten wurden bei der Kodierung vier Niveaustufen entwickelt, die sich in den Beispielantworten widerspiegeln (Tabelle 4):

Kodierung	Beschreibung	Beispielindikatoren enthalten	Verweis auf	Beispielantwort
1	unspezifische Aussagen	Komplexere Berechnungen/Aufgaben		A1
2	Nennen von nicht-CAS-spezifischen Antworten	numerisches Rechnen, Visualisierung, Programmierbarkeit		A2
3	Nennen von CAS-Anwendungen	Gleichungen lösen, Differential- und Integralrechnung, Umgang mit Variablen		A3
4	Begriff des symbolischen Rechnens			

Tabelle 4: Kodierleitfaden für die Aufgabe „CASpropria“

Tabelle 5 skizziert beispielhaft den Entwicklungsstand des Leitfadens für die Aufgabe zur Erhebung der Performanz bezüglich der Situation „CAStutCom“ auf den eingangs erhobenen Selbsteinschätzungsstufen 2 und 3. Zwei Beispielantworten in Abbildung 2 dienen der Illustration.

Kodierung	Beschreibung
11	Richtige Lösung (Definition und Löse-Befehl für zwei Gleichungen, Beispielaufgabe, textuelle Begleitung)
21	Kleiner technischer Fehler (z. B. kleine Syntaxfehler im Text)
22	Kleiner didaktischer Fehler (z. B. fehlendes Beispiel, ungünstige Textauswahl, Aufrufe von Gleichungen über Bezeichner und Zeilennummern)
31	Mittlerer Fehler als Zusammensetzung mehrerer kleiner Fehler, bei denen das Lernziel weiterhin erreichbar ist
41	Großer Fehler, mit denen das Tutorial nicht mehr bearbeitbar und das Lernziel nicht mehr erreichbar ist

Tabelle 5: Kodierleitfaden für die Aufgabe „CAStutCom“ (Stufe 2)

8	Der Löse-Befehl lässt sich auch für Gleichungssysteme anpassen. Betrachte das folgende Beispiel.	1	Benenne Gleichungen, indem Du die Bezeichnung voranstellst (z.B. g:)
9	p : $2x + 3y = 6$	2	g : $3(x + 5) - x = 3$
	<input type="radio"/> → $2x + 3y = 6$		→ $2x + 15 = 3$
10	q : $7 + 3x = -4y$	3	Benutze den Befehl "Löse()", um alle Lösungen einer Gleichung zu finden.
	<input checked="" type="radio"/> → $3x + 7 = -4y$	4	Löse(g)
11	Löse({p,q},{x,y})		<input type="radio"/> → {x = -6}
	<input type="radio"/> → {{x = -45, y = 32}}	5	Du kannst angeben, für welche Variable Du Lösungen bestimmen möchtest. Das ist besonders nützlich, wenn in Deiner Gleichung weitere Variablen vorkommen.
12	Jetzt bist du dran! Löse das Gleichungssystem aus den Gleichungen -x+4y=-3 und 2x-5y=0	6	h : $3z - 1z + 6 = 6x$
13	Eingabe...		→ $2z + 6 = 6x$
		7	Löse(h,z)
			<input type="radio"/> → {z = 3x - 3}
		8	Löse das Gleichungssystem aus den Gleichungen g und h mittels folgendem Befehl:
		9	Löse({\$2,\$6},{x,z})
			<input type="radio"/> → {{x = -6, z = -21}}

Abbildung 2: Links korrekte Lösung (Kodierung 11), rechts Lösung mit mittlerem Fehler (31) aufgrund fehlender Beispielaufgabe und Aufruf der Gleichung über verschiedene Wege

Im Rahmen der Auswertung der Pilotierung wurde mit Hilfe von R Markdown ein teilautomatisierter Rückmeldebogen entwickelt und den Studierenden über die im Seminar genutzte Lernplattform zur Verfügung gestellt. Dieser bietet für ausgewählte Items aus dem Portfolio sowohl eine individuelle Rückmeldung zu den Antworten sowie eine grafische Aufbereitung der (manifesten) Kompetenzveränderungen zwischen beiden Messzeitpunkten innerhalb der Gruppe.

Fazit und Diskussion

Aufgrund fehlender systematischer Ausbildung war anzunehmen, dass Lehramtsstudierende niedrige digitale Kompetenzen aufweisen. Daher wurden bewusst Aufgaben mit niedrigem Schwierigkeitslevel entwickelt. Ähnlich wie bei Kosiol und Ufer (2021) stellte sich dies als richtige Entscheidung heraus, da Wissen über digitale Medien auch bei den Studierenden der Pilotierungsstudie nur begrenzt vorhanden und Handlungskompetenzen nur bedingt ausgeprägt zu sein scheinen.

Die gewählten Aufgaben führen zu effektiv und teilweise automatisiert auswertbaren Antworten. Bei einigen Aufgaben wird trotz der kleinen Stichprobe bereits ein differenziertes Antwortspektrum sichtbar. Es ist jedoch noch zu untersuchen, inwiefern man Aussagen über die Kompetenzen der Teilnehmenden nicht nur auf Basis von einzelnen Aufgaben, sondern über größere Einheiten hinweg zusammenfassen kann (Reliabilität). Einschränkend muss festgehalten werden, dass aufgrund der kleinen Pilotstichprobe und der teilweise gestuften Aufgaben derzeit noch nicht bei allen Aufgaben genügend Antworten vorliegen, um einen hinreichend differenzierten Kodierleitfaden zu erstellen. Entsprechende Aufgaben wurden auch noch nicht für die Rückmeldung an die Studierenden genutzt.

Ebenso ist zu klären, auch unter Hinzuziehung weiterer Fachpersonen, welche professionellen Anforderungen in weiteren Aufgaben dem Portfolio hinzuzufügen sind, um digitale Kompetenzen in Bezug auf Komponenten (Tab. 1), Bandbreite an Werkzeugen und mathematischen Themen adäquat abzudecken. Bisher beschränkt sich das Instrument etwa mathematisch-inhaltlich im Bereich CAS auf das Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen und die Nutzung von Tutorials zur Einführung neuer Werkzeugfunktionalitäten. Dabei ist ebenso die Bearbeitungslänge zu beachten.

Das Instrument wurde bisher nur von Thüringer Studierenden bearbeitet. Aufgrund charakteristischer Unterschiede in der Nutzung von CAS und DGS in Thüringen ergeben sich beispielsweise Unterschiede hinsichtlich der Quantität und Qualität der Antworten zwischen beiden Werkzeugen. Kodierleitfäden sind daher ggf. durch erweiterte Studien für weitere Zielgruppen auszdifferenzieren.

Erste Änderungen, die sich aus der quantitativen und qualitativen Analyse der bisherigen Antworten sowie durchgeführter kognitiver Interviews ergeben, sind nun einzuarbeiten und das Testinstrument weiterzuentwickeln. Die zur performanzorientierten Erhebung mathematikspezifischer digitaler Kompetenzen entwickelten Konkretisierungen von beispielhaften Anforderungen können dabei als ein Beitrag zur notwendigen Debatte um fehlende Qualifikationsbedarfe gesehen werden.

Literatur

- BITKOM (2015). *Digitale Schule – vernetztes Lernen. Ergebnisse repräsentativer Schüler- und Lehrerbefragungen zum Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht*. <https://www.bitkom.org/sites/main/files/file/import/BITKOM-Studie-Digitale-Schule-2015.pdf>
- Eickelmann, B., Drossel, K. & Port, S. (2019). Was bedeutet die Digitalisierung für die Lehrerfortbildung? Ausgangslage und Perspektiven. In B. Groot-Wilken & R. Koerber (Hrsg.), *Nachhaltige Professionalisierung für Lehrerinnen und Lehrer: Ideen, Entwicklungen, Konzepte* (S. 57–82). wbv media.
- Ghomi, M. & Redecker, C. (2019). Digital Competence of Educators (DigCompEdu): Development and Evaluation of a Self-Assessment Instrument for Teachers. In H. Lane S. Zvacek & J. Uhomoihi (Hrsg.), *Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education 1* (S. 541–548).
- Ghomi, M., Dictus, C., Pinkwart, N. & Tiemann, R. (2020). DigCompEdu für MINT – Konkretisierung der digitalen Kompetenz vom MINT-Lehrkräften. *k:ON – Kölner Online Journal für Lehrer*innenbildung*, 1, 1–22.
- Kosiol, T. & Ufer, S. (2021). Technologie- und fachbezogenes Wissen von (angehenden) Lehrkräften messen – Erste Ergebnisse einer Pilotstudie. In K. Hein, C. Heil, S. Ruwisch & S. Prediger (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht* (S. 199–202). WTM.
- Lindmeier, A. (2011). *Modeling and measuring knowledge and competencies of teachers: A threefold domain-specific structure model for mathematics*. Waxmann.
- Mishra, P. & Koehler, M. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record* 108(6), 1017–1054.
- Ostermann, A., Ghomi, M., Mühling, A. & Lindmeier, A. (im Druck). Elemente der Professionalität von Lehrkräften in Bezug auf digitales Lernen und Lehren von Mathematik. In G. Pinkernell, F. Reinhold, F. Schacht & D. Walter (Hrsg.), *Digitales Lehren und Lernen von Mathematik in der Schule*. Springer.
- Ostermann, A., Härtig, H., Kampschulte, L., Ropohl, M., Schwanewedel, J. & Lindmeier, A. (2021). Mathematikspezifische Medien nutzen: Was macht den Unterschied – Lehrkraft, Schulkultur oder Technik? *DDS – Die deutsche Schule* 113(2), 199–217.
- Petko, D. (2020). Quo vadis TPACK? Scouting the road ahead. In T. Bastiaens (Hrsg.), *Proceedings of EdMedia + Innovate Learning* (S. 1349–1358).
- Redecker, C. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu* (No. JRC107466). Joint Research Centre (Seville site). <https://doi.org/10.2760/178382>
- Scheiter, K. (2021). Lernen und Lehren mit digitalen Medien: Eine Standortbestimmung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft – ZfE*, 24, 1039–1060.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher* 15(2), 4–14.
- Ständige wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (2021): *Stellungnahme zur Weiterentwicklung der KMK-Strategie „Bildung in der digitalen Welt“*. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf
- Thurm, D. (2020). *Digitale Werkzeuge im Mathematikunterricht integrieren: Zur Rolle von Lehrerüberzeugungen und der Wirksamkeit von Fortbildungen*. Springer.
- Thurm, D. & Barzel, B. (2021). Teaching mathematics with technology: a multidimensional analysis of teacher beliefs. *Educational Studies in Mathematics*, 109, 41–63.
- 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.

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

Dieser Text wird über DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/76041

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20220615-154333-8



Dieses Werk kann unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 Lizenz (CC BY 4.0) genutzt werden.