

Digitale Transformation der Lehrkräftebildung am Karlsruher Institut für Technologie – Erkenntnisse aus dem Projekt digiMINT

Olivia Wohlfart, Pierre Meinokat und Ingo Wagner

1 Die Ausgangslage

Die Kultusministerkonferenz fordert eine stärkere Unterstützung der Bildung für die digitale Welt (KMK, 2016, 2021). Lehrkräfte und ihre Digitalkompetenz nehmen hierbei eine zentrale Rolle ein (Bridwell-Mitchell, 2015; Lockton & Fargason, 2019). Zwar hat sich die Nutzung digitaler Medien durch Lehrkräfte im letzten Jahrzehnt signifikant positiv entwickelt – waren es im Jahr 2013 nur 34,4 % der befragten Lehrkräfte, gaben 2018 bereits 60,2 % der befragten Lehrkräfte an, digitale Medien mindestens wöchentlich zu Nutzen – dennoch befindet sich die Bildungslandschaft in Deutschland im internationalen Vergleich bestenfalls im Mittelfeld hinsichtlich digitaler Transformation (Eickelmann et al., 2019). Entsprechend bedarf es (nicht erst seit der Covid-19 Pandemie) der Förderung und der nachhaltigen Vermittlung von Digitalkompetenz bei Lehrkräften (Heinen & Kerres, 2017; Klieme et al., 2010; Ternès & Schäfer, 2020).

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) fokussiert mit dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt digiMINT

O. Wohlfart (✉) · P. Meinokat · I. Wagner

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Schulpädagogik und Didaktik, Karlsruhe, Deutschland

E-Mail: olivia.wohlfart@kit.edu

P. Meinokat

E-Mail: pierre.meinokat@kit.edu

I. Wagner

E-Mail: ingo.wagner@kit.edu

(„digitalisiertes Lernen in der MINT-Lehrkräftebildung“) eine systematische und nachhaltige, digitale Transformation des Lehramtsstudiums. Studierenden sollen im Rahmen des Studiums als künftige Multiplikator:innen Kompetenzen für das Unterrichten und den Umgang mit der digitalen Schule vermittelt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, werden in den MINT-Fächern sowie im Rahmen des bildungswissenschaftlichen Begleitstudiums digitale Lernkontexte konzeptioniert, erprobt, evaluiert und für die Schulpraxis vorbereitet. Theoretisch wird das Projekt durch das TPACK-Modell nach Mishra und Koehler (2006) gerahmt. Im vorliegenden Beitrag werden diese Lernkontakte sowie zugehörige Evaluationsergebnisse präsentiert und diskutiert.

Der Beitrag ist dabei wie folgt aufgebaut: Zunächst erfolgt eine Einführung in das TPACK-Modell sowie dessen Kontextualisierung für das deutsche Bildungssystem. Darauf folgt eine kurze Vorstellung des KIT sowie des Projekts digiMINT inklusive der Projekterweiterung digiLAB („digitalisiertes Lernen in der Lehramtsausbildung“). Anschließend werden erste Ergebnisse im Sinne einer Evaluation der Vermittlung digitaler Kompetenzen im Rahmen der (weiter-) entwickelten digitalen Lernkontakte präsentiert. Im letzten Abschnitt werden die daraus folgenden Implikationen und Herausforderungen reflektiert und Potenziale für digitale Transformationen anderer Bildungseinrichtungen aufgezeigt.

2 Theoretischer Hintergrund

Eine digitale Transformation der Lehramtsbildung bedarf geeigneter und forschungsbasierter Rahmungen. Ein vielversprechendes Modell bildet dabei das TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) von Mishra und Koehler (2006), welches eine Methode zur Modellierung der komplexen Zusammenhänge beim Einsatz von Technologie im Fachunterricht bietet und zunehmend auch in Deutschland Beachtung findet (Wohlfart & Wagner, 2022b). Das Modell basiert auf der Annahme Shulmans (1986), dass Lehre nur dann gut gelingt, wenn bei Lehrkräften Fachwissen (*Content Knowledge* (CK)) und pädagogisches Wissen (*Pedagogical Knowledge* (PK)) miteinander verknüpft sind. Mishra und Koehler (2006) haben die Wechselwirkungen von CK und PK mittels einer Reihe von „Learning-by-Design“ Seminaren um die Ebene des technischen Wissens (*Technological Knowledge* (TK)) ergänzt und untersucht. TK umfasst laut den Autoren diejenigen Fähigkeiten, die für die Bedienung, Erlernung und Anpassung an vorhandene und neue Technologien erforderlich sind. Die Analysen zeigen ein Zusammenspiel der drei Wissensarten: pädagogisch-inhaltliches Wissen (PCK),

technologisch-pädagogisches Wissen (TPK) und technologisch-inhaltliches Wissen (TCK). In diesem Kontext umfasst PCK die pädagogischen Praktiken und Lernziele, TPK beschreibt die Beziehung zwischen Technologien und pädagogischen Praktiken und TCK analysiert die Relationen zwischen Technologien und inhaltlichen Lernzielen. Die drei Komponenten ergaben zusammen ein komplexes Geflecht aus technologiebezogenem Fachwissen, dem TPACK Modell (siehe Abb. 1). TPACK bildet die Schnittmenge aus TPK, PCK und TCK und zeigt die Zusammensetzung aller Wissensgebiete im System Lehre (Rosenberg & Koehler, 2015). Die Autoren betonen, dass dieses Wissen in den kontextuellen Rahmen eingebettet ist und somit von Faktoren wie der Lehrkraft, den Lernenden und dem Umfeld abhängt (Mishra & Koehler, 2006).

Die theoretische Modellierung stellt den Kern der Erkenntnisse einer Vielzahl explorativer Studien der Autoren dar (Koehler et al., 2004; Koehler & Mishra, 2005; Mishra & Koehler, 2006). In diesen Ausführungen werden die einzelnen Wissensdomänen vorgestellt und das Zusammenspiel untereinander betont. Anstelle einer analytischen Trennung und Betrachtung müssten diese in einem

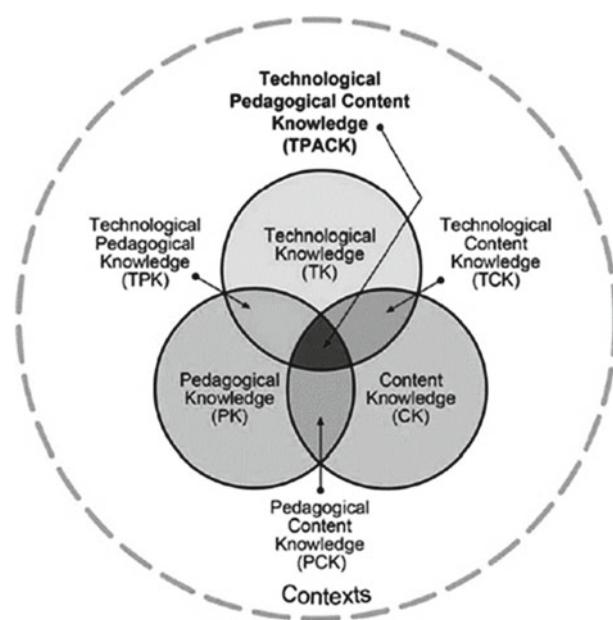


Abb. 1 Das TPACK Modell. (reproduziert mit Erlaubnis von <http://tpack.org>)

dynamischen Gleichgewichtszustand berücksichtigt werden. Gleichwohl wird in diesem Kontext keine Operationalisierung zur Erfassung der einzelnen Domänen präsentiert.

Die Lehramtsbildung in Deutschland unterscheidet sich bezüglich der TPACK-Wissensdomänen von vielen anderen Ländern (Wohlfart & Wagner, 2022b). Denn hier erwerben Lehramtsstudierende in der Regel CK in zwei Fächern, ergänzt um PK im bildungswissenschaftlichen Begleitstudium sowie in fachdidaktischen Lehrveranstaltungen. Die fachlichen Inhalte im Bachelorstudium werden an vielen Standorten gemeinsam an fachwissenschaftlich Studierende vermittelt und sind selten konkret auf den Wissenserwerb von Lehramtskandidat:innen zugeschnitten. Dadurch erscheint eine konsequente Vermittlung pädagogischer Inhalte in Kombination mit Fachwissen bereits als Herausforderung für die Lehramtsbildung in Deutschland. Insbesondere die Frage, an welcher Stelle TK in diesem System integriert werden kann, bleibt hierbei ungeklärt. Das bildungswissenschaftliche Studium sollte feste Verankerungen für die digitale Lehre enthalten, um sicherzustellen, dass angehende Lehrkräfte ausreichend technische und didaktische Kompetenzen erwerben. Tondeur und Kolleg:innen (2012) empfehlen in diesem Zusammenhang die gemeinschaftliche Entwicklung und Pflege eines Technologieplans für die Lehramtsausbildung. Sowohl technische als auch didaktische Gegebenheiten sollen berücksichtigt und das Endziel, die Digitalkompetenz angehender Lehrkräfte zu stärken, verfolgt werden.

3 digiMINT am Karlsruher Institut für Technologie

3.1 Das Karlsruher Institut für Technologie

Die Exzellenzinitiative von Bund und Ländern im Jahr 2006 führte zum Zusammenschluss der Universität Karlsruhe und dem Forschungszentrum Karlsruhe und gipfelte am 1. Oktober 2009 mit der Gründung des Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Insgesamt werden hier derzeit 109 Studiengänge angeboten, wovon 32 Lehramtsstudiengänge sind. Das Lehramtsstudium bildet dabei schon lange einen festen Bestandteil des Studienangebots und hat mit dem Zentrum für Lehrerbildung bereits seit 2005 eine zentrale Anlaufstelle für Studierende des höheren Lehramts an Gymnasien. Das 2022 gegründete Institut für Schulpädagogik und Didaktik kooperiert mit dem Zentrum für Lehrerbildung und verfolgt das Ziel, die Lehramtsausbildung am KIT weiterzuentwickeln (Karlsruher Institut für Technologie [KIT], 2022a). Die drei darin enthaltenden Professuren für Schulpädagogik, für Technikdidaktik sowie für interdisziplinäre Didaktik der MINT-Fächer und

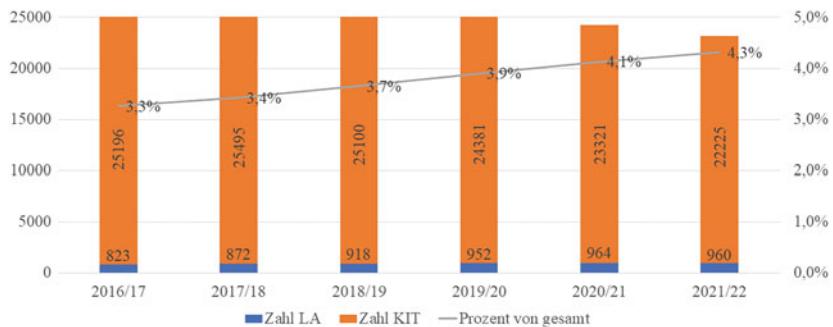


Abb. 2 Anzahl der Lehramtsstudierenden (LA) und der KIT-Studierenden (gesamt), sowie der prozentuale Anteil der LA-Studierenden an der Gesamtstudierendenanzahl. (Quelle: Zentrum für Lehrerbildung, 2022)

des Sports treiben den wissenschaftlichen Fortschritt der Lehrkräftebildung aktiv durch projektorientierte Forschung voran (KIT, 2022a). Zum Sommersemester 2022 studieren am KIT ungefähr 20.000 Studierende, wovon ca. 4 % der Studierenden einen Lehramtsstudiengang belegt haben (KIT, 2022b). Gesehen zur Gesamtrelation der Studierenden wächst der Anteil von zukünftigen Lehrkräften stetig (siehe Abb. 2).

3.2 Das Projekt digiMINT

Mit der Qualitätsoffensive Lehrerbildung bauen Bund und Länder „ihre Zusammenarbeit bei der Förderung von Wissenschaft und Forschung“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung [BMBF], 2013, S. 1) mit Schwerpunkt auf die Ausbildung zukünftiger Lehrkräfte aus. Bezugnehmend hierauf und in Anlehnung an das Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“ der Kultusministerkonferenz (KMK, 2016) kommt das KIT den Bekanntmachungen des Bundesministerium für Bildung und Forschung nach und initiierte 2020 das Projekt digiMINT. Das Projekt fokussiert sich auf digitalisiertes Lernen in der MINT Lehrkräftebildung. Es werden digitale Lernkontakte entwickelt, erprobt und evaluiert sowie der Transfer in die Schulpraxis vorbereitet. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf den MINT-Fächern: Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. Dies wird ergänzt durch den Einbezug der Bildungswissenschaften. Dabei entsteht ein interdisziplinäres Konzept zur kontinuierlichen

Kommunikation und Vernetzung der Fachwissenschaften, Fachdidaktiken und dem bildungswissenschaftlichen Begleitstudium. Ziel ist es unter anderem, die medialen und medienpädagogischen Kompetenzen von Lehramtsstudierenden zu fördern. Der begleitende wissenschaftliche Beirat unterstützt dabei die Dialogförderung zu anderen Standorten und in die zweite bzw. dritte Phase der Lehrkräftebildung. Dadurch entsteht ein nachhaltiges Gesamtkonzept zur Verbesserung der Lehramtsausbildung am KIT für zukünftigen, digitalbasierten Schulunterricht in den MINT-Fächern (Zienicke, 2022).

Der Projektverlauf sieht vier Projektphasen vor. In der ersten Phase werden reale und virtuelle Lernumgebungen, sogenannte Makerspaces, geschaffen, welche die Grundlage für die zu entwickelnden Lernkontakte darstellen. Diese werden in der zweiten Phase entwickelt, wobei sich hierbei an den gymnasialen Bildungsplänen für die MINT-Fächer in Baden-Württemberg orientiert wird. Nach der Entwicklung erfolgt in der dritten Phase eine Erprobung der neu entwickelten Lerneinheiten sowohl bei Schülerinnen und Schülern als auch im Lehramtsstudium. Eine begleitende Evaluation ermöglicht Anpassungen. Die vierte Projektphase zielt auf eine nachhaltige Implementierung in des Lehrangebot des KIT ab und bereitet den Transfer in andere (schulische und universitäre) Standorte vor. Hierfür ist das Gesamtprojekt digiMINT in mehrere Teilprojekte (TP) unterteilt. Durch das vom baden-württembergischen Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst geförderte Projekt *digiLAB – digitalisiertes Lernen in der Lehramtsausbildung* werden die Teilprojekte von digiMINT nahtlos ergänzt, und um den Fokus auf Sport bereichert (KIT, 2022c). Der gesamte Aufbau des Projektes lässt sich in Form eines Hauses darstellen, was die Unterscheidung zwischen organisatorischen und inhaltlichen Teilprojekten ermöglicht (siehe Abb. 3)

TP 1 – Projektmanagement und Controlling steuert den zentralen Kommunikationsprozess. Der interne und externe Austausch wird koordiniert, um den anderen Teilprojekten bessere Handlungsmöglichkeiten zu geben.

TP 2 – Digital Learning Lab beschäftigt sich mit der Erschaffung der realen und virtuellen Makerspaces und kooperiert hierfür mit den anderen Teilprojekten. Situativ angepasst wird reagiert, um die Erschaffung der digitalen Lernkontakte zu ermöglichen.

In *TP 3 – Medien und Digitalkonzept* wird der Austausch der Fachdidaktiken und der Fachwissenschaften untereinander fokussiert. Die Analyse von etablierten Kompetenzmodellen stellt die Grundlage für eine Entwicklung mediapädagogischer Kompetenzen dar. Als frühzeitiger Referenzrahmen wurde das TPACK-Modell festgelegt.

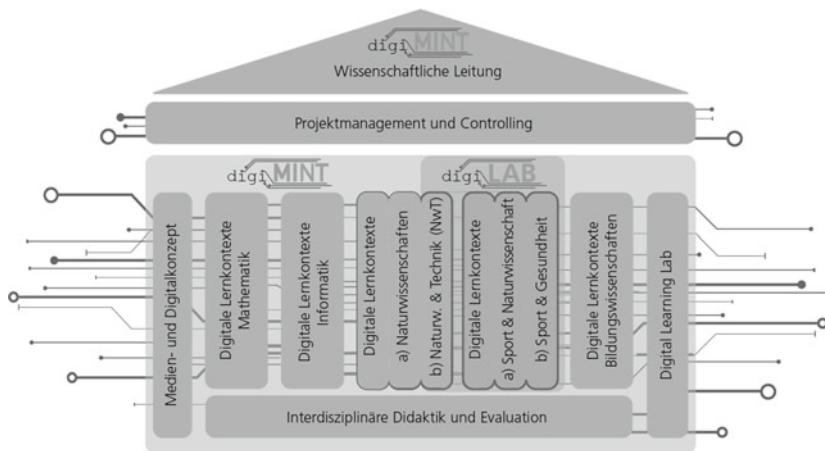


Abb. 3 Teilprojekte digiMINT mit Ergänzung digiLAB (Karlsruher Institut für Technologie [KIT], 2022c)

Das *TP 4 – Entwicklung, Erprobung und Evaluation digitaler Lernkontakte in den MINT-Fächern und dem Bildungswissenschaftlichen Begleitstudium* bildet den inhaltlichen Kern des Projekts und unterteilt sich in mehrere Unterprojekte. Alle Unterprojekte eint, dass sie sich auf die konkrete Ausarbeitung von Lerngegebenheiten in ihren jeweiligen Fachdisziplinen fokussieren. Hierbei handelt es sich um die Disziplinen Mathematik (TP 4.1), Informatik (TP 4.2), fächerübergreifend in den Naturwissenschaften (TP 4.3), den Bildungswissenschaften (TP 4.4), Naturwissenschaft und Technik (NwT) (digiLAB TP 1), Sport und Naturwissenschaft (digiLAB TP 2) sowie Sport und Gesundheit (digiLAB TP 3). Anzumerken hier ist, dass NwT in Baden-Württemberg seit dem Schuljahr 2007/2008 ein landesweites Schulfach ist und somit eine hohe gesellschaftliche Relevanz besteht.

Für die interdisziplinäre Didaktik und Evaluation ist *TP 5* verantwortlich. Dieses erhebt bereits entwicklungsbegleitend Ergebnisse, welche der Steuerung und Anpassung innerhalb des Entwicklungsprozesses dienen. Außerdem werden hierdurch erste Einblicke in die Ergebnisse des Projekts nach außen hin kommunizierbar.

4 Vermittlung digitaler Kompetenzen – Ergebnisse der begleitenden Evaluationsstudie

Innerhalb der Projektlaufzeit wurden seit dem Sommersemester 2020 im Austausch der Teilprojekte sowie den dazugehörigen Fachdidaktiken diverse Lernkontexte erarbeitet oder an die Gegebenheiten und Forderungen von digiMINT und digiLAB angepasst. (siehe Tab. 1). Je nach Lernzielen und Bedarf wurden dabei bereits bei der Konzeption unterschiedliche Schwerpunkte auf die TPACK-Wissensdimensionen gelegt. Während die Veranstaltungen im Rahmen des bildungswissenschaftlichen Begleitstudiums beispielsweise vorrangig TK und TPK fokussierten, standen CK und TCK insbesondere in fachdidaktischen Veranstaltungen im Vordergrund. Im Teilprojekt „Digitale Lernkontakte Mathematik“ wurden wiederum zwei Veranstaltungen mit einer ganzheitlichen Berücksichtigung der TPACK-Dimensionen weiterentwickelt und erprobt.

Es war die Aufgabe des querliegenden TP 5 „Interdisziplinäre Didaktik und Evaluation“, die Lernkontakte didaktisch zu begleiten sowie nach Bedarf zu unterstützen und entsprechend zu evaluieren. Im Fokus stand dabei, inwiefern es den Lernkontexten gelingt, Digitalkompetenz zu vermitteln.

4.1 Methodisches Vorgehen

Die Evaluation der Lernkontakte erfolgte mittels Online-Befragung als Interventionsstudie mit einem Pre-Post-Test-Design zu Beginn eines Semesters ($t = 1$) sowie nach erfolgreicher Teilnahme an der Veranstaltung ($t = 2$). Zur Untersuchung der vermittelten Digitalkompetenz wurde ein Fragebogen auf Grundlage einer Selbsteinschätzung der Studierenden angewandt. Dabei wurden die TPACK-Wissensdimensionen als geeignete Variablen für die Evaluation herangezogen (Wohlfart & Wagner, 2022b). Die Operationalisierung dieser erfolgte in Anlehnung an den von Schmidt et al. (2009) konzipierten und validierten sowie von Endberg (2019) ins Deutsche übersetzten quantitativen Fragebogen (auf Anfrage bei den Autor:innen erhältlich). Der Pre-Test umfasste 46 Items, wovon sich 8 auf soziodemographische Angaben und 34 auf inhaltliche und kontextbezogene Items in Zusammenhang mit dem TPACK-Modell bezogen. Zusätzlich wurden hier drei offene Fragen bezüglich der Erwartung gegenüber der besuchten Veranstaltung sowie der Vermittlung von Digitalkompetenz im Rahmen dessen zum Seminar gestellt. Der Post-Test umfasste insgesamt 48 Items: 34 TPACK-Items

Tab. 1 Übersicht der er- und überarbeiteten digitalen Lernkontexte im Lehramt am Karlsruher Institut für Technologie

Name der Veranstaltung	Form	Studiengang (Fach)	Credit Points	Max. Anzahl Studier-ender
Didaktik und Methodik der MINT-Fächer und des Sports	Vorlesung und Seminar	M. Ed. (Bildungswiss. Begleitstudium)	2	20
Medienkompetenz im Lehramt – Videos produzieren mit und für Lernende	Projekt-Seminar	M. Ed. (Bildungswiss. Begleitstudium)	2	25
Lehre.digital – Digitale Kompetenzen für Lehramtsstudierende	Seminar	M. Ed. (Bildungswiss. Begleitstudium)	2	24
Digitalisierte Lernkontakte des Mathematikunterrichts	Seminar	M. Ed. (Mathe)	4	15
Digitale Werkzeuge im Mathematikunterricht	Seminar	B. Ed. (Mathe)	4	18
Maschinenkonstruktionslehre II, Vorleistung Lehrkompetenz in Theorie und Praxis der Sportarten	Übung/Workshop Übung	B. Ed. (NwT) M. Ed. (Sport)	1 3	20 20
Theoriefeld der Naturwissenschaft	Seminar	M. Ed. (Sport)	4	24
Teamprojekt Lehramt Informatik (Teil von Fachdidaktik für Informatik III)	Begleitende Übung	M. Ed. (Informatik)	n.a	15

sowie 14 Items zur Analyse der Technikakzeptanz in Anlehnung an das Technik-Akzeptanz-Modell nach Davis (1986). Mit Ausnahme der soziodemographischen Daten liegt den Items eine 5-stufige Likert-Skala zugrunde.

Die Erhebung erfolgt seit dem Sommersemester 2021. Für die vorliegende Untersuchung wurden die Daten von drei Semestern (Sommersemester, 2021; Wintersemester, 2021/2022; Sommersemester, 2022) ausgewertet. Befragt wurden alle Studierende innerhalb einer der durch digiMINT oder digiLAB unterstützten Lernkontexte. Den Lehrkräften wurden die jeweiligen Ergebnisse nach Pre- und Postbefragung jeweils ausgewertet zugesandt – inkl. eines Pre-Post-Vergleichs.

Teilgenommen haben an der Pre-Befragung kumuliert insgesamt 152 Studierende und an der Post-Befragung 74 (siehe Abb. 4). Dies entspricht einer Rücklaufquote von 56 % bzw. 27 % der 273 Studierenden. Abb. 5 zeigt die Geschlechter- und Altersverteilung der Befragten.

4.2 Ergebnisse

Die Evaluationsergebnisse werden folgend kumuliert für die gesamte Stichprobe mitsamt Pre-Post-Vergleich dargestellt. Aufgrund der kleinen Stichproben der einzelnen Lernkontakte wird auf einen Vergleich zwischen diesen im vorliegenden Beitrag verzichtet. Für die Praxisunterstützung im Sinne einer Weiterentwicklung der Lernkontakte im Rahmen der Forschungsprojekte, wurde den Dozent:innen derjenigen Lernkontakte mit mindestens sechs Rückmeldungen pro Befragungszeitraum jeweils zum Ende der Veranstaltung eine Gegenüberstellung der Pre- und Postergebnisse ihrer Veranstaltung zusätzlich zugeschickt.

Tab. 2 zeigt die Ergebnisse der Selbsteinschätzung hinsichtlich der TPACK-Wissensdomänen für beide Befragungszeiträume. Den höchsten Mittelwert in der Pre-Befragung weist mit 3,94 das Fachwissen (CK) auf, den niedrigsten die Wissensdomäne TPK mit 3,33. Auch in der Post-Befragung wird das Fachwissen am stärksten eingeschätzt ($MW = 4,16$). Das Schlusslicht in der Selbsteinschätzung (und somit auch kleinste Differenz im Sinne einer Weiterentwicklung) bildet hier jedoch das reine technische Wissen (TK; $MW = 3,69$). Alle Mittelwerte zeigen eine positive mittlere Differenz auf. Diese positive Entwicklung im Sinne der Selbsteinschätzung über die zwei Messzeitpunkte sind mit Ausnahme von TK alle signifikant. Mit einer mittleren Differenz von 0,60 hat sich laut Selbsteinschätzung das TPK bei den Studierenden am stärksten entwickelt ($t(169,26) = 6,17$, $p < 0,01$). Im Vergleich zwischen den Kohorten zeigte sich, dass die Ergebnisse der Selbsteinschätzung für CK sich in der Pre-Befragung signifikant zwischen Sommersemester (2021: 3,85; 2022: 3,79) und Wintersemester (2021/

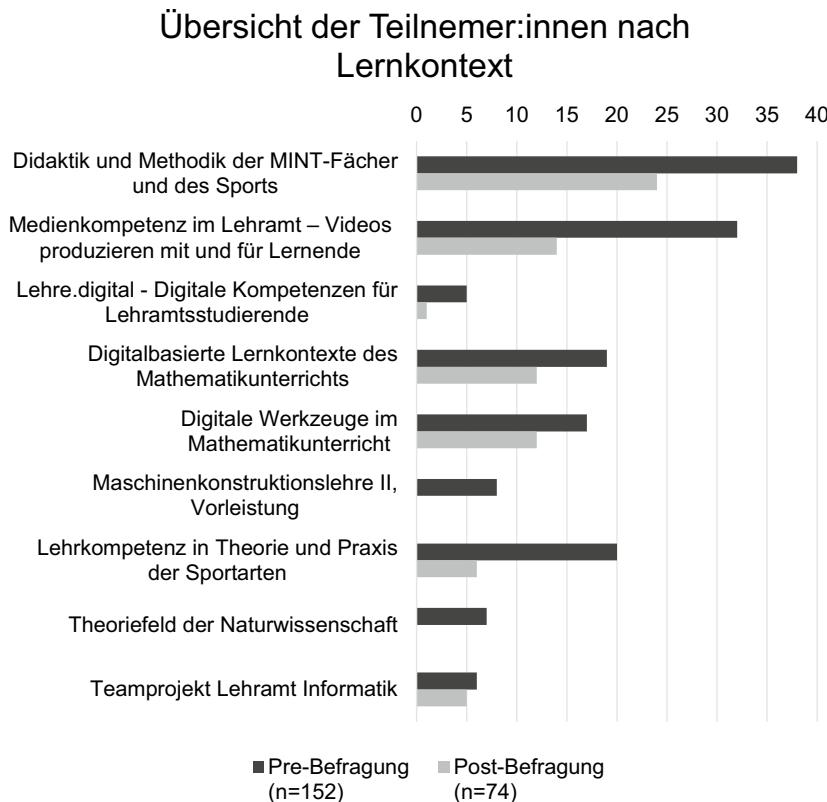


Abb. 4 Übersicht der Teilnehmer:innen nach Lernkontext

2022: 4,20) unterschieden (SoSe 2021 vs. WiSe 2021/2022: $t(86) = 2,98$, $p < 0,01$; WiSe 2021/2022 vs. SoSe 2022: $t(72) = 3,24$, $p < 0,01$). Weitere signifikante Unterschiede in Bezug auf Geschlecht, Alter oder Lernkontext liegen in den Daten nicht vor.

Nach Analyse der einzelnen Wissensdomänen, wurden auch die Zusammenhänge zwischen diesen mittels Korrelationsanalyse nach Pearson untersucht. Dies erfolgte zunächst separat für die zwei Befragungszeitpunkte sowie zusammengeführt als gemeinsamen Datensatz. Tab. 3 zeigt die Korrelationen des zusammengeführten Datensatzes ($n = 212$), welcher die Ergebnisse der einzelnen Korrelationsanalysen spiegelt). Die Korrelationsanalysen zeigten signifikante

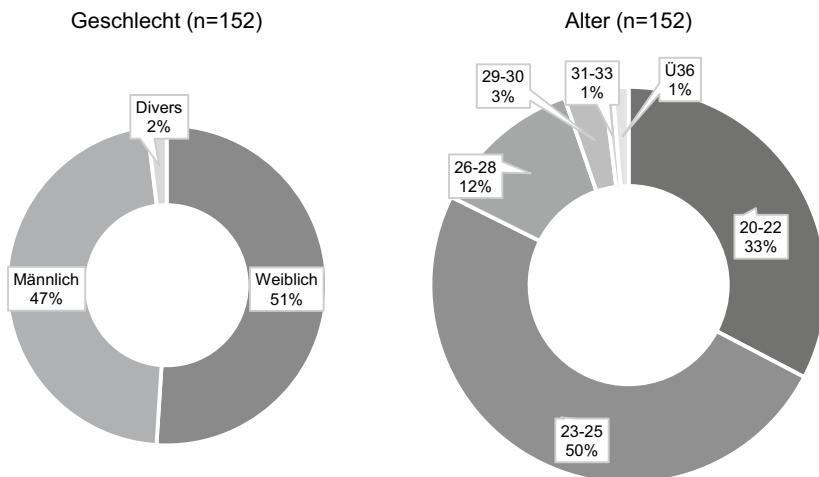


Abb. 5 Geschlechter- und Altersverteilung der Befragten

Tab. 2 Ergebnisse zu den TPACK Wissensdomänen auf Basis Selbsteinschätzung Studierender

Wissensdomäne	Pre-Befragung			Post-Befragung			Mittlere Differenz	t
	MW	SD	n	MW	SD	n		
CK	3,94	0,59	142	4,16	0,77	72	0,22	2,09*
PK	3,46	0,57	150	3,79	0,55	71	0,33	4,14**
TK	3,58	0,87	146	3,69	0,68	71	0,11	0,94
TCK	3,56	0,79	139	3,99	0,70	70	0,43	3,87**
TPK	3,33	0,76	143	3,93	0,63	72	0,60	6,17**
TPACK	3,41	0,64	142	3,93	0,75	71	0,52	4,99**

* p<0,05 ** p<0,01

Anmerkung: Mittelwerte basieren auf einer fünfstufigen Skala von 1 = stimme nicht zu bis 5 = stimme voll zu

Zusammenhänge zwischen den Wissensdomänen mit moderatem bis großem Effekt für alle Variablen mit Ausnahme des Zusammenhangs zwischen TK und PK (Cohen, 1988).

Tab. 3 Korrelationsmatrix der TPACK Wissensdomänen nach Pearson (n = 212)

	TK	CK	PK	TCK	TPK	TPACK
TK	1					
CK	0,318**	1				
PK	0,116	0,253**	1			
TCK	0,544**	0,465**	0,404**	1		
TPK	0,576**	0,410**	0,466**	0,615**	1	
TPACK	0,496**	0,571**	0,439**	0,825**	0,638**	1

**Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant

5 Diskussion und Ausblick

Die Projekte digiMINT und digiLAB sollen die digitale Transformation des Lehramtsstudiums am KIT vorantreiben. Hierfür wurden Lernkontexte (weiter-)entwickelt und erprobt und innerhalb des Projekts evaluiert. Im Vordergrund der Evaluation stand dabei die Vermittlung und Entwicklung von Kompetenzen welche die künftigen Lehrkräfte für Bildung in der digitalen Welt benötigen (KMK. 2016). In diesem letzten Abschnitt werden die Ergebnisse der Evaluation hinsichtlich der TPACK-Wissensdomänen und daraus folgenden Implikationen und Herausforderungen reflektiert und Potenziale für digitale Transformationen anderer Bildungseinrichtungen aufgezeigt.

Die Ausprägung der Wissensdomänen zeigt, dass sich Studierende insgesamt hinsichtlich der TPACK Wissensdomänen positiv einschätzen. Am kompetentesten fühlen sich die Studierende zu Beginn des jeweiligen Semesters hinsichtlich ihres Fachwissens (CK; 3,94), gefolgt von TK (3,58) und TCK (3,56). Dabei belegen die Ergebnisse durchgehend positive Differenzen im Sinne einer Weiterentwicklung hinsichtlich der Wissensdomänen (Pre-Post-Vergleich). Eine Steigerung der Selbstwirksamkeit hinsichtlich der im Vordergrund des Lehramtsstudiums stehenden Wissensdomänen CK und PK überrascht nicht. Für die komplexeeren, technikaffinen Wissensdomänen TCK und TPK sowie TPACK sprechen die Ergebnisse für eine erfolgreiche Vermittlung von Digitalkompetenz(en) innerhalb der Lernkontakte aus den Projekten digiMINT und digiLAB sodass künftige Lehrkräfte mittels dieser adäquat unterstützt und auf Schule und Unterricht in der digitalen Welt vorbereitet werden. Dies bestätigt auch die Fortführung der vorliegenden Studie mit einer größeren Stichprobe unter Berücksichtigung weiterer Semester (vgl. Wohlfart & Wagner, 2024).

Die Korrelationsanalyse zeigte zudem statistische Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Wissensdimensionen auf. Die hohen Korrelationskoeffizienten zwischen den technischen Wissensdomänen betonen und bestätigen die Notwendigkeit, die Bereiche gemeinsam zu berücksichtigen und Wissen verschränkt zu vermitteln (Wohlfart & Wagner, 2022b). Dabei erscheint es sinnvoll, überlappende Konstrukte wie TPK zu fokussieren, um davon ausgehend auch die anderen Wissensdomänen (TK, TCK, TPACK) zu stärken (Chai et al., 2013). Einzelne Lernkontexte (bspw. das Seminar Lehre.digital) haben diese Forderungen im Rahmen des Projekts bereits berücksichtigt: das Seminar vermittelt auf transdisziplinärer Ebene TPK um daraufhin spezifische TK und TCK mittels Projektarbeit im Verlauf des Semesters zu fördern.

Aufgrund der kleinen Stichproben lässt sich leider nicht herausarbeiten, inwiefern die Entwicklung und der Zusammenhang der Wissensdimensionen in den Lernkontexten unterschiedlich ausgeprägt ist. Die Unterschiede der Selbsteinschätzung hinsichtlich CK zwischen Sommer- und Wintersemester könnten auch darauf hindeuten, dass es Unterschiede zwischen Fächern gibt. Auch könnten andere Lernkontakte sowie persönliche Weiterbildung innerhalb des jeweiligen Semesters zu einer Weiterentwicklung der Selbsteinschätzung geführt haben, sodass eine Kontrollgruppe gegenüber der befragten Stichprobe spannend gewesen wäre. Dabei gilt es auch zu reflektieren, inwiefern das eigene Kompetenzerleben aufgrund der expliziten Vermittlung und Auseinandersetzung mit Digitalkompetenz im Rahmen der Post-Befragung kritischer gesehen und geschätzt wird. Wünschenswert wäre somit, die subjektive Selbsteinschätzung künftig durch objektivere Evaluationsformen zu ergänzen.

Die Ergebnisse legen zudem einen schwach ausgeprägten Zusammenhang der originären Grundpfeiler des Lehramsstudiums (CK und PK) offen. Dies könnte insofern problematisch sein, da eine hohe Fachexpertise allein vermutlich nicht ausreicht, um später an einer Schule erfolgreich zu unterrichten (Shulman, 1986). Es bedarf auch einer pädagogischen Kompetenz und beispielsweise einer stärkeren Verschränkung des bildungswissenschaftlichen Begleitstudiums mit Fachinhalten oder einer eng(er)en Zusammenarbeit mit den Fachdidaktiken. Digitale Lehre wird in Zukunft auch keine Spezialform, sondern ein integraler Bestandteil von Unterricht sein (Meinokat & Wagner, 2024). Hierfür benötigt es eine ganzheitliche Berücksichtigung aller an Schul- und Unterrichtsentwicklung beteiligten Akteur:innen (Meinokat & Wagner, 2022; Wohlfart et al., 2021) sowie geeigneter Instrumente für eine empirische Befassung mit den Wechselwirkungen auf individueller und organisationaler Ebenen (Wohlfart & Wagner, 2022a).

Förderhinweis Der vorliegende Beitrag und Studie wurden zum Teil von der Vector Stiftung sowie der Gips Schüle Stiftung unterstützt sowie durch die Förderung des Projekts „digiMINT“ im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung. Das Programm wird aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Interessenskonflikte liegen nicht vor. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen.

Literatur

- Bridwell-Mitchell, E. N. (2015). Theorizing teacher agency and reform. *Sociology of Education*, 88(2), 140–159. <https://doi.org/10.1177/0038040715575559>.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2013). *Bund-Länder-Vereinbarung über ein gemeinsames Programm „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ gemäß Artikel 91 b des Grundgesetzes*. <https://www.gwk-bonn.de/fileadmin/Redaktion/Dokumente/Papers/Bund-Laender-Vereinbarung-Qualitaetsoffensive-Lehrerbildung.pdf>.
- Chai, C., Koh, J., & Tsai, C.-C. (2013). A review of technological pedagogical content knowledge. *Educational Technology & Society*, 16, 31–51.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge.
- Davis, F. (1986). *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results [Dissertation]*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M., & Vahrenhold, J. (Hrsg.). (2019). *ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Waxmann.
- Endberg, M. (2019). *Professionswissen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht: Eine Untersuchung auf Basis einer repräsentativen Lehrerbefragung. Empirische Erziehungswissenschaft: Bd. 71*. Waxmann.
- Heinen, R., & Kerres, M. (2017). „Bildung in der digitalen Welt“ als Herausforderung für Schule. *Die Deutsche Schule*(06).
- Karlsruher Institut für Technologie. (2022a). *Institut für Schulpädagogik und Didaktik (ISD)*. <https://www.isd.kit.edu/index.php>.
- Karlsruher Institut für Technologie. (2022b). *Studierendenstatistiken*. <https://www.kit.edu/kit/6407.php>.
- Karlsruher Institut für Technologie. (2022c). *Vorhabendesign im Projekt digiMINT*. https://www.hoc.kit.edu/zlb/digiMINT_Vorhabendsdesign.php.
- Klieme, E., Jude, N., Baumert, J., & Prenzel, M. (Hrsg.). (2010). *PISA 2000–2009: Bilanz der Veränderungen im Schulsystem*. Waxmann.
- KMK. (2016). *Bildung in der digitalen Welt – Strategie der KMK*. <https://bit.ly/3LBNPpd>.
- KMK. (2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 09.12.2021)*. <https://bit.ly/3q4NKSi>.

- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 32(2), 131–152. <https://doi.org/10.2190/0EW7-01WB-BKHL-QDYV>.
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Hershey, K. & Pruski, L. (2004). With a little help from your students: A new model for faculty development and online course design. *Journal of Technology and Teacher Education*, 12(1), 25–55.
- Lockton, M., & Fargason, S. (2019). Disrupting the status quo: How teachers grapple with reforms that compete with long-standing educational views. *Journal of Educational Change*, 20(4), 469–494. <https://doi.org/10.1007/s10833-019-09351-5>.
- Meinokat, P., & Wagner, I. (2024). Classroom disruptions in digital teaching during the pandemic – an interview study. *Frontiers Education*, 9, 1335249. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1335249>.
- Meinokat, P., & Wagner, I. (2022). Causes, prevention, and interventions regarding classroom disruptions in digital teaching: A systematic review. *Education and information technologies*, 27(4), 4657–4684. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10795-7>.
- Mishra, P., & Koehler, M. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Rosenberg, J. M., & Koehler, M. J. (2015). Context and technological pedagogical content knowledge (TPACK): A systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*, 47(3), 186–210. <https://doi.org/10.1080/15391523.2015.1052663>.
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., &, Koehler, M. J. & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123–149. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782544>.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>.
- Ternès, A., & Schäfer, M. (Hrsg.). (2020). *Digitalpakt – was nun? Ideen und Konzepte für zukunftsorientiertes Lernen*. Springer VS. <http://www.springer.com/>.
- Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education*, 59(1), 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.009>.
- Wohlfart, O., Trumler, T., & Wagner, I. (2021). The unique effects of Covid-19 – A qualitative study of the factors that influence teachers' acceptance and usage of digital tools. *Education and Information Technologies*, 26(6), 7359–7379. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10574-4>.
- Wohlfart, O., & Wagner, I. (2022a). Ganzheitliche Schulentwicklung zur Implementierung von Educational Technologies in Zeiten der digitalen Transformation – eine Case-Study zum Selbstevaluationstool SELFIE. *Unterrichtswissenschaft*, 1–35. <https://doi.org/10.1007/s42010-022-00155-w>.
- Wohlfart, O., & Wagner, I. (2022b). Ein vielversprechender Ansatz zur Modellierung der Digitalkompetenzen von (angehenden) Lehrkräften? – Ein systematisches Umbrella-Review zum TPACK Modell. *Zeitschrift für Pädagogik*, 2022(6).

Digitale Transformation der Lehrkräftebildung am Karlsruher Institut ...

- Wohlfart, O., & Wagner, I. (2024). Empowering Future Educators: Tailored Interventions and Digital Competency Development in Teacher Education. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 19(1), 149–170. <https://doi.org/10.21240/zfhe/19-01/08>.
- Zentrum für Lehrerbildung (Hrsg.). (2022). *Jahresbericht 2020–2021*. Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- Zienicke, B. (2022). *Ergebnisbericht digiMINT 2021*. Karlsruher Institut für Technologie (KIT); House of Competence (HOC). <https://www.hoc.kit.edu/zlb/downloads/digiMINT%202021%20Ergebnisbericht.pdf>.