

Mediendidaktische Kompetenzen von Lehrpersonen – Bedingungen und Effekte

Kumulative Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der
Philosophisch-Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der
Universität Augsburg

vorlegt von
Christina Wekerle

Erstgutachter:	Prof. Dr. Ingo Kollar Lehrstuhl für Psychologie m.b.B.d. Pädagogischen Psychologie
Zweitgutachter:	Prof. Dr. Klaus Bredl Professur für digitale Medien
Drittgutachter:	Prof. Dr. Andreas Hartinger Lehrstuhl für Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik

Tag der mündlichen Prüfung: 30.07.2021

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen Personen bedanken, die mich auf dem Weg von der Ideenfindung bis zur Anfertigung meiner Dissertation durch „dick und dünn“ begleitet und unterstützt haben.

Allen voran möchte ich Prof. Dr. Ingo Kollar sehr herzlich für sein außerordentliches Engagement als Betreuer danken, der mir in den letzten Jahren mit wissenschaftlich kompetentem und konstruktivem Rat immer zur Seite stand, auch in stressigen Zeiten ein offenes Ohr für mich hatte, und insbesondere mit seinem Blick fürs Detail zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Mein Dank gilt ebenso der Augsburger Universitätsfamilie: So gaben mir meine Kolleg*innen aus dem Fachbereich Psychologie in formelleren (Psychologisches Forschungskolloquium) sowie informelleren (Mensaessen, Postkolloquium, virtuelle Schreibklausur) Settings wichtige Impulse für meine Forschung und motivierten mich gerade in den letzten Monate dazu, „am Ball zu bleiben“. Besonderen Dank möchte ich auch unseren Hilfskräften am Lehrstuhl aussprechen, die mich von der Planung bis zur Auswertung (Stichwort „Kodiermarathon“) mit sehr viel Engagement, Geduld und Sorgfalt unterstützten. Darüberhinaus profitierte ich sehr von der wissenschaftlichen und sozialen Einbindung in das interdisziplinäre LeHet-Projekt. Es hat mir unter anderem ermöglicht, im Rahmen von Kooperationen mit Lehrkräften tiefergehende Einblicke in die Chancen und Herausforderungen mediendidaktischen Handelns im Schulkontext zu gewinnen und wichtige Anregungen für meine Forschungspraxis zu erhalten. Außerdem hat mich meine Lehrtätigkeit im Rahmen des Projekts dazu animiert, mich meinem Dissertationsthema auch „praktisch“ zu nähern, was mir immer viel Freude bereitete. Nicht zuletzt haben die Fördereinrichtungen der Universität Augsburg wie die Graduiertenschule der Geistes- und Sozialwissenschaften oder das Büro für Chancengleichheit einen wichtigen Anteil am Gelingen dieser Arbeit, da sie mir unter anderem ein wertvolles Betreuungsnetzwerk durch Prof. Dr. Klaus Bredl und Prof. Dr. Markus Dresel sowie einen inspirierenden Forschungsaufenthalt ermöglichten.

Aber auch über die Universitätsfamilie hinaus durfte ich mich in den letzten Jahren im Rahmen von Konferenzteilnahmen mit vielen interessanten Fachkolleg*innen über meine Forschungsarbeiten austauschen und konnte hierdurch nicht nur meine Forschungsansätze weiterentwickeln, sondern auch gute Freunde gewinnen. Schließlich möchte ich mich aus tiefstem Herzen bei allen lieben Menschen (und Tieren) in meinem persönlichen Umfeld bedanken, die mich die letzten Jahre emotional unterstützt und mein Leben jenseits des Schreibtischs erfüllt haben.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VII
-----------------------------	-----

Zusammenfassung	VIII
-----------------------	------

1 Problemstellung	1
--------------------------------	----------

2 Mediendidaktische Kompetenzen von Lehrpersonen	4
---	----------

2.1 Potenziale digitaler Medien für den Wissenserwerb.....	4
--	---

2.2 Das Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK)- Rahmenmodell	7
--	---

2.3 Rezeption des TPACK-Rahmenmodells.....	11
--	----

2.3.1 Theoretische Konzeptualisierung der TPACK-Facetten	11
--	----

2.3.2 Empirische Erfassung der TPACK-Facetten	15
---	----

2.3.3 Schwerpunkte und Lücken empirischer Forschung zum TPACK- Rahmenmodell	19
--	----

2.4 Fazit: Darstellung der Forschungsinteressen	24
---	----

3 Konzeptualisierung von TPK auf Basis des ICAP-Modells.....	27
---	-----------

3.1 Das ICAP-Modell	27
---------------------------	----

3.1.1 Die ICAP-Lernaktivitäten.....	28
-------------------------------------	----

3.1.2 Annahmen, Einschränkungen und Anwendung des ICAP-Modells.....	32
---	----

3.2 Empirische Erfassung der ICAP-Lernaktivitäten	34
---	----

3.2.1 Intendierte Lernaktivitäten in Unterrichtsplänen	35
--	----

3.2.2 Intendierte Lernaktivitäten in Lehrveranstaltungen.....	37
---	----

3.2.3 Lernerfolg	38
------------------------	----

3.3 Empirische Befunde zum ICAP-Modell	39
--	----

3.3.1 Der Einfluss medienbezogener Lehrexpertise auf die von Lehrpersonen intendierten ICAP-Lernaktivitäten	40
--	----

3.3.2 Von Lehrerbildner*innen intendierte ICAP-Lernaktivitäten.....	47
---	----

3.3.3 ICAP-Lernaktivitäten und Lernerfolg	52
---	----

3.4 Konsequenzen für die Konzeptualisierung von TPK auf Basis des ICAP-Modells	61
---	----

4 Konzeptualisierung von TPK auf Basis von Modellen professioneller Unterrichtswahrnehmung.....	63
--	-----------

4.1 Professionelle Unterrichtswahrnehmung von Lehrkräften	63
---	----

4.1.1 Noticing	65
----------------------	----

4.1.2 Knowledge-Based Reasoning	66
---------------------------------------	----

4.2 Empirische Erfassung von professioneller Unterrichtswahrnehmung	69
---	----

4.2.1 Formqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung	69
---	----

4.2.2	Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung	70
4.3	Empirische Befunde zur professionellen Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts von Lehramtsstudierenden	72
4.3.1	Formqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung	73
4.3.2	Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung	76
4.4	Konsequenzen für die Konzeptualisierung von TPK auf Basis von Modellen professioneller Unterrichtswahrnehmung	80
5	Förderung von TPK.....	83
5.1	Fallbasiertes Lernen	84
5.1.1	Charakteristika und Potenziale des fallbasierten Lernens	84
5.1.2	Umsetzung fallbasierten Lernens zur Förderung von TPK	85
5.2	Lernen durch Mapping als Fördermaßnahme zur Vorbereitung auf das fallbasierte Lernen	89
5.2.1	Beschreibung und theoretische Annahmen zur Effektivität des Lernens durch Mapping	90
5.2.2	Empirische Befunde zur Effektivität des Lernens durch Mapping.....	93
5.3	Lernen aus Lösungsbeispielen als Fördermaßnahme während des fallbasierten Lernens.....	96
5.3.1	Beschreibung und theoretische Annahmen zur Effektivität des Lernens aus Lösungsbeispielen	96
5.3.2	Empirische Befunde zur Effektivität des Lernens aus Lösungsbeispielen ..	100
5.4	Konsequenzen für die Förderung von PK und professioneller Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts.....	104
6	Zusammenfassung der drei Fachartikel	106
6.1	Fachartikel I zur Studie TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften	107
6.1.1	Theoretischer Hintergrund und Fragestellungen	108
6.1.2	Methode	110
6.1.3	Ergebnisse	111
6.1.4	Diskussion.....	112
6.2	Fachartikel II zur Studie TPK und Lernerfolg	113
6.2.1	Theoretischer Hintergrund und Fragestellungen	114
6.2.2	Methode	116
6.2.3	Ergebnisse	117
6.2.4	Diskussion.....	118
6.3	Fachartikel III zur Studie Förderung von TPK	119
6.3.1	Theoretischer Hintergrund und Fragestellungen	119
6.3.2	Methode	122
6.3.3	Ergebnisse	124
6.3.4	Diskussion.....	124

7	Gesamtdiskussion.....	126
7.1	Integration der Befunde in die theoretischen Modelle.....	126
7.1.1	Integration der Befunde in das TPACK-Rahmenmodell.....	126
7.1.2	Integration der Befunde in das ICAP-Modell.....	128
7.1.3	Integration der Befunde in Modelle professioneller Unterrichtswahrnehmung.....	130
7.1.4	Fazit zum theoretischen Verständnis mediendidaktischer Wissens-, Fertigkeits- und Performanzfacetten.....	132
7.2	Methodische Stärken, Limitationen und Implikationen.....	133
7.3	Praktische Implikationen.....	139
7.4	Ausblick	141
8	Literaturverzeichnis	143
Anhang A:	Fachartikel I zur Studie TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften	178
Anhang B:	Fachartikel II zur Studie TPK und Lernerfolg	207
Anhang C:	Fachartikel III zur Studie Förderung von TPK	236

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.	Das TPACK-Rahmenmodell mit seinen Wissensfacetten.....	8
Abbildung 2.	Kontinuum zwischen TPACK als Wissen und TPACK als Performanz.....	14
Abbildung 3.	Darstellung der Forschungsinteressen basierend auf der Rezeption des TPACK-Rahmenmodells.	25
Abbildung 4.	Das ICAP-Modell mit den beobachtbaren Lernaktivitäten, den angenommenen kognitiven Prozessen und Lernergebnissen.	29
Abbildung 5.	Darstellung der Studie TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften.	40
Abbildung 6.	Darstellung des ersten Fokus der Studie TPK und Lernerfolg.	48
Abbildung 7.	Darstellung des zweiten Fokus der Studie TPK und Lernerfolg.	53
Abbildung 8.	Darstellung der Studie Förderung von TPK.	83
Abbildung 9.	Beispiel für eine Map.....	91
Abbildung 10.	Beispiel für ein Lösungsbeispiel zum Erlernen einer Programmiersprache....	97
Abbildung 11.	Überblick über die untersuchten Zusammenhänge in den drei Studien.	127

Zusammenfassung

Die Bedeutung digitaler Medien für das Lernen wird bereits seit vielen Jahrzehnten diskutiert. Metaanalytische Befunde illustrieren, dass weniger digitale Medien selbst als die Art ihrer instruktionalen Implementation durch Lehrpersonen entscheidend für den Lernerfolg von Lernenden ist. Entsprechend sollten Lehrpersonen über mediendidaktische Kompetenzen zur adäquaten Implementation digitaler Medien im Lehr-Lernkontext verfügen. Ein häufig rezipiertes Modell zur Definition hierfür relevanter Wissensfacetten stellt das Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK)-Rahmenmodell (Mishra & Koehler, 2006) dar. Auch wenn das Modell vielfältige Forschung inspiriert hat, war der Fokus jener Forschung lange auf die Konstruktvalidierung im Sinne einer Differenzierung unterschiedlicher (selbsteingeschätzter) Wissensfacetten gerichtet. Entsprechend fehlt es insbesondere an empirisch fundierten Studien, in denen objektive und performanznähere Untersuchungsansätze zum Einsatz kommen und in denen die Zusammenhänge der TPACK-Facetten mit anderen relevanten Konstrukten untersucht werden. So lassen sich bisher kaum Aussagen (1) zum Einfluss lehrpersonseitiger Faktoren wie der medienbezogenen Lehrexpertise auf die TPACK-Facetten, (2) zu den Effekten der TPACK-Facetten auf den Lernerfolg von Lernenden und (3) zu den Effekten experimentell variierten Fördermaßnahmen auf die TPACK-Facetten von Lehrpersonen treffen. Vor dem Hintergrund dieser Forschungslücken wurden drei empirische Studien durchgeführt. In allen drei Studien lag das Interesse auf dem fach-/inhaltsunabhängigen Technological Pedagogical Knowledge (TPK) von Lehrpersonen.

In der ersten Studie¹ *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften* wurden mithilfe eines Mixed-Methods Experten-Novizen-Ansatzes die Unterrichtspläne von 99 Lehramtsstudierenden und 35 medienerfahrenen Lehrkräften verglichen, um Anhaltspunkte zur Förderung des TPK von Lehramtsstudierenden im Rahmen von Lehrplänen zu identifizieren. Die quantitativen und qualitativen Ergebnisse zeigten, dass medienerfahrene Lehrkräfte häufiger höherwertige technologiegestützte Lernaktivitäten und zu einem größeren Ausmaß offenere, durch Lernende selbst zu regulierende Aufgabenstellungen in ihren Unterrichtsplänen anvisierten als Lehramtsstudierende. Für nicht-technologiegestützte Lernaktivitäten zeigten sich dagegen keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Entsprechend sollten Lehramtsstudie-

¹ Die erste und zweite Studie der vorliegenden Arbeit sind im Rahmen des BMBF-Projekts „Lehrerprofessionalität im Umgang mit Heterogenität“ (Förderkennzeichen: 01JA1509) entstanden.

rende im Rahmen ihres Studiums ausreichend Lerngelegenheiten erhalten, um ein tiefes Verständnis dafür zu entwickeln, wie sie digitale Medien nutzen können, um bei Schüler*innen hochwertige Lernaktivitäten zu stimulieren.

In der zweiten Studie *TPK und Lernerfolg* wurden die durch Lehrerbildner*innen in ihren Lehrveranstaltungen intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten verglichen. Es wurde untersucht, ob Lehrerbildner*innen in technologiegestützten Lehr-Lernphasen höherwertige Lernaktivitäten anstreben als in nicht-technologiegestützten Lehr-Lernphasen. Ebenfalls war von Interesse, inwiefern sich Zusammenhänge zwischen unterschiedlich hochwertigen intendierten Lernaktivitäten und dem Erwerb domänenspezifischen Wissens und domänenübergreifenden Fertigkeiten von Lehramtsstudierenden in einem natürlichen Lehr-Lernkontext beobachten lassen. Mithilfe einer Mehrebenenmodellierung der fragebogenbasierten Einschätzungen von 381 Lehramtsstudierenden konnte erfreulicherweise festgestellt werden, dass sich die Lehramtsstudierenden in technologiegestützten Lehr-Lernphasen tatsächlich zu höherwertigen Lernaktivitäten anregt fühlten als in nicht-technologiegestützten Lehr-Lernphasen. Zudem war jedoch zu beobachten, dass sie sich in technologiegestützten Lehr-Lernphasen aber auch mehr zu weniger hochwertigen Lernaktivitäten angeregt fühlten als in nicht-technologiegestützten Lehr-Lernphasen. Außerdem zeigten sich für höherwertige Lernaktivitäten Zusammenhänge zum Erwerb domänenspezifischen Wissens und domänenübergreifender Fertigkeiten. Diese Zusammenhänge waren teilweise enger als für weniger hochwertige Lernaktivitäten. Die Ergebnisse weisen auf die Notwendigkeit hin, in der digitalen Hochschullehre insbesondere die Nutzung von hochwertigen, technologiegestützten interaktiven Lernaktivitäten zu fördern.

Das Erkenntnisinteresse der dritten Studie *Förderung von TPK* lag auf der Förderung der medienunterrichtlichen Reflexionsfertigkeiten von Lehramtsstudierenden im Rahmen des fallbasierten Lernens. Konkret wurden die Effekte von Lernen durch Mapping und Lernen aus Lösungsbeispielen auf die Formqualität (Umsetzung adäquater Reflexionsschritte) und Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung (adäquate Nutzung von wissenschaftlichem Wissen) technologiegestützten Unterrichts untersucht. Zur Untersuchung der Form- und Inhaltsqualität erfolgte eine kodierschemabasierte Auswertung der offenen Reflexionen von 252 Lehramtsstudierenden über eine Falldarstellung, in der eine technologiegestützte Unterrichtsstunde einer Lehrkraft beschrieben wurde. Strukturgleichungsmodelle zeigten, dass sich Lernen durch Mapping im Vergleich zum einfachen Lesen eines Textes tendenziell negativ auf die Inhaltsqualität auswirkte. Allerdings war ein positiver Einfluss der Qualität der Maps auf das Pedagogical Knowledge (PK) von Lehramtsstudierenden zu beobachten. Das Lernen aus Lösungsbeispielen

war positiv mit der Inhaltsqualität assoziiert, aber nicht mit der Formqualität. Folglich erscheinen weitere instruktionale Unterstützungsmaßnahmen beim Lernen durch Mapping notwendig, um die Potenziale dieser Lernstrategie für das (T)PK von Lehramtsstudierenden ausschöpfen zu können. Hingegen sollte das Lernen aus Lösungsbeispielen aufgrund seiner positiven Effekte auch ohne weitere Anpassungen einen fruchtbaren Baustein für die medienbezogene Lehrer*innenbildung darstellen.

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse der drei Studien größtenteils die angenommenen Zusammenhänge von (1) medienbezogener Lehrexpertise und TPK, (2) TPK und Lernerfolg sowie (2) instruktionalen Fördermaßnahmen und TPK. Außerdem lassen sich auf Basis der Studien vielfältige Ansatzpunkte zur Förderung der mediendidaktischen Kompetenzen von Lehramtsstudierenden in der pädagogischen Praxis identifizieren.

1 Problemstellung

Digitalen Medien wird nicht zuletzt durch die COVID-19 Pandemie ein immer größerer Stellenwert im Bildungsbereich beigemessen. Ihnen werden dabei vielfältige Potenziale zur Förderung individueller und kollaborativer Lernprozesse zugeschrieben, die von der aktiveren Beteiligung in Lehr-Lernkontexten (vgl. Castillo-Manzano, Castro-Nuño, López-Valpuesta, Sanz-Díaz & Yñiguez, 2016) bis hin zur besseren Koordination von Gruppenlernaktivitäten (vgl. J. Janssen & Bodemer, 2013) reichen. Jedoch deuten metaanalytische Befunde darauf hin, dass die Übersetzung dieser Potenziale in den Lernerfolg weniger von den digitalen Medien selbst als von der Art ihrer instruktionalen Implementation durch die Lehrperson abhängt (z.B. Chien, Chang & Chang, 2016; Hunsu, Adesope & Bayly, 2016; R. F. Schmid et al., 2014). Entsprechend wird inzwischen auch von bildungspolitischer Seite gefordert, dass Lehrpersonen über mediendidaktische Kompetenzen zur Implementation digitaler Medien in Lehr-Lernkontexte verfügen sollen (z.B. European Commission, 2018; Kultusministerkonferenz, 2019), um hochwertige Lernprozesse auf Seiten der Lernenden anregen zu können.

Die hierfür notwendigen Wissensfacetten werden im Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK)-Rahmenmodell (Koehler & Mishra, 2008, 2009; Mishra & Koehler, 2006) konzeptualisiert. Auch wenn das TPACK-Rahmenmodell im wissenschaftlichen Diskurs sehr viel Beachtung erfahren hat (Herring, Koehler, Mishra, Rosenberg & Teske, 2016), weist die darauf bezogene Forschung verschiedene Lücken auf: (1) So haben auf theoretischer Ebene konstruktivistische Perspektiven auf Lehr-Lernprozesse bisher kaum Eingang in die Konzeptualisierung der TPACK-Facetten gefunden, obwohl sie als zentral verstanden werden, um Lernende adäquat auf die Herausforderungen der digitalen Gesellschaft vorbereiten zu können (vgl. Angeli & Valanides, 2009; Chai, Koh & Tsai, 2013; Olofson, Swallow & Neumann, 2016). (2) Ebenso zeigt sich, dass das Interesse der TPACK-bezogenen Forschung vorrangig auf der Wissensdimension der TPACK-Facetten liegt und viel Mühe in die Entwicklung von zuverlässigen Selbsteinschätzungsinstrumenten investiert wird, weshalb objektive und performanznähere Untersuchungsansätze weiterhin eine eher untergeordnete Rolle spielen (Willermark, 2018). Dabei bleiben insbesondere die medienunterrichtlichen Reflexionsfertigkeiten von Lehrpersonen unberücksichtigt (Harris, Phillips, Koehler & Rosenberg, 2017). (3) Auch wenn sich ein immer größeres Interesse an den Bedingungen für die Entwicklung der TPACK-Facetten abzeichnet (Rosenberg & Koehler, 2015), fehlt es an Studien, die den Einfluss lehrpersonseitiger Faktoren (z.B. medienbezogene Lehrexpertise) auf performanznähere TPACK-Facetten untersuchen (Backfisch, Lachner, Hische, Loose & Scheiter, 2020) und sich eignen, um empirisch fundierte Ansatzpunkte zur Förderung der TPACK-Entwicklung von

Lehrpersonen abzuleiten. (4) Außerdem können bisher kaum Aussagen zur prognostischen Validität der TPACK-Facetten für den Lernerfolg von Lernenden getroffen werden (Endberg, 2019). (5) Schließlich mangelt es der TPACK-Forschung weiterhin an Studien, die die Effekte unterschiedlicher instrukionaler Fördermaßnahmen in experimentellen Settings systematisch untersuchen (N. Janssen & Lazonder, 2016). Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand entsprechend darin, mithilfe dreier empirischer Studien einen Beitrag dazu zu leisten, diese Forschungslücken zu schließen. Dabei lag der Fokus der drei Studien auf dem fach-/inhaltsunabhängigen Technological Pedagogical Knowledge (TPK) von Lehrpersonen.

Der theoretische Hintergrund der drei empirischen Studien wird in den Kapiteln 2 bis 5 dargelegt. In Kapitel 2 erfolgt eine Einführung in das TPACK-Rahmenmodell, der sich eine Zusammenschau der sich auf das Modell stützenden Forschung anschließt. Am Ende des Kapitels werden die Forschungsinteressen der vorliegenden Arbeit illustriert, die sich aus der Rezeption des TPACK-Rahmenmodells ergeben. In Kapitel 3 liegt der Fokus auf dem ICAP-Modell von Chi und Wylie (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014), das der Konzeptualisierung von TPK aus einer konstruktivistischen Perspektive auf Lehr-Lernprozesse dient. Nach einer Erläuterung der grundlegenden theoretischen Annahmen des ICAP-Modells werden Möglichkeiten der empirischen Erfassung beschrieben. Anschließend werden mit Blick auf die erste Studie dieser Arbeit empirische Befunde zur Frage der Effekte medienbezogener Lehrexpertise auf TPK vor dem Hintergrund des ICAP-Modells präsentiert. Außerdem werden vorrangig ICAP-basierte empirische Befunde zur Vorbereitung der zweiten Studie dieser Arbeit vorgestellt, in der insbesondere die Zusammenhänge zwischen dem TPK von Lehrpersonen und dem Lernerfolg von Lernenden von Interesse sind. Kapitel 4 beschäftigt sich mit der Konzeptualisierung von TPK auf Basis von Modellen professioneller Unterrichtswahrnehmung, die Schlussfolgerungen dazu erlauben, wie die professionelle Reflexion von technologiegestütztem Unterricht idealerweise aussehen sollte. Dabei werden zuerst grundlegende Komponenten von Modellen professioneller Unterrichtswahrnehmung definiert und deren empirische Erfassung skizziert. Auf Basis empirischer Befunde wird anschließend ein Überblick über die Voraussetzungen von Lehramtsstudierenden im Hinblick auf die professionelle Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts gegeben, der auf die Notwendigkeit der Förderung des TPK hindeutet. Kapitel 5 widmet sich entsprechend der Darstellung von Ansätzen zur Förderung des TPK von Lehramtsstudierenden. Hierbei wird der in der Forschung zu professioneller Unterrichtswahrnehmung gängige Ansatz des fallbasierten Lernens erläutert. Daraufhin folgt die Beschreibung der Mechanismen und empirischen Befunde zu den zwei Ansät-

zen „Lernen durch Mapping“ und „Lernen aus Lösungsbeispielen“, die als Unterstützungsmaßnahmen beim fallbasierten Lernen fungieren sollen. Die hierdurch gewonnenen Erkenntnisse informieren die dritte Studie dieser Arbeit, in der die Wirksamkeit des Lernens durch Mapping und Lernens aus Lösungsbeispielen auf TPK bzw. die professionelle Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts untersucht werden soll. In Kapitel 6 wird eine Zusammenfassung der drei Fachartikel gegeben, die zu den drei empirischen Studien entstanden und im Anhang zu finden sind. Fachartikel I wurde 2022 in der referierten, internationalen Fachzeitschrift *Technology, Pedagogy and Education* veröffentlicht. Fachartikel II wurde 2020 in der referierten, internationalen Fachzeitschrift *Journal of Research on Technology in Education* veröffentlicht. Fachartikel III wurde 2021 in der referierten, internationalen Fachzeitschrift *Computers in Human Behavior* veröffentlicht. Kapitel 7 schließt mit einer Gesamtdiskussion, in der eine Integration der Befunde in die theoretischen Modelle erfolgt, methodische Stärken, Schwächen und Implikationen diskutiert und Schlüsse für die pädagogische Praxis gezogen werden.

2 Mediendidaktische Kompetenzen von Lehrpersonen

Digitale Medien sind zu einem zentralen Bestandteil des Alltags der meisten Altersgruppen geworden (Bitkom Research, 2018; Feierabend, Rathgeb & Reutter, 2020; Statistisches Bundesamt, 2020). Ihre Potenziale für neue Formen des Lehrens und Lernens wurden bereits an vielfältigen Stellen diskutiert (z.B. R. E. Clark, 1983, 1994; Kozma, 1991, 1994). Allerdings weisen empirische Ergebnisse darauf hin, dass die positiven Effekte digitaler Medien von der Art der Implementation durch die Lehrperson abhängen (z.B. Chien et al., 2016; Hunsu et al., 2016; R. F. Schmid et al., 2014). Um den Lernerfolg von Lernenden mit digitalen Medien adäquat zu fördern, benötigen Lehrkräfte entsprechend mediendidaktische Kompetenzen.

Deshalb liegt der Fokus in diesem Kapitel auf den mediendidaktischen Kompetenzen von Lehrpersonen. In Kapitel 2.1 werden mögliche Potenziale digitaler Medien anhand empirischer Ergebnisse zu den Effekten digitaler Medien auf den Lernerfolg von Lernenden beleuchtet. Diese illustrieren die Bedeutung mediendidaktischer Kompetenzen von Lehrpersonen, weshalb sich das Kapitel im weiteren Verlauf diesem Aspekt widmet. Es wird dabei in Kapitel 2.2 das häufig rezipierte Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK)-Rahmenmodell (Koehler & Mishra, 2008, 2009; Mishra & Koehler, 2006) vorgestellt. Hieran schließt sich in Kapitel 2.3 ein Überblick, in dem unterschiedliche Forschungslücken und Konsequenzen für die vorliegende Arbeit herausgearbeitet werden. Auf der Grundlage dieser Rezeption wird in Kapitel 2.4 eine Konzeptualisierung relevanter Konstrukte rund um das TPACK-Rahmenmodell vorgenommen, in der die Forschungsinteressen der vorliegenden Arbeit zusammenfassend erläutert werden.

2.1 Potenziale digitaler Medien für den Wissenserwerb

Es besteht kein Zweifel daran, dass digitale Medien eine wichtige Rolle in der gegenwärtigen Gesellschaft einnehmen. Während Quantentechnologien, mit Menschen kooperierende künstliche Intelligenz und die Einführung von Robotern außerhalb des Unternehmenskontexts noch als digitale Trends identifiziert werden (Accenture, 2020; Deloitte, 2020), stellt die Nutzung von mobilen Endgeräten und des Web 2.0 im Alltag der meisten Altersgruppen im privaten Bereich bereits eine Selbstverständlichkeit dar (Bitkom Research, 2018; Feierabend et al., 2020; Statistisches Bundesamt, 2020). In der repräsentativen JIM-Studie (Feierabend et al., 2020), in welcher 12- bis 19-Jährige zu ihrem Mediennutzungsverhalten befragt wurden, zeigte sich beispielsweise, dass 93% der befragten Jugendlichen ein Smartphone besaß, 89% täglich

das Internet nutzten und Jugendliche eigenen Angaben nach durchschnittlich 205 Minuten täglich online waren. Gerade deshalb sind digitale Medien auch im Bildungsbereich von großer Bedeutung. Neben Lesen, Schreiben und Rechnen wird der kompetente Umgang mit digitalen Medien inzwischen als eine neue Kulturtechnik verstanden, die als zentrale Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe gilt (Aktionsrat Bildung, 2018; BMBF, 2016; Kultusministerkonferenz, 2016). Inzwischen existieren vielfältige Ansätze zur Ausdifferenzierung dieser Kompetenzen (für einen Überblick vgl. Bower & Vlachopoulos, 2018). Lernen über digitale Medien wird so zu einem wichtigen Baustein in Bildungscurricula.

Digitale Medien stellen nicht nur einen selbstverständlichen Teil der Lebenswirklichkeit von Kindern und Jugendlichen dar. Ihnen werden auch Potenziale für neue Formen des Lernens zugesprochen. Es wird beispielsweise davon ausgegangen, dass Lernen durch digitale Medien emergent, sozialer und informeller wird. Digitale Medien können also dazu beitragen, dass die Verknüpfung und Strukturierung von Informationen, die Kollaboration von Lernenden sowie die selbstgesteuerte Nutzung von Wissensressourcen überall und jederzeit erleichtert wird (Moskaliuk & Cress, 2018). Informations- und Kommunikationstechnologien, die Lernmaterial zur Verfügung stellen und den Lernprozess unterstützen, um akademische Lernziele zu verbessern, werden deshalb auch oft als digitale Bildungsmedien bezeichnet (*Educational Technology*; Cheung & Slavin, 2013, S. 90). Wenn im Folgenden von digitalen Medien gesprochen wird, sind hiermit entsprechend Bildungsmedien gemeint.

Inwiefern digitale Medien aber tatsächlich einen Effekt auf Lernen haben, wird insbesondere seit den 80er Jahren intensiv diskutiert. Dazu beigetragen hat unter anderem R. E. Clark (1983) mit seiner Aussage, dass (digitale) Medien keinen größeren Effekt auf Lernen haben als der LKW, der unsere Lebensmittel liefert, auf unsere Ernährung (S. 445). Er geht davon aus, dass nicht das Medium, sondern die mit dem jeweiligen Medium umgesetzte Methode das Lernen beeinflusst und dadurch zur „aktiven Zutat“ wird (R. E. Clark, 1994, S. 46). Vertreter*innen medienbezogener Forschung wie Kozma (1991, 1994) nehmen hingegen an, dass ein Medium mit dessen spezifischen Eigenschaften in Interaktion mit Lernenden und deren Voraussetzungen tritt bzw. deren Informationsverarbeitungsprozesse unterstützen kann. So kann beispielsweise eine interaktive Simulationssoftware durch ihre besonderen Eigenschaften (z.B. symbolische Modellierung von physikalischen Prinzipien, manuelle Manipulation von Parametern) Lernenden ermöglichen, Prozeduren auszuführen, die sie ohne dieses Medium nicht mental zu repräsentieren in der Lage gewesen wären (Kozma, 1994).

Um die Frage nach der Effektivität von digitalen Medien für das Lernen zu beantworten, wurden in den letzten Jahrzehnten viele empirische Einzelstudien durchgeführt. Der Großteil

dieser Studien vergleicht die Ergebnisse einer Gruppe von Lernenden, die mit einem bestimmten digitalen Medium lernten, mit den Ergebnissen einer Kontrollgruppe, die in einem traditionellen Lernsetting unterrichtet wurde (z.B. Baker, Goodboy, Bowman & Wright, 2018; D. B. Clark, Tanner-Smith & Killingsworth, 2016; Steenbergen-Hu & Cooper, 2014). Zur Vermeidung von Konfundierungen wird dabei versucht, Lerninhalt, Instruktionsansatz sowie die Messung der Lernergebnisse so vergleichbar wie möglich zwischen den unterschiedlichen Bedingungen zu halten (Kirkwood & Price, 2013). Auch Metaanalysen, die eine effiziente Art und Weise der Zusammenfassung von Ergebnissen mehrerer Einzelstudien darstellen (Littell, Corcoran & Pillai, 2008), sind infolgedessen zu unterschiedlichen übergeordneten Fragestellungen entstanden.

Die Bandbreite dieser Metaanalysen reicht von Metaanalysen erster Art, die Effekte einer Art des digitalen Mediums im Vergleich zu anderen, oft analogen, Medien auf den Wissenserwerb in einer bestimmten Domäne aggregieren (z.B. Lin, 2014) bis hin zu Metaanalysen zweiter Art, die metaanalytische Effekte zu verschiedene Arten von digitalen Medien in verschiedenen formalen Bildungsbereichen über verschiedene Domänen hinweg integrieren (z.B. Tamim, Bernard, Borokhovski, Abrami & Schmid, 2011). Metaanalysen, die die Effekte digitaler Medien unabhängig von ihrer Art auf den Lernerfolg untersuchten, zeigen dabei relativ übereinstimmend, dass für alle Bildungsstufen durch den Einsatz digitaler Medien im Vergleich zu traditionellen Lehr-Lernsettings nur geringe bis moderate Effekte zu erwarten sind (z.B. Chauhan, 2017; R. F. Schmid et al., 2014; Tamim et al., 2011).

Allerdings lässt sich in vielen Metaanalysen eine große Heterogenität an Effektstärken beobachten. Neben methodologischen Aspekten, die die unterschiedliche Größe der Effektstärken bedingen können (vgl. Cheung & Slavin, 2013; Chien et al., 2016; Merchant, Goetz, Cifuentes, Keeney-Kennicutt & Davis, 2014; Sitzmann, 2011), scheint insbesondere auch die Art der Implementation digitaler Medien einen Unterschied zu machen. Dass es darauf ankommt, wofür bzw. wie digitale Medien verwendet werden, illustriert beispielsweise die Metaanalyse von R. F. Schmid et al. (2014). Die Autor*innen konnten zeigen, dass die Nutzung von digitalen Medien als kognitive Unterstützung, die tiefergehendes Lernen ermöglicht (z.B. Concept Mapping-Software), einen positiveren Effekt auf den Lernerfolg von Studierenden hat als die Nutzung von digitalen Medien zur Unterstützung von Präsentationen, die eine Visualisierung des Lernmaterials ermöglichen (z.B. PowerPoint-Präsentationen). Ebenfalls deuten Metaanalysen, die die Effekte einzelner digitaler Medien wie Audience Response Systems untersuchten, auf die differentiellen Effekte unterschiedlicher instruktionaler Ansätze hin: Chien et al. (2016) fanden einen großen Effekt von Audience Response Systems auf den Lernerfolg,

wenn diese Systeme Peer-Diskussionen im Vergleich zu Vorlesungen ohne Peer-Diskussionen unterstützten. Außerdem zeigte sich in der Metaanalyse von Hunsu et al. (2016) ein Nulleffekt auf den Lernerfolg bei einem Vergleich der Nutzung von Audience Response Systems mit nicht-technologiegestützten Lehr-Lernumgebungen, in welchen ebenfalls Quizfragen zum Einsatz kamen.

Die aufgeführten Ergebnisse legen nahe, dass die Effekte von digitalen Medien auf Lernen nicht vorrangig durch die digitalen Medien selbst, sondern auch stark von ihrer instruktionalen Implementation durch die Lehrperson bestimmt werden (Kirkwood & Price, 2013). Um also tatsächlich positive Effekte technologiegestützter Lehr-Lernumgebungen auf den Lernerfolg zu erzielen, benötigen Lehrpersonen Kompetenzen zur adäquaten Implementation digitaler Medien. Dass diese Kompetenzen gerade für Lehrkräfte von großer Bedeutung sind und sein sollten, zeigen die Ergebnisse des internationalen Teaching and Learning International Survey (TALIS; OECD, 2014), die im schulischen Kontext darauf hinweisen, dass der Großteil der Varianz in der Nutzung digitaler Medien durch Schüler*innen auf die Lehrkräfteebene zurückzuführen ist. Entsprechend ist es kaum verwunderlich, dass diesbezüglich zunehmend mehr Erwartungen und Handlungsempfehlungen von Seiten der Politik an den Bildungsbereich gerichtet werden. So stellt die verbesserte Nutzung digitaler Medien für das Lehren und Lernen inzwischen eine wichtige bildungspolitische Priorität dar (European Commission, 2018). Betont wird dabei insbesondere der Bedarf an neuen, qualitativ hochwertigen Lehr-Lernkonzepten, die wissenschaftliche Erkenntnisse zu den Chancen digitaler, aber auch analoger Bildungsmedien berücksichtigen (vgl. Aktionsrat Bildung, 2018). Für Lehrkräfte bedeutet dies, dass sie in der Lage sein sollten, die „lerntheoretischen und didaktischen Möglichkeiten digitaler Medien für schulische Lehr-Lernprozesse“ zu nutzen (Kultusministerkonferenz, 2019, S. 8). Deshalb soll im Folgenden detaillierter auf diese Kompetenzen eingegangen werden.

2.2 Das Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK)-Rahmenmodell

Um beim Lehren und Lernen mit digitalen Medien hochwertige Lernprozesse auf Seiten von Lernenden anzuregen, benötigen Lehrpersonen mediendidaktische Kompetenzen. Im Einklang mit Modellen professioneller Kompetenz von Lehrpersonen (Baumert & Kunter, 2011; Döhrmann, Kaiser & Blömeke, 2012) werden diese als ein multidimensionales Konstrukt verstanden, das sowohl mediendidaktisches Wissen als auch motivationale Orientierungen und selbstregulative Fähigkeiten hinsichtlich der Nutzung digitaler Medien im Lehr-Lernkontext beinhaltet. Dabei scheint auf Basis dieser allgemeinen Modelle professioneller Kompetenz insbesondere der Wissenskomponente eine zentrale Rolle zuzukommen, da sie sich als prädiktiv

für zentrale Dimensionen der Unterrichtsqualität sowie den Lernerfolg von Lernenden erwiesen hat (vgl. Baumert et al., 2010; Hill, Rowan & Ball, 2005; König & Pflanzl, 2016; Voss, Kunter, Seiz, Hoehne & Baumert, 2014).

Zur medienbezogenen Konzeptualisierung der Wissenskomponente schlagen Koehler und Mishra (Koehler & Mishra, 2008, 2009; Mishra & Koehler, 2006) das mediendidaktische *Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK)*-Rahmenmodell vor. Sie nehmen dabei Rekurs auf die Arbeiten von Shulman (1986, 1987) zum *fachdidaktischen Wissen (Pedagogical Content Knowledge)* von Lehrpersonen und plädieren für die Ergänzung um die Facette des *technologischen Wissens (Technological Knowledge)*. Das Modell unternimmt den Versuch, Fachwissen, pädagogisches Wissen, technologisches Wissen und deren Zusammenhänge gemeinsam zu betrachten, um das professionelle mediendidaktische Wissen von Lehrkräften zu definieren. Es ergeben sich hierdurch im TPACK-Rahmenmodell sieben Wissensfacetten (siehe Abbildung 1), die folgendermaßen charakterisiert werden (Koehler & Mishra, 2009):

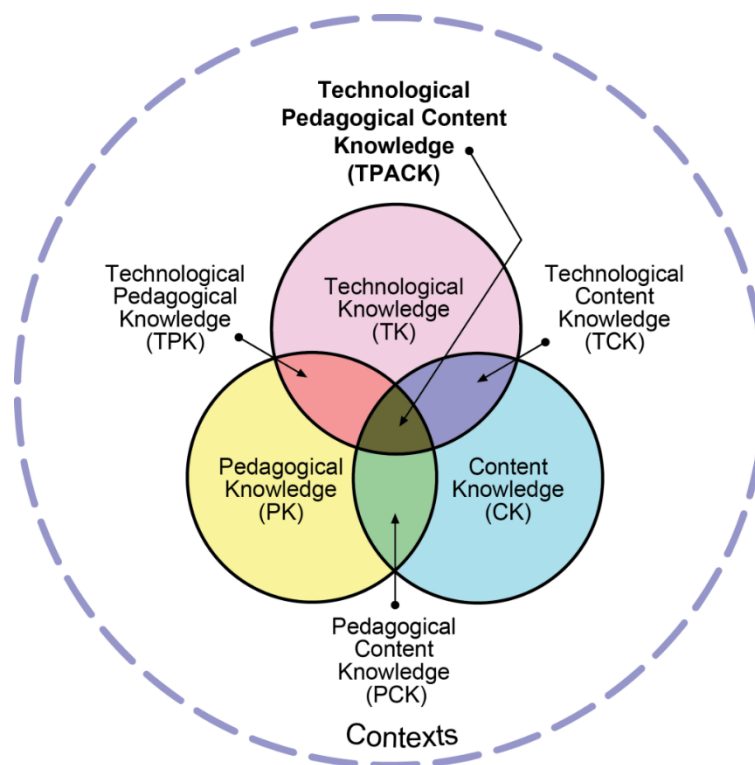


Abbildung 1. Das TPACK-Rahmenmodell mit seinen Wissensfacetten. Anmerkung. Genehmigung durch Herausgeber, Copyright 2012 bei tpack.org.

Pedagogical Knowledge (PK) wird als Wissen über zentrale Mechanismen des Lehrens und Lernens verstanden und schließt Wissen über kognitive, soziale und entwicklungsbezogene Theorien (z.B. *Cognitive Load Theory*; Sweller, van Merriënboer & Paas, 2019), aber auch instruktionale Ansätze und Methoden (z.B. zum Classroom Management oder zur Leistungsmessung) ein.

Content Knowledge (CK) wird als Wissen über die Fachinhalte definiert. Basierend auf Shulman (1986) gehört hierzu nicht nur das Wissen über Fakten und Theorien (z.B. Verständnis über das Ohm'sche Gesetz), sondern auch ein Verständnis für die Strukturen eines Fachs (z.B. inwiefern sich die Thermodynamik von der klassischen Dynamik unterscheidet). Dies bedeutet zu verstehen und erklären zu können, auf welche Arten die Prinzipien des Fachs organisiert werden können und wie Evidenz in dem Fach generiert wird.

Pedagogical Content Knowledge (PCK) wird als pädagogisches Wissen bezeichnet, das über das Wissen über die Fachinhalte hinausgeht und zu einem Fachwissen für den Unterricht wird (Shulman, 1986, S. 9). Folglich wird PCK als Integration von PK und CK konzeptualisiert und meint das Wissen über die vielfältigen Möglichkeiten, fachliche Inhalte und deren Zusammenhänge effektiv und verständlich darzustellen (z.B. Nutzen von Inquiry-Based Learning, um den Prozess der Photosynthese zu lehren). Es ist hierbei wichtig zu verstehen, welches Vorwissen und welche (Fehl-)Vorstellungen Lernende besitzen, um daraus instruktionale Konsequenzen abzuleiten.

Die Definition von *Technological Knowledge (TK)* orientiert sich an dem Fluency of Information Technology-Modell (FITness; National Research Council, 1999). Wissen über digitale Medien zu haben, bedeutet in diesem Modell, dass digitale Medien im Arbeits- und im privaten Kontext effektiv genutzt werden können, dass deren Potenziale und Defizite für das Erreichen von bestimmten Zielen erkannt werden. Eine Lehrperson könnte also beispielsweise Synchronisationstools nutzen, um auf alle Medien von jedem digitalen Gerät aus zugreifen zu können. Ebenfalls wird eine kontinuierliche Auseinandersetzung mit neu aufkommenden Technologien wie Virtual Reality vorausgesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass ein fundiertes Wissen benötigt wird, um flexibel auf unterschiedliche Herausforderungen reagieren zu können.

Technological Content Knowledge (TCK) beschreibt das Wissen darüber, wie sich digitale Medien und Fachinhalte gegenseitig beeinflussen: So können digitale Medien einerseits neue Arten von Inhaltsrepräsentationen ermöglichen. Beispielsweise könnte eine Lehrperson erkennen, dass sich mithilfe von Virtual Reality die Zirkulation von Blutplättchen in der Blutbahn gut illustrieren lässt. Andererseits können digitale Medien die Repräsentation von Inhalten auch auf bestimmte Arten beschränken. Wenn etwa die mehrdimensionale Darstellung eines Objekts zentral für ein vertieftes Verständnis über das Objekt ist, sollte eine Lehrperson von einer 2D-Simulation absehen.

Technological Pedagogical Knowledge (TPK) bezieht sich auf das Wissen darüber, wie digitale Medien verschiedene Formen des Lehrens und Lernens positiv verändern bzw. unterstützen können. So weiß eine Lehrperson beispielsweise um den Nutzen von Audience Response Systems, das kognitive Engagement von Lernenden zu fördern. Aber auch Wissen darüber, inwiefern digitale Medien für bestimmte Lehr-Lernformen abträglich sein können, wird als TPK eingeordnet. Dass digitale Präsentationen durch Lehrpersonen Lernende oft in eine eher passive Rolle drängen, kann als ein solches Wissen verstanden werden. Dieser Wissensfacette kommt besondere Bedeutung zu, da viele digitale Medien nicht für den Einsatz im Bildungsbereich konzipiert werden.

Schließlich wird *Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK)* als Interaktion von CK, PK und TK und damit als eine Wissensform verstanden, die über alle drei Wissensfacetten hinausgeht. Jede Unterrichtssituation wird insofern als einmalig verstanden, als dass sie sich aus der individuellen Kombination der drei Wissensfacetten ergibt. Dies wird zum Beispiel deutlich, wenn es im Deutschunterricht darum gehen soll, einen Zeitschriftenartikel zum Thema Rassismus in Kleingruppen auf der Basis von Social Media-Beiträgen in einem kollaborativen Texteditor zu gestalten. Ein wichtiges Ziel sollte es deshalb sein, dass Lehrpersonen ein großes Maß an kognitiver Flexibilität hinsichtlich der komplexen, dynamischen Zusammenhänge der verschiedenen Wissensfacetten entwickeln.

Das TPACK-Rahmenmodell mit seinen hier illustrierten Wissensfacetten kann aus Sicht von Mishra und Koehler (2006) in dreierlei Hinsicht fruchtbar für die pädagogische Praxis und Forschung sein: (1) Durch die Konzeptualisierung des komplexen Prozesses der Implementation digitaler Medien und der dabei auftretenden Wechselwirkungen ermöglicht das TPACK-Rahmenmodell die *Beschreibung* von medienbezogenen Phänomenen. Konkret soll das TPACK-Rahmenmodell also als Sprache dienen, die beispielsweise helfen kann, die wechselseitigen Effekte bestimmter digitaler Medien (z.B. Visualisierungstool) und pädagogischen Konzepten (z.B. problemorientiertes Lernen) zu verdeutlichen und zu analysieren. (2) Des Weiteren ermöglicht es *Schlussfolgerungen* darüber, unter welchen Rahmenbedingungen effektive Lehre mit digitalen Medien stattfinden kann und welche Wirkmechanismen (z.B. Entwicklung von individuellen Wissensfacetten vor der Entwicklung von integrierten Wissensfacetten) einer erfolgreichen Implementation digitaler Medien zugrunde liegen. (3) Außerdem ermöglicht das TPACK-Rahmenmodell eine praktische *Anwendung*, indem sich mithilfe des Modells Förderansätze zur Entwicklung von mediendidaktischem Wissen kritisch beurteilen sowie effektive Förderansätze gestalten lassen. Bezugnehmend auf (2) und (3) gehen Koehler und Mishra (2008) davon aus, dass Kurse, die sich beispielsweise nur auf den reinen Erwerb von Wissen

über die Bedienung von digitalen Medien (TK) konzentrieren, zu kurz greifen. Sie empfehlen außerdem, in der Aus- und Weiterbildung die Förderung der TPACK-Facetten auf der Basis von bekannteren (digitalen) Medien zu starten und erst anschließend unbekannte, komplexere digitale Medien einzusetzen. Dabei sollten solche Formate wie problemorientiertes bzw. fallbasiertes Lernen (vgl. 5.1) priorisiert werden, die einen praxisorientierten Erwerb der TPACK-Facetten ermöglichen.

2.3 Rezeption des TPACK-Rahmenmodells

Das TPACK-Rahmenmodell hat in den letzten Jahren sowohl in der Forschung als auch in der pädagogischen Praxis sehr viel Beachtung erfahren (Herring, Koehler et al., 2016). Alleine bis 2017 sind über 1.200 Publikationen entstanden, die das TPACK-Rahmenmodell als Grundlage verwenden (Harris et al., 2017). Dabei nimmt die Anzahl der Publikationen kontinuierlich zu (Chai et al., 2013; Koehler, Shin & Mishra, 2012; Rodríguez Moreno, Agreda Montoro & Ortiz Colón, 2019; Wu, 2013). Auch die große Anzahl an Reviews zu unterschiedlichen Aspekten des Modells verdeutlicht dessen Prominenz in der Wissenschaft (z.B. Archambault, 2016; Chai et al., 2013; Koehler et al., 2012; Rodríguez Moreno et al., 2019; Rosenberg & Koehler, 2015; Voogt, Fisser, Roblin, Tondeur & van Braak, 2013; W. Wang, Schmidt-Crawford & Jin, 2018; Willermark, 2018; Wu, 2013). Deshalb soll im Folgenden eine strukturierte Zusammenschau der Rezeption des TPACK-Rahmenmodells erfolgen, die forschungstheoretische und -praktische Schlüsse für die vorliegende Arbeit zulässt. Dabei werden die theoretische Konzeptualisierung der TPACK-Facetten, deren empirische Erfassung sowie Schwerpunkte und Lücken der empirischen Forschung zum TPACK-Modell beleuchtet.

2.3.1 Theoretische Konzeptualisierung der TPACK-Facetten

Mit Blick auf die theoretische Konzeption des TPACK-Konstrukts und seinen Facetten kristallisieren sich in den letzten Jahren unterschiedliche, teilweise konkurrierende Sichtweisen zur Beschaffenheit von TK und den T-integrierten Wissensfacetten, zur lehr-lerntheoretischen Ausrichtung sowie zur Beschaffenheit der TPACK-Facetten heraus. Diese sollen im Folgenden vorgestellt werden. Außerdem werden jeweils Konsequenzen für die vorliegende Arbeit gezogen.

2.3.1.1 Verständnis von TK und den T-integrierten Wissensfacetten

Eine zentrale epistemologische Frage bezüglich des TPACK-Konstrukts ist die nach der *Beschaffenheit von TK* sowie den integrierten Wissensfacetten, die TK beinhalten (TPK, TCK und

TPACK). Zunächst geht es hierbei um die Frage, ob es sich bei TK und den resultierenden integrierten Wissensfacetten ausschließlich um Wissen über digitale Medien im Sinne von Informations- und Kommunikationstechnologien handelt oder ob darunter auch andere, nicht-digitale bzw. analoge Medien zu verstehen sind (wie z.B. die Tafel oder Schulbücher). Es zeigt sich, dass sich der größere Teil der TPACK-Studien ausschließlich auf digitale Medien bezieht (Voogt et al., 2013). Beispielsweise schlagen Lee und Tsai (2010) eine Spezifikation des TPACK-Rahmenmodells vor (TPCK-W), das Wissensfacetten beinhaltet, die Lehrkräfte für den Einsatz des World Wide Web im Unterrichtskontext benötigen (z.B. Wissen über webbasierte Kommunikation). Publikationen, die TK als Wissen über den Einsatz aller Arten von Medien konzipieren, sind größtenteils unter Mitwirkung von Koehler und Mishra entstanden (Voogt et al., 2013). Beispielsweise definierten Harris, Mishra und Koehler (2009) zur Unterstützung von Lehrkräften bei der Integration von digitalen Medien im Unterricht jeweils passende Medien für die Durchführung von 42 typischen Arten von Lernaktivitäten in den Sozialwissenschaften. Auch wenn hier fast ausschließlich digitale Medien vorgeschlagen werden, sind auch analoge Medien wie Bücher zu finden.

In der vorliegenden Arbeit soll dem Verständnis von TK als Wissen über digitale *und* analoge Medien gefolgt werden. Wenn im Folgenden also von TK oder T-integrierten Wissensfacetten (TPK, TCK oder TPACK) gesprochen wird, beinhaltet dies nicht nur ausschließlich Wissen über digitale Medien und ihren Einsatz, sondern auch über analoge Medien und ihre pädagogisch und inhaltlich angemessene Nutzung. Zentral für dieses Verständnis ist die Annahme, dass Abwägungen über die adäquate Implementation digitaler Medien in einem Lehr-Lernkontext auch erfordern, die Chancen und Grenzen analoger Medien in Betracht zu ziehen. Anders als in bisherigen Arbeiten, die entweder nur einen Fokus auf digitale Medien legten oder nicht weiter zwischen dem Wissen im Umgang mit digitalen und analogen Medien unterschieden, soll das Augenmerk deshalb auf dem Zusammenspiel des Wissens im Umgang mit digitalen und analogen Medien liegen. Dabei kann eine *interindividuelle Betrachtung* des Wissens im Umgang mit digitalen und analogen Medien umfassendere Informationen zu den unterschiedlichen Voraussetzungen von Lehrpersonen für mediengestütztes Lehren und Lernen liefern sowie Anhaltspunkte für deren differenzielle Förderung bieten. Auf Basis einer *intraindividuellen Betrachtung* können zudem Aussagen dazu getroffen werden, inwiefern Lehrpersonen die Potenziale digitaler Medien im Vergleich zu analogen Medien zu einem unterschiedlichen Grad zu nutzen wissen. In der vorliegenden Arbeit soll sowohl eine interindividuelle als auch eine intraindividuelle Betrachtung des Wissens im Umgang mit digitalen und analogen

Medien liegen. Dabei wird das Lehren und Lernen mit digitalen Medien im Folgenden als *technologiegestützt* bezeichnet. Lehren und Lernen, das ohne Unterstützung von digitalen Medien bzw. mit analogen Medien stattfindet, soll demgegenüber als *nicht-technologiegestützt* benannt werden.

2.3.1.2 Lehr-lerntheoretische Ausrichtung des TPACK-Rahmenmodells

Ein weiterer theoretischer Aspekt, der bislang wenig Beachtung erfahren hat, ist die *lehr-lerntheoretische Ausrichtung* des TPACK-Rahmenmodells. Mit anderen Worten macht das TPACK-Rahmenmodell keine Aussage zu (technologiegestützten) Instruktionsansätzen, die zum Erreichen von bestimmten Lernzielen besser oder weniger gut geeignet sind (Brantley-Dias & Ertmer, 2013). Gerade der lehr-lerntheoretischen Ausrichtung kommt jedoch in zweierlei Hinsicht große Bedeutung zu: Erstens weisen Studien darauf hin, dass insbesondere das PK von Lehrpersonen, d.h. das Wissen über Lehr-Lernansätze, von prädiktiver Kraft für die Entwicklung von integrierten Wissensfacetten wie TPK und TPACK (z.B. Benson & Ward, 2013; Chai, Koh & Tsai, 2010; Lachner, Backfisch & Stürmer, 2019). Beispielsweise konnten Lachner et al. (2019) mithilfe von objektiven Wissenstests zeigen, dass das PK von Lehrkräften einen positiven Effekt auf ihr TPK hatte, jedoch nicht ihr TK. Zweitens wird die Frage nach adäquaten Instruktionsansätzen beim Einsatz digitaler Medien im Hinblick auf die Förderung der sogenannten *21st Century Skills* zentral, zu denen zumeist Kollaboration, Kommunikation, soziale Kompetenz, Medienkompetenz, Kreativität, Problemlösen, kritisches Denken und Produktivität gezählt werden (Voogt & Roblin, 2012). Lernende sollen diese Fertigkeiten erwerben, um auf zukünftige Herausforderungen der digitalen und vernetzten Welt vorbereitet zu sein (Partnership for 21st Century Learning, 2015, 2019). Zur Förderung dieser Fertigkeiten werden insbesondere *konstruktivistische Ansätze* als geeignet angesehen, da sie in Einklang mit den 21st Century Skills die Bedeutung der Lernenden und ihrer Lernprozesse stärker in den Vordergrund stellen (Angeli & Valanides, 2009; Chai et al., 2013; Olofson et al., 2016). Allerdings fanden konstruktivistische Ideen bis auf Ausnahmen bisher kaum Eingang in die Konzeptualisierung der TPACK-Facetten (z.B. Arbeitsgruppe um Chai und Koh: Chai, Koh & Tsai, 2011; Chai, Koh, Tsai & Tan, 2011; Koh, 2013; Koh, Chai & Lim, 2017). Ein Ziel dieser Arbeit soll es daher sein, die TPACK-Facetten von Lehrpersonen auf Basis konstruktivistischer Perspektiven auf Lehr-Lernprozesse auszudifferenzieren (vgl. Kapitel 3).

2.3.1.3 Beschaffenheit der TPACK-Facetten

Neben den bisher erläuterten epistemologischen Fragen, die die TPACK-Facetten betreffen, steht eine weitere zentrale Frage im Raum: Was bedeutet es, TPACK „zu haben“? Hier lassen

sich grob zwei Enden eines Kontinuums an Konzeptionen unterscheiden. Dabei bilden Ansätze, die *TPACK als Wissen* verstehen (z.B. Cheng & Xie, 2018; Jang & Tsai, 2013) das eine Ende dieses Kontinuums und Ansätze, die *TPACK als Performanz* verstehen (z.B. Kafyulilo, Fisser & Voogt, 2015) das andere Ende (siehe Abbildung 2; Willermark, 2018). Zwischen diesen beiden Enden befinden sich Ansätze, die *TPACK als situationsspezifische Fertigkeit* konzeptualisieren (z.B. Koh, 2013).

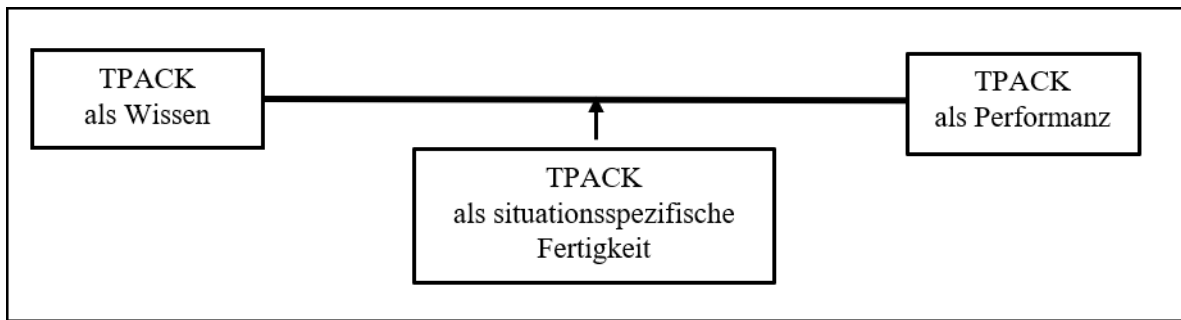


Abbildung 2. Kontinuum zwischen *TPACK als Wissen* und *TPACK als Performanz*. Anmerkung. In Anlehnung an Wekerle und Kollar (2021) und Willermark (2018).

Während sich *TPACK als Wissen* auf Wissen über Konzepte, Regeln oder Prozeduren bezieht, lässt sich *TPACK als Performanz* nur in Form des Handelns in konkreten Lehrsituationen feststellen (Willermark, 2018, S. 318). *TPACK als situationsspezifische Fertigkeit* manifestiert sich in der Planung und Reflexion von Unterrichtshandlungen. Diese Kategorisierung steht im Einklang mit neueren Vorstellungen von Kompetenz als Kontinuum, in welchen Dispositionen im Sinne von kognitiven und affektiv-motivationalen Traits das eine Ende, die Performanz im Sinne eines beobachtbaren Verhaltens das andere Ende darstellen und die Wahrnehmung und Interpretation von Handlungssituationen als Vermittler dieser beiden Enden gelten (vgl. Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015).

Bisher dominiert in der Forschung eindeutig die Konzeption „TPACK als Wissen“ gegenüber der Sichtweise „TPACK als Performanz“ und „TPACK als situationsspezifische Fertigkeit“ (Chai, Koh & Tsai, 2016; Voogt et al., 2013; Willermark, 2018). TPACK als situationsspezifische Fertigkeit wird in der TPACK-Forschung am häufigsten in Form der Planung von Lehr-Lernumgebungen untersucht (Willermark, 2018). Die Reflexion von Lehr-Lernumgebungen in Form der Wahrnehmung und Interpretation von Unterrichtssituationen fand bisher jedoch kaum Eingang in die TPACK-Forschung (Harris et al., 2017). Sie wird in anderen Forschungsbereichen in dem Konstrukt der professionellen Unterrichtswahrnehmung zusammengefasst und untersucht (z.B. Seidel & Stürmer, 2014; van Es & Sherin, 2008). Ein Ziel dieser Arbeit soll es sein, ein besseres Verständnis für die unterschiedlichen TPACK-Konzeptionen

auf dem Kontinuum zu erhalten. Ein besonderer Fokus soll dabei auf das Konstrukt der professionellen Unterrichtswahrnehmung als situationsspezifische Fertigkeit gelegt werden (vgl. Kapitel 4).

2.3.2 Empirische Erfassung der TPACK-Facetten

Das unterschiedliche theoretische Verständnis der TPACK-Facetten spiegelt sich auch in der Diversität der verwendeten Ansätze zu ihrer empirischen Erfassung wider. Deshalb sollen im Folgenden die Untersuchungskontexte und Stichproben in der TPACK-Forschung beleuchtet werden. Außerdem werden die eingesetzten Messinstrumente näher beschrieben, und zwar Selbsteinschätzungsinstrumente, objektive Wissenstests, die Analyse von Unterrichtsplänen, die Analyse der Reflexion von Lehrsituationen sowie die Beobachtung unterrichtlichen Handelns.

2.3.2.1 Untersuchungskontexte und Stichprobe

Während ein Großteil der Forschung zu TPACK im US-amerikanischen Kontext stattfindet (Chai et al., 2013), basieren inzwischen in vielen Ländern auch nationale Forschungsvorhaben zum digitalen Medieneinsatz im Bildungsbereich auf dem TPACK-Rahmenmodell (z.B. in Deutschland der Länderindikator; Endberg & Lorenz, 2017). Der fachinhaltliche Kontext, in welchem die TPACK-Studien stattfinden, wird in vielen Fällen nicht definiert (Voogt, 2013; Willermark, 2018) oder die TPACK-Facetten werden unabhängig vom Fachinhalt thematisiert (Wu, 2013). Unter den inhaltspezifischen Studien werden die TPACK-Facetten am häufigsten im Kontext der Naturwissenschaften untersucht (Chai et al., 2013; Willermark, 2018; Wu, 2013). Der Mehrheit der TPACK-Publikationen folgend, sollen in der vorliegenden Arbeit allgemeinere, inhaltsunabhängige Erkenntnisse über technologiegestütztes Lehren und Lernen erlangt werden, die für alle Lehrpersonen von Relevanz sind (Gerhard et al., 2020). Deshalb werden fachinhaltliche Aspekte im empirischen Teil dieser Arbeit nur am Rande thematisiert und nur zur *TPK-Facette* empirische Aussagen getroffen. Im theoretischen Teil dieser Arbeit werden jedoch sowohl fachinhaltlich eingebettete als auch inhaltsunabhängige Arbeiten berücksichtigt.

Betrachtet man, welche Populationen in der TPACK-Forschung untersucht werden, so fällt auf, dass diese zu einem überwiegenden Teil Lehramtsstudierende und Lehrkräfte sind (Koehler et al., 2012; Willermark, 2018; Wu, 2013), während Hochschullehrende bzw. Lehrerbildner*innen und ihre TPACK-Entwicklung bisher kaum im Fokus der TPACK-Forschung standen (vgl. Chai et al., 2016; Herring, Meacham & Mourlam, 2016; Willermark, 2018; Wu, 2013). Allerdings kommt gerade Lehrerbildner*innen eine zentrale Funktion hinsichtlich der

Vorbereitung von Lehramtsstudierenden auf den zukünftigen Einsatz von digitalen Medien im Unterricht zu (Goktas, Yildirim & Yildirim, 2009; Tondeur et al., 2012). So zeigen sich positive Zusammenhänge zwischen der erlebten Art des Medieneinsatzes im Studium und der Art des eigenen Medieneinsatzes von praktizierenden Lehrkräften (Sailer, Murböck & Fischer, 2017). Gleichzeitig weiß man bisher wenig über die TPACK-Facetten von Lehrerbildner*innen und darüber, wie sie selbst digitale Medien im Rahmen ihrer Lehrveranstaltungen verwenden (Nelson, Voithofer, Cheng & Sheng-Lun, 2019). Diese Arbeit bezieht deshalb neben Lehrkräften und Lehramtsstudierenden auch Lehrerbildner*innen ein, mit dem Ziel, für alle Bildungskontexte, die für das technologiegestützte Lernen von Schüler*innen zentral sind, Aussagen über das TPK von Lehrpersonen zu treffen.

2.3.2.2 Messinstrumente

In der bisherigen Forschung werden die TPACK-Facetten am häufigsten über *Selbsteinschätzungsfragebögen* gemessen (Chai et al., 2016; Koehler et al., 2012; Voogt et al., 2013; Willermark, 2018). Beispielsweise entwickelten D. A. Schmidt et al. (2009) ein Instrument, das eine reliable und valide Messung aller selbsteingeschätzten TPACK-Facetten (TK, CK, PK, PCK, TCK, TPK, TPACK) von Lehramtsstudierenden ermöglichen soll, welche allerdings nicht immer erfolgreich repliziert werden konnte (z.B. Archambault & Barnett, 2010; Scherer, Tondeur & Siddiq, 2017; Shinas, Yilmaz-Ozden, Mouza, Karchmer-Klein & Glutting, 2013). Deshalb und aufgrund allgemeiner Validitätseinschränkungen (Akyuz, 2018; Brantley-Dias & Ertmer, 2013; Drummond & Sweeney, 2017; Kopcha, Ottenbreit-Leftwich, Jung & Baser, 2014; Pekrun, 2020) wird in Frage gestellt, ob es sich bei Selbsteinschätzungsinstrumenten überhaupt um einen Indikator für das tatsächliche Wissen oder nicht eher um einen Indikator für die Selbstwirksamkeit einer Lehrperson handelt (Lawless & Pellegrino, 2007; Scherer et al., 2017). Trotzdem lässt sich die Messung der TPACK-Facetten auf Basis von Selbsteinschätzungen vor dem Hintergrund unterschiedlicher Argumente rechtfertigen. So bieten Selbsteinschätzungsinstrumente nicht nur den Vorteil der ökonomischen Messung (Pekrun, 2020; Scherer et al., 2017), sondern auch die Möglichkeit, Konstrukte in ihrer Vielschichtigkeit detaillierter erfassen zu können als mit anderen Messinstrumenten (Pekrun, 2020). Zudem zeigte sich in Studien, dass Selbstwirksamkeit in substanziellem Ausmaß Varianz im zukünftigen Handeln von Lehrpersonen und im Lernerfolg und der Motivation von Lernenden aufklärt (z.B. Sánchez-Prieto, Olmos-Migueláñez & García-Peñalvo, 2017; Zee & Koomen, 2016).

Eine Alternative zur Erfassung wissensnäherer TPACK-Facetten bilden *objektive Wissenstestinstrumente*, die sich bereits für die Erfassung von Wissensfacetten wie PK und PCK (z.B. König & Blömeke, 2010; Krauss et al., 2008; Kunina-Habenicht et al., 2020; Park, Suh &

Seo, 2018) etabliert haben, für T-integrierte Wissensfacetten (z.B. Lachner et al., 2019) aber noch kaum entwickelt wurden. Ein Beispiel für ein Instrument zur Erfassung des konzeptuellen TPK von Lehrpersonen stammt von Lachner et al. (2019). Hierbei wurde mithilfe zweier Skalen in Form von Multiple Choice-Items Wissen über psychologische Prinzipien des Lehrens und Lernens mit digitalen Medien (z.B. „Digitale Informations- und Kommunikationstechnologien bieten als kognitive Werkzeuge das Potenzial, das Selbstkonzept von Lernenden zu fördern.“) und Wissen über die Potenziale von digitalen Bildungsmedien für die Lehre (z.B. „Simulationen sind besonders geeignet, um Lernenden ein summatives Feedback auf ihre Leistung zu geben.“) erfasst. Itembasierte Wissenstests teilen mit Selbsteinschätzungsinstrumenten nicht nur Vorteile wie die Ökonomie (Lachner et al., 2019), sondern können darüber hinaus auch Limitationen wie Antwortverzerrungen ausgleichen.

Neben Fragebögen zur Selbsteinschätzung und itembasierten Wissenstests kommen in TPACK-Studien auch performanznähere Messverfahren zum Einsatz, allerdings zu einem weit- aus geringeren Ausmaß (Voogt et al., 2013; Willermark, 2018). Unter diesen stellt die Messung der TPACK-Facetten über die *Analyse von Unterrichtsplänen* einen beliebten Ansatz dar (Willermark, 2018). Beispielsweise untersuchten Kramarski und Michalsky (2010) die Effekte von metakognitiven Prompts auf die TPACK-Entwicklung von Lehramtsstudierenden in Form von Unterrichtsplänen, die die Studierenden erstellen sollten. Die Bewertung der Unterrichtspläne erfolgte anhand der Kriterien „Identifikation von Lernzielen“, „Auswahl von Inhalten“, „Entwicklung von didaktischem Material“ und „Design der Lernumgebung“. Die Bewertung von Unterrichtsplänen ist ein wichtiges Instrument zur Messung von situationsspezifischen Fertigkeiten, da die Erstellung von Unterrichtsplänen erstens eine für Lehrpersonen alltägliche und zentrale lehrvorbereitende Aktivität darstellt (Willermark, 2018) und zweitens einen Einblick in die didaktische Entscheidungsfindung von Lehrpersonen ermöglicht (Harris, Grandgenett & Hofer, 2010; Willermark, 2018). Des Weiteren kann diese Art der Messung in der Lehrer*innenausbildung als eine Alternative zu einer ausschließlich performanzorientierten Messung (d.h. Beobachtung der Implementation von Unterricht) fungieren, die aufgrund der eingeschränkten Möglichkeiten von Lehramtsstudierenden, tatsächlich zu unterrichten, oft schwierig zu realisieren ist (Harris et al., 2010). Die Güte dieser Art der Messung kann jedoch durch verschiedene Faktoren eingeschränkt werden. Ausgehend von der Kritik von Brantley-Dias und Ertmer (2013) und Willermark (2018) sollte deshalb vorab ein Schema mit konkreten Bewertungskriterien entwickelt werden, das sich unabhängig von spezifischen Bildungskontexten (z.B. Studiengang oder Weiterbildungskurs) und auf Unterrichtspläne mit unterschiedlichem

Detailgrad anwenden lässt, um beispielsweise auch abstrakte Unterrichtspläne von erfahrenen Lehrkräften einbeziehen zu können.

Eine zweite Möglichkeit, die TPACK-Facetten auf der Basis von verhaltensnahen Unterrichtsartefakten zu messen, stellt die *Analyse der Reflexionsprozesse von Lehrpersonen über reale oder fiktive Lehrsituationen* dar. Von dieser wurde bisher zu einem sehr viel geringeren Ausmaß Gebrauch gemacht als von den anderen beschriebenen Methoden (Willermark, 2018). Beispielsweise bewerteten Kramarski und Michalsky (2010, ebenso 2009) die Unterrichtsreflexion von Lehramtsstudierenden mithilfe von zehn offenen Fragen zu einer für die Studie entwickelten Unterrichtseinheit. Die offenen Fragen waren den fünf Bewertungsdimensionen „Verständnis“, „Anwendung“, „Analyse“, „Synthese“ und „Evaluation“ zugeordnet. Ähnlich wie Unterrichtspläne bietet auch diese Art der Messung Einblicke in die Kognitionen der Lehrpersonen und lässt sich insbesondere im Kontext der Lehrer*innenbildung gut anwenden. Allerdings sollte eine gewisse Art von Standardisierung gewährleistet werden, indem Bewertungskriterien etabliert werden und ein kontext- und zielgruppenunabhängiger Einsatz angestrebt wird.

Studien, in denen die Messung der TPACK-Facetten mithilfe von Instrumenten zur *Beobachtung des unterrichtlichen Handelns* von Lehrpersonen in fiktiven oder realen Lehrsettings anvisiert wird, wurden bisher ebenfalls verhältnismäßig selten durchgeführt (W. Wang et al., 2018; Willermark, 2018). Beispielsweise untersuchte Hsu (2012) in einer qualitativen Studie die Effekte von drei universitären Kursen zu digitalen Bildungsmedien auf die TPACK-Entwicklung von Lehramtsstudierenden. Basierend auf Empfehlungen zur konstruktivistischen Verwendung von digitalen Medien (Doering & Roblyer, 2009) wurde zur Analyse eine Checkliste genutzt, die nach vier möglichen Rollen des Mediums differenzierte: „Förderung von Problemlöse- und metakognitiven Fertigkeiten“, „Förderung von Wissenstransfer“, „Förderung von Kollaborationsfertigkeiten“ und „Förderung von verteilter Intelligenz“. Während ein sehr großer Vorteil der Beobachtung der Implementation von digitalen Medien in Lehr-Lernsettings im Vergleich zu anderen Methoden darin liegt, dass sie am stärksten situiert ist (Willermark, 2018), können bei dieser Art der Messung allerdings keine Aussagen dazu getroffen werden, welche lehrpersonseitigen Abwägungsprozesse bestimmten Handlungen zugrundeliegen (Harris et al., 2010). Des Weiteren kann die Beobachtung auch stark durch Vorannahmen oder bestimmte Eindrücke der Beobachtenden beeinflusst werden (Brantley-Dias & Ertmer, 2013). Es wird deshalb die Ergänzung von Beobachtungen durch andere Datenquellen vorgeschlagen (Harris et al., 2010; Willermark, 2018), wie dies beispielsweise bei Hsu (2012) und anderen (Figg & Jaipal, 2009; Kafyulilo et al., 2015) erfolgte. Auch wenn dieser Ansatz die interne Validität der

Ergebnisse erhöhen kann, wurde er bisher nur auf sehr kleine Stichproben angewendet (Hughes, Cheah, Shi & Hsiao, 2020). Ebenfalls bleibt trotz der Vielperspektivität dieses Ansatzes die Wahrnehmung des unterrichtlichen Handelns der Lehrperson durch die Lernenden meistens unberücksichtigt (Shih & Chuang, 2013). Vor dem Hintergrund, dass sich Lernendeneinschätzungen zum lehrbezogenen Verhalten von Lehrpersonen als durchaus valide erwiesen haben (E. Fischer & Hänze, 2019), erscheint die Untersuchung der Implementation digitaler Medien in Lehr-Lernsettings in Form der Beobachtung durch Lernende ein vielversprechender Ansatz zur Messung der TPACK-Facetten (Shih & Chuang, 2013).

Die in der TPACK-Forschung eingesetzten Messinstrumente stehen in einem engen Zusammenhang zur Frage, ob die TPACK-Facetten eher als Wissen oder Performanz verstanden werden (vgl. 2.3.1.3). Während selbsteingeschätzte TPACK-Facetten via Fragebögen oder objektive Wissenstest eher dem Wissenspol zugeordnet werden können, befinden sich die Bewertungen von Unterrichtsplänen in fiktiven und realen Settings sowie Unterrichtsreflexionen mehr zwischen den beiden Polen Wissen und Performanz und können als Messung von situations-spezifischen Fertigkeiten verstanden werden. Die Beobachtung unterrichtlichen Handelns ist demgegenüber näher bzw. direkt am Performanzpol angesiedelt (Willermark, 2018). Da alle Verfahren entlang des Kontinuums ihre spezifischen Stärken und Schwächen aufweisen, wird je nach Studie auf eine oder mehrere der beschriebenen Erfassungsmethoden zurückgegriffen, um die jeweiligen kontextspezifischen Stärken der Messinstrumente zu nutzen. Eine Zuordnung der Erfassungsmethoden entlang der Studien wird in der Konzeptualisierung der Forschungsinteressen vorgenommen (vgl. 2.4).

2.3.3 Schwerpunkte und Lücken empirischer Forschung zum TPACK-Rahmenmodell

Nachdem ein Überblick über die Ansätze zur empirischen Erfassung der TPACK-Facetten gegeben wurde, soll das Ziel in diesem Unterkapitel darin liegen, bisherige Forschungsschwerpunkte und exemplarische Befunde zu den Zusammenhängen der TPACK-Facetten mit weiteren Konstrukten darzustellen, um relevante Forschungslücken zu identifizieren und Konsequenzen für die vorliegende Arbeit zu extrahieren. Es werden Einflussfaktoren auf die TPACK-Facetten, Effekte der TPACK-Facetten auf den Lernerfolg von Lernenden und Ansätze zur instruktionalen Förderung der TPACK-Facetten thematisiert.

2.3.3.1 Einflussfaktoren auf die TPACK-Facetten

Während der Fokus der TPACK-Forschung lange Zeit auf das Modell selbst und seine Wissensfacetten gerichtet war, lässt sich inzwischen ein immer größeres Interesse an Einfluss- bzw. Kontextfaktoren feststellen, die der Entwicklung der TPACK-Facetten zugrunde liegen. Dies

wird beispielsweise an den Ergebnissen eines Reviews von Rosenberg und Koehler (2015) deutlich, die TPACK-Publikationen daraufhin untersuchten, ob in diesen Kontextfaktoren beschrieben, erklärt oder operationalisiert wurden. Es zeigte sich, dass mehr als ein Drittel der untersuchten TPACK-bezogenen Publikationen ihren Einfluss auf die TPACK-Facetten thematisierte, wobei die Anzahl der Publikationen über die Zeit zunahm (Rosenberg & Koehler, 2015). Hinsichtlich der Ebenen, auf welchen die Kontextfaktoren angesiedelt sind, wurden am wenigsten gesellschaftliche Rahmenbedingungen (Makrolevel), am häufigsten Faktoren der Lernumgebung bzw. des Klassenzimmers (Mikrolevel) und zu einem ebenfalls beträchtlichen Maße institutionelle Rahmenbedingungen (Mesolevel) aufgeführt. Hinsichtlich der Akteur*innen wurden lehrpersonseitige Einflussfaktoren (z.B. Einstellungen) etwas häufiger als lernenseitige Einflussfaktoren (z.B. Vorwissen) beleuchtet (Rosenberg & Koehler, 2015).

Eine Studie, die die Zusammenhänge von *lehrpersonseitigen Einflussfaktoren* und den TPACK-Facetten empirisch erfasst hat, stammt von Cheng und Xie (2018). Hier wurde untersucht, welchen Einfluss das Alter, die Qualifikation, das Unterrichtsfach, die Schulform, das Geschlecht, die Lehrerfahrung, die Erfahrung mit digitalen Medien und die Wertüberzeugungen hinsichtlich der Bewertung und Integration digitaler Medien im Unterricht auf die selbst eingeschätzten TPACK-Facetten von Lehrkräften haben. Es zeigte sich, dass nur die letzteren vier Faktoren prädiktiv für TPACK-Facetten von Lehrkräften waren. Während Lehrerfahrung negativ mit TK und seinen integrierten Wissensfacetten assoziiert war, konnten positive Assoziationen zwischen (männlichem) Geschlecht, Erfahrung mit digitalen Medien sowie den Wertüberzeugungen zu digitalen Medien im Unterricht und TK sowie seinen integrierten Wissensfacetten gefunden werden. CK, PK und PCK wurden allerdings nicht von den vier Variablen vorhergesagt. Andere Studien kamen zu vergleichbaren Ergebnissen. Teilweise wurden jedoch auch positive Effekte von Lehrerfahrung auf PK, CK oder PCK gefunden (vgl. Jang & Tsai, 2013; Koh, Chai & Tsai, 2014; Liang, Chai, Koh, Yang & Tsai, 2013; Liu, Zhang & Wang, 2015).

Allen diesen Studien ist gemein, dass sie nur zentrale lehrpersonseitige Einflussfaktoren auf wissensnähere TPACK-Facetten betrachteten. Der Einfluss dieser Faktoren auf performanznähere TPACK-Facetten wurde bisher jedoch in einem sehr viel geringeren Maße untersucht (Backfisch et al., 2020). Gleichzeitig zeichnen sich die Studien dadurch aus, dass sie nur korrelative Zusammenhänge berichteten und eine große Anzahl und/oder Bandbreite an Lehrkräften als Stichprobe anvisierten, aber nicht zwangsläufig Lehrkräfte untersuchten, die über eine hohe *medienbezogene Lehrexpertise* im Sinne von hoher *Lehrerfahrung*, *Erfahrung mit digitalen Medien* und ausgeprägtem *(T)PK als Wissen* verfügen. Folglich ermöglicht diese Art

der Untersuchung nur in einem eingeschränkten Maße die Definition von empirisch fundierten Zielperspektiven bzw. Kriterien für die TPACK-Entwicklung von Lehrpersonen. In der vorliegenden Arbeit werden deshalb im Rahmen von Studie 1 die Effekte von medienbezogener Lehrexpertise auf performanznäheres TPACK fokussiert. Dabei soll eine Orientierung am Experten-Novizen-Paradigma (Chi, 2006) der Expertiseforschung erfolgen, das einerseits die Festlegung von Lernzielen auf Basis der von Expert*innen (z.B. medienerfahrene Lehrkräfte) demonstrieren Kompetenzen und andererseits die Einschätzung der Voraussetzungen von Noviz*innen (z.B. medienunerfahrene Lehramtsstudierende) zulässt (Auerbach, Higgins, Brickman & Andrews, 2018) und somit Anhaltspunkte für die Förderung der TPACK-Entwicklung von Lehrpersonen bietet.

2.3.3.2 Effekte der TPACK-Facetten auf den Lernerfolg von Lernenden

Neben der Auseinandersetzung mit den Einflussfaktoren auf die TPACK-Facetten erscheint es vor dem Hintergrund der Frage nach der Nutzung der lernbezogenen Potenziale digitaler Medien ebenfalls relevant, sich mit den Effekten der TPACK-Facetten auf den Lernerfolg von Lernenden zu beschäftigen. Dies erfolgte indirekt bei Koh et al. (2017) im Rahmen einer Interventionsstudie, in der Lehrkräfte in Designteams eine ausgewählte technologiegestützte Unterrichtsstunde mithilfe von an konstruktivistischen Prinzipien orientierten TPACK-Bewertungsschemata überarbeiteten und anschließend implementierten. Es zeigte sich ein positiver Effekt der Arbeit in den Designteams auf das selbsteingeschätzte TPACK von Lehrkräften. Außerdem konnten sechs der sieben Designteams mit ihren überarbeiteten Unterrichtsstunden den Lernerfolg ihrer Schüler*innen verbessern. Auch wenn auf der Basis der Ergebnisse Zusammenhänge zwischen TPACK und dem Lernerfolg der Schüler*innen anzunehmen sind, wurden diese allerdings nicht direkt untersucht.

Studien, die den genannten Zusammenhang explizit untersuchen, sind in der TPACK-Forschung weiterhin sehr rar (Endberg, 2019; Koh et al., 2017). Diese Herangehensweise wäre jedoch notwendig, um die prognostische Validität des TPACK-Rahmenmodells zu gewährleisten bzw. zu stärken. In dieser Arbeit sollen deshalb in Studie 2 die Effekte von TPK auf den Lernerfolg von Lernenden untersucht werden.

2.3.3.3 Instruktionale Förderung der TPACK-Facetten

Die Frage nach einer adäquaten instruktionalen Förderung der TPACK-Entwicklung von Lehramtsstudierenden hat bereits viel Raum in der TPACK-Forschung eingenommen (für einen

Überblick vgl. W. Wang et al., 2018). Die Förderansätze können dabei einerseits danach unterschieden werden, welche TPACK-Facetten sie fokussieren, andererseits danach, welche instruktionalen Methoden gewählt werden.

Hinsichtlich der *fokussierten TPACK-Facetten* lassen sich bezugnehmend auf Chai et al. (2013) diejenigen Förderansätze unterscheiden, die in einem ersten Schritt der Intervention die Entwicklung der integrierten Wissensfacetten (PCK, TCK, TPK, TPACK) und diejenigen, die in einem ersten Schritt die Entwicklung der grundlegenden Wissensfacetten (CK, PK, TK) fokussieren. Beispielsweise testeten Koh und Divaharan (2011) ein instruktionales Modell für die Entwicklung der TPACK-Facetten, das in einem ersten Schritt die Förderung einer integrierten Wissensfacette (TPK) vorsah. Lehrerbildner*innen sollten Lehramtsstudierenden die pädagogischen Potenziale von interaktiven Whiteboards illustrieren (TPK), indem sie ein interaktives Whiteboard für verschiedenen Aktivitäten im Rahmen eines Seminars nutzten. In der zweiten Phase wurde dann die Entwicklung von TK, TPK sowie TCK anvisiert. Zur Förderung von TK erfolgte eine Einführung in die Funktionen des Whiteboards. Anschließend konnten sich die Studierenden selbstgesteuert mit den Funktionen beschäftigen. Außerdem sollten sich Studierende verschiedene inhaltsbezogene Beispiele von Aktivitäten mit dem Whiteboard anschauen (TCK/TPK). In der letzten Phase entwickelten die Studierenden in Kleingruppen selbst Unterrichtseinheiten mit dem interaktiven Whiteboard (TPACK). Die Reflexionen der Lehramtsstudierenden ergaben, dass dieser Förderansatz mehr für den Erwerb von TK und TPK als von TCK und TPACK förderlich war.

Angeli und Valanides (2009) entwickelten hingegen einen Förderansatz (*Technology Mapping*), bei dem der erste Schritt darin besteht, eine grundlegende TPACK-Facette zu entwickeln: Lernende sollen dazu befähigt werden, Themen zu identifizieren, die innerhalb eines Fachgebiets schwierig zu vermitteln bzw. erlernen sind (CK). In einem darauffolgenden iterativen Prozess soll erlernt werden, die Potenziale digitaler Medien zur Entwicklung von Repräsentationen dieser Themen zu nutzen (TCK), sie auf die Bedürfnisse der Lehrpersonen anzupassen und adäquate instruktionale Ansätze zu deren Vermittlung zu nutzen (TPACK). Im Rahmen eines Seminars, in welchem Lehramtsstudierende mit diesem Ansatz arbeiteten, zeigten sich positive Veränderungen des TPACK der Lehramtsstudierenden von der ersten zur zweiten Designaufgabe.

Auch wenn sich empirisch bisher kein Förderansatz als überlegen herauskristallisiert hat (Koehler, Mishra, Kereluik, Shin & Graham, 2014), so erwies sich vor allem das *PK* von Lehrpersonen als wichtige Voraussetzung für die Entwicklung von TPK bzw. TPACK (vgl. 2.3.1.2; Benson & Ward, 2013; Chai et al., 2010; Krauskopf, Zahn & Hesse, 2012; Lachner et

al., 2019). Folglich liegt es nahe, in einer Fördermaßnahme in einem ersten Schritt den Erwerb von PK anzuvisieren.

Methodisch kristallisieren sich drei *instruktionale Ansätze* heraus, die sowohl bei der Förderung von Lehramtsstudierenden als auch Lehrkräften zum Einsatz kommen: (a) die Modellierung von technologiegestütztem Unterricht durch erfahrene Lehrpersonen, (b) die angeleitete (kollaborative) Planung sowie (c) die (kollaborative) Durchführung und Reflexion von technologiegestütztem Unterricht (Voogt et al., 2013). Eine Studie, die einen Modellierungsansatz (*Live Dual Modeling*) zur Förderung der TPACK-Facetten von Lehramtsstudierenden untersucht, stammt von Lu und Lei (2012). Der in der Studie verwendete Modellierungsansatz zeichnete sich dadurch aus, dass die Lehrerbildner*innen nicht nur eine technologiegestützte Unterrichtsstunde modellierten, in welcher die Lehramtsstudierenden als Schüler*innen agierten (Verhaltensmodellierung), sondern auch die Hintergründe ihres Vorgehens erläuterten (kognitive Modellierung). Es wurden positive Effekte auf das Verständnis von PK und CK als zusammenhängende Konstrukte (PCK) und den Transfer der Medienimplementation (TK) der Lehramtsstudierenden berichtet. Eine Studie, in der Lehrkräfte im Rahmen einer Weiterbildung technologiegestützten Unterricht in zwei Zyklen in Kleingruppen planten, durchführten und reflektierten, stammt von Kafyulilo et al. (2015). Unterstützt wurden die Gruppen durch eine Expertenperson, einen Leitfaden zur Kollaboration, Lernmaterial zur Nutzung in der Unterrichtsstunde und Ausarbeitungen beispielhafter technologiegestützter Unterrichtsstunden. Die Kombination dieser unterschiedlichen Weiterbildungselemente wirkte sich insbesondere positiv auf das selbsteingeschätzte TPACK aus. Es zeigte sich jedoch auch eine Verbesserung der Unterrichtspläne und Unterrichtsdurchführungen der Gruppen vom ersten zum zweiten Zyklus.

Die aufgeführten Förderansätze bzw. die beschriebenen Studienbeispiele verweisen auf die vielversprechende Rolle des Lernens in authentischen Kontexten, das als wichtige Voraussetzung für die Entwicklung von TPACK-Facetten verstanden wird (vgl. Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2010; Tondeur et al., 2012). Um diese Art der Erfahrungen im Kontext der Lehrer*innenbildung zu ermöglichen, wies Shulman bereits 1986 auf das *fallbasierte Lernen* als wichtiges Prinzip zum Erwerb von integriertem Wissen hin. Gerade vor dem Hintergrund, dass die kognitive Belastung für Lehramtsstudierende mit einem geringen Vorwissen bei dieser Art des Lernens sehr hoch sein kann (Sweller et al., 2019), hat sich allerdings auch die Notwendigkeit herausgestellt, diese Art des problemorientierten Lernens zu strukturieren (Kirschner, Sweller & Clark, 2006; Tondeur et al., 2012). In der TPACK-Forschung mangelt es jedoch weiterhin an Studien, die solche Strukturierungsmaßnahmen in experimentellen Settings systematisch untersuchen (N. Janssen & Lazonder, 2016), um Aussagen über deren differentielle Effekte auf

die TPACK-Entwicklung treffen zu können. Denn die überwiegende Mehrheit der Förderstudien sind als Pre-Post-Studien konzeptualisiert, die die Effektivität eines Gesamtansatzes untersuchen, der mehrere Unterstützungsmaßnahmen kombiniert (z.B. Studie von Kafyulilo et al., 2015). Konsequenterweise soll in Studie 3 die differentielle Wirksamkeit unterschiedlicher instruktionaler Fördermaßnahmen für die TPK-Entwicklung von Lehramtsstudierenden mithilfe einer experimentellen Studienanlage untersucht werden.

2.4 Fazit: Darstellung der Forschungsinteressen

Im Folgenden sollen die Forschungsinteressen der vorliegenden Arbeit illustriert werden, die sich aus der Rezeption des TPACK-Rahmenmodells ergeben. Hierzu wird eine Konzeptualisierung der relevanten Konstrukte rund um das TPACK-Rahmenmodell vorgenommen. Die Konzeptualisierung ist in Abbildung 3 zu sehen.

Erstens liegt der Fokus mit Blick auf das Ziel, fachinhaltsunabhängige Aussagen für alle Lehrpersonen treffen zu können (Gerhard et al., 2020), auf dem TPK anstatt dem TPACK von Lehrpersonen. Zweitens wird in der Konzeptualisierung das Spektrum an Arten von TPK auf Basis der unterschiedlichen theoretischen Vorstellungen (vgl. 2.3.1.3) in Form von drei Komponenten und deren Zusammenhängen abgebildet. Die Pole *TPK als Wissen* und *TPK als Performanz* stellen zwei dieser Komponenten dar. In Anlehnung an Blömeke et al. (2015) wird die zwischen den beiden Polen liegende Komponente als *TPK als situationsspezifische Fertigkeit* bezeichnet. Drittens werden sowohl *lehrpersonseitige Einflussfaktoren* (medienbezogene Lehrexpertise) auf TPK (vgl. 2.3.3.1) als auch dessen *instruktionale Förderung* (vgl. 2.3.3.3) abgebildet. Schließlich bleibt viertens die Konzeptualisierung nicht auf die Lehrperson und deren Wissen beschränkt, sondern berücksichtigt mit Blick auf die Frage der prädiktiven Kraft der TPACK-Facetten auch die Effekte von TPK auf den *Lernerfolg* von Lernenden (vgl. 2.3.3.2).

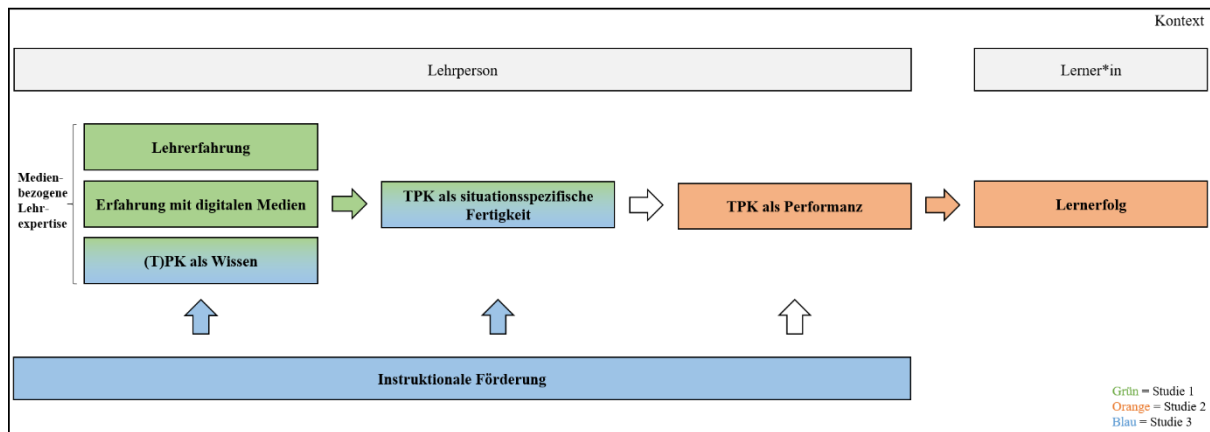


Abbildung 3. Darstellung der Forschungsinteressen basierend auf der Rezeption des TPACK-Rahmenmodells. *Anmerkung.* Grüne Kästen und Pfeile illustrieren die Studie *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften* (Studie 1). Orangene Kästen und Pfeile illustrieren die Studie *TPK und Lernerfolg* (Studie 2). Blaue Kästen und Pfeile illustrieren die Studie *Förderung von TPK* (Studie 3).

Im Rahmen dieser Konzeptualisierung sind ausgehend von der Rezeption des TPACK-Rahmenmodells drei Studien vorgesehen:

Die erste Studie *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften* wird durch die grünen Felder und Pfeile in Abbildung 3 illustriert. Grundlegend hierfür ist, dass bisher wenig über die Effekte von *lehrpersonseitigen Einflussfaktoren* auf *TPK als situationsspezifische Fertigkeit* bekannt ist (vgl. 2.3.3.1) und die Art der bisherigen TPACK-Forschung wenig Auskunft über empirisch fundierte Zielperspektiven für die Förderung der TPK-Entwicklung von Lehrpersonen bieten kann (vgl. 2.3.3.3). Entsprechend sollen im Einklang mit einem Experten-Novizen-Paradigma die *Unterrichtspläne* (vgl. 2.3.2.2) von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften mit *medienbezogener Lehrexpertise* verglichen werden. Vor dem Hintergrund, dass konstruktivistische Perspektiven in der Konzeptualisierung der TPK-Facetten von Lehrpersonen bisher kaum Berücksichtigung fanden (vgl. 2.3.1.2), wird das Interactive-Constructive-Active-Passive (ICAP)-Modell (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014) zur Messung der konstruktivistischen Potenziale des TPK der Lehrpersonen herangezogen. Dieses Modell zeichnet sich dadurch aus, dass es unterschiedliche Arten von Lernaktivitäten definiert und deren differenzielle Zusammenhänge zu Wissenskonstruktionsprozessen und Lernergebnissen beleuchtet. Konkret soll das ICAP-Modell in der ersten Studie genutzt werden, um nicht nur die intendierten technologiegestützten Lernaktivitäten, sondern auch die intendierten nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten in den Unterrichtsplänen der Lehrpersonen zu untersuchen (vgl. 2.3.2.1).

Die zweite Studie *TPK und Lernerfolg* ist in Abbildung 3 durch die orangenen Felder gekennzeichnet. Das Interesse liegt hierbei auf den Zusammenhängen zwischen dem *TPK als Performanz* von Lehrpersonen und dem *Lernerfolg* von Lernenden, die bisher in der TPACK-

Forschung unklar sind (vgl. 2.3.3.2). So soll auf Basis des konstruktivistischen ICAP-Modells das Ausmaß unterschiedlicher technologiegestützter und nicht-technologiegestützter Lernaktivitäten verglichen werden, zu welchen sich Lehramtsstudierende durch ihre *Lehrerbildner*innen* im Rahmen von Lehrveranstaltungen angeregt fühlen (vgl. *Beobachtung unterrichtlichen Handelns* in 2.3.2.2). Es werden des Weiteren Zusammenhänge zwischen dem Ausmaß der angeregten unterschiedlichen technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten und dem selbsteingeschätzten *Lernerfolg* der Lehramtsstudierenden untersucht.

Die Zielsetzung der dritten Studie *Förderung von TPK* ist in Abbildung 3 in Form von blauen Feldern markiert. Sie basiert auf der Feststellung, dass *PK* und *fallbasiertes Lernen* eine wichtige Rolle für die Entwicklung des *TPK als situationsspezifische Fertigkeit* von Lehramtsstudierenden spielen können, aber eine *instruktionale Förderung* erfolgen sollte. Bisher mangelt es jedoch an experimentellen Studien in der TPACK-Forschung, die unterschiedliche Unterstützungsmaßnahmen untersuchen (vgl. 2.3.3.3). Deshalb soll im Rahmen von fallbasiertem Lernen die Wirksamkeit unterschiedlicher instruktionaler Fördermaßnahmen für die Entwicklung des *PK als Wissen* und des *TPK als situationsspezifische Fertigkeit* von Lehramtsstudierenden untersucht werden. Dabei soll das Augenmerk auf die bisher in der TPACK-Forschung kaum untersuchten *Reflexionsprozesse* (vgl. 2.3.1.3 und 2.3.2.2) von Lehramtsstudierenden gelegt werden, wofür auf Modelle professioneller Wahrnehmung zurückgegriffen wird.

Im folgenden Kapitel werden die zentralen Hintergründe und Annahmen des ICAP-Modells sowie empirische Erkenntnisse mit Blick auf die ersten beiden Studien *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften* und *TPK und Lernerfolg* dargestellt. Die dritte Studie *Förderung von TPK* wird in Kapitel 4 und 5 vorbereitet, in welchen das Konstrukt der professionellen Unterrichtswahrnehmung und Ansätze zur Förderung von PK und TPK im Rahmen des fallbasierten Lernens vorgestellt werden.

3 Konzeptualisierung von TPK auf Basis des ICAP-Modells

Im Einklang mit dem in der TPACK-Forschung formulierten Bedarf, in der Konzeptualisierung der TPACK-Facetten die Bedeutung von Lerner*innenorientierung stärker zu verankern, wird in diesem Kapitel das konstruktivistische ICAP-Modell (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014) dargestellt. Es werden hierzu in Kapitel 3.1 die für das ICAP-Modell zentralen Lernaktivitätsmodi definiert, die ICAP-Hypothese vorgestellt und wichtige Annahmen, Einschränkungen und mögliche Anwendungsfelder des Modells beleuchtet. Daraufhin werden in Kapitel 3.2 die bisher in der ICAP-basierten Forschung genutzten empirischen Erfassungsansätze der ICAP-Lernaktivitäten überblickshaft erläutert, gefolgt von der Zusammenstellung relevanter empirischer Erkenntnisse für die ersten beiden Studien *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften* und *TPK und Lernerfolg* in Kapitel 3.3. Abschließend sollen in Kapitel 3.4 aus der theoretischen und empirischen Beleuchtung des ICAP-Modells Konsequenzen zur Anlage der ersten und zweiten empirischen Studie gezogen werden.

3.1 Das ICAP-Modell

Sowohl Lehrkräfte als auch Forscher*innen gehen davon aus, dass die Potenziale digitaler Medien unter anderem darin liegen, konstruktivistische Lehr-Lern-Szenarien zu ermöglichen (vgl. Ferguson, 2001; Jonassen, Davidson, Collins, Campbell & Haag, 1995; Matzen & Edmunds, 2007; Webb, 2008). Allerdings werden unter diesem Begriff viele unterschiedliche Auffassungen subsumiert (Gijbels, van de Watering, Dochy & van den Bossche, 2006; Otting & Zwaal, 2007). Was viele dieser Ansätze jedoch eint, ist, dass sie Lernen als einen Konstruktionsprozess verstehen, der aktiv, selbstreguliert, kontextgebunden und sozial ist (Loyens & Gijbels, 2008; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1997, S. 356).

Im Einklang mit diesen konstruktivistischen Grundannahmen und als Antwort auf die unterschiedlichen, meist unspezifischen Vorstellungen, die in der Literatur zum aktiven Lernen vertreten sind (für einen Überblick vgl. Chi et al., 2018), entwickelten Chi und Wylie (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014) das sogenannte *Interactive-Constructive-Active-Passive (ICAP)*-Modell. Sie verfolgen mit diesem Modell das Ziel, Lehrpersonen auf Basis einer Differenzierung beobachtbarer Lernaktivitäten empirisch fundierte Hinweise dazu geben zu können, wie sie Lernende bestmöglich zu einer aktiven Auseinandersetzung mit Lernmaterialien anregen können (Chi & Wylie, 2014). Konkret soll das ICAP-Modell Lehrpersonen darin unterstützen, adäquate instruktionale Ansätze zu wählen, resultierende Lernprodukte von Lernenden zu eva-

luieren und deren Effektivität vorherzusagen. Außerdem dient es Forscher*innen auch als Möglichkeit, uneindeutige oder sich widersprechende Forschungsergebnisse zur Effektivität bestimmter Instruktionsansätze neu zu interpretieren sowie für Studiendesigns passende Kontrollbedingungen zu identifizieren (Chi & Wylie, 2014; Menekse, Stump, Krause & Chi, 2013).

Grundsätzlich basiert das ICAP-Modell auf der Annahme, dass das Engagement in bestimmten beobachtbaren Lernaktivitäten mit einer größeren Wahrscheinlichkeit hochwertige Wissenskonstruktionsprozesse bei Lernenden auslöst als das Engagement in anderen beobachtbaren Lernaktivitäten. Diese hochwertigen Wissenskonstruktionsprozesse sollten wiederum mit einer größeren Wahrscheinlichkeit zu besseren kognitiven Lernergebnissen führen (Chi & Wylie, 2014). Dieses Vorgehen, Lernaktivitäten auf der Basis von beobachtbaren Lernaktivitäten zu definieren, kann diverse Vorteile bieten: Im Gegensatz zu nicht-beobachtbaren kognitiven Prozessen (z.B. Elaborationsprozesse) lassen sich beobachtbare Lernaktivitäten sehr viel leichter definieren und einschätzen, beispielsweise auf Basis von Lehr-Lernmaterialien bzw. -produkten. Entsprechend können Lehrkräfte auch besser Schlussfolgerungen zu notwendigen instruktionalen Veränderungen ziehen und direkten Einfluss auf die beobachtbaren Lernaktivitäten nehmen (Chi et al., 2018).

3.1.1 Die ICAP-Lernaktivitäten

Als beobachtbare Lernaktivitäten wurden in der ursprünglichen Version des ICAP-Modells drei Modi von Lernaktivitäten definiert, die aktives Lernen weiter ausdifferenzieren sollen: aktive, konstruktive und interaktive Lernaktivitäten (Chi, 2009). Inzwischen wurde das ICAP-Modell um passive Lernaktivitäten erweitert, die in der bisherigen Forschung dem aktiven Lernen oft gegenübergestellt wurden (Chi & Wylie, 2014; Chi et al., 2018). Eine Darstellung der vier beobachtbaren Lernaktivitätsmodi, der angenommenen assoziierten kognitiven Prozesse und Lernergebnisse ist in Abbildung 4 zu finden.

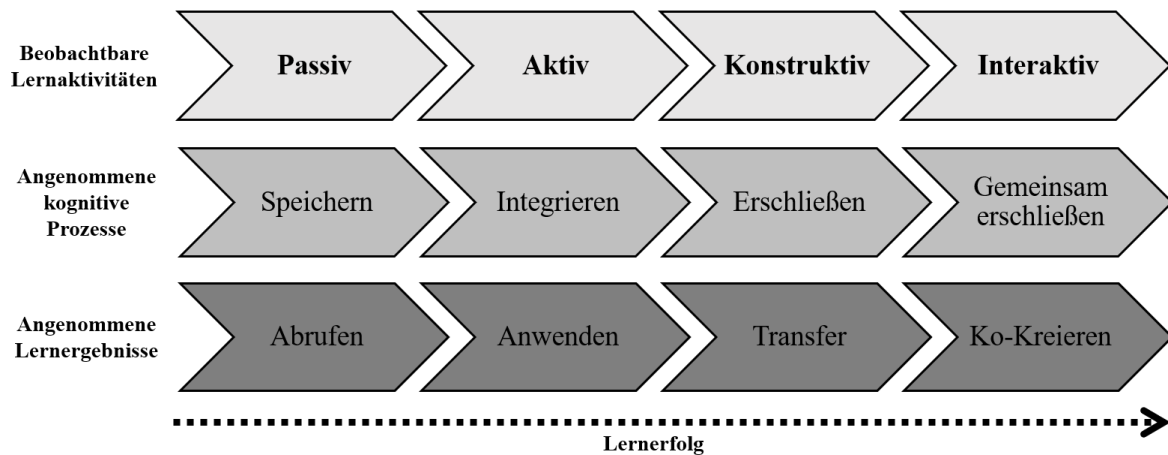


Abbildung 4. Das ICAP-Modell mit den beobachtbaren Lernaktivitäten, den angenommenen kognitiven Prozessen und Lernergebnissen.

Unter passiven Lernaktivitäten (*Passive*) werden Aktivitäten verstanden, bei welchen Lernende dem Lernmaterial zugewandt sind und darin enthaltene Informationen aufnehmen, ohne dass sie weitere beobachtbare Lernaktivitäten zeigen. Hierzu gehören das Lesen von Texten, das Zuhören von Lehrpersonen oder Anhören und Betrachten von auditiv oder visuell präsentem Lernmaterial wie Vorträgen oder statischen und animierten Bildern. Hinsichtlich der Wissenskonstruktionsprozesse wird angenommen, dass ein Engagement in passiven Lernaktivitäten in der Regel lediglich ein isoliertes Speichern von Informationen (*Storing*) ermöglicht. Es findet keine Verknüpfung von Vorwissen und den neuen Informationen statt, was möglicherweise träges Wissen (Renkl, 1994) zur Folge hat. Als Lernergebnis wird postuliert, dass Lernende das so erworbene Wissen zumeist nur abrufen können (*Recall*), wenn sie sich im gleichen Kontext wie beim Wissenserwerb befinden oder wenn sie Hinweisreize zur Aktivierung erhalten. Es wird folglich angenommen, dass es auf diese Weise häufig nur zu einem geringen Verständnis des Lerninhalts kommt.

Zu aktiven Lernaktivitäten (*Active*) gehören Aktivitäten, bei welchen Lernende beobachtbare motorische oder physische Manipulationen an Lernmaterialien vornehmen. Dies kann vom Drehen von analogen oder virtuellen dreidimensionalen Objekten über das Pausieren und Zurückspulen von Videos bis hin zum Unterstreichen oder Abschreiben von (wichtigen) Textpassagen reichen. Im Unterschied zu passiven Lernaktivitäten ist dabei wichtig, dass bei einem Engagement in aktiven Lernaktivitäten eine fokussierte Auseinandersetzung mit Lernmaterialien stattfindet. Auf der Ebene der kognitiven Prozesse wird im ICAP-Modell postuliert, dass bei einem Engagement in aktiven Lernaktivitäten in der Regel eine Aktivierung von Vorwissen stattfindet und die neuen Informationen mit diesem Vorwissen verknüpft werden, indem Schemata angepasst und ergänzt werden (*Integrating*). Für das Lernergebnis bedeutet dieser

Prozess, dass Lernende das dabei erworbene Wissen üblicherweise in Kontexten anwenden können, die dem des vorgegangenen Wissenserwerbs ähneln (*Apply*) und entsprechend in der Regel nur über ein oberflächliches Verständnis des Lerninhalts verfügen.

Als konstruktive Lernaktivitäten (*Constructive*) werden Aktivitäten bezeichnet, bei welchen Lernende Lernprodukte erstellen, die über die Informationen in den Lernmaterialien hinausgehen, mit welchen sie sich beschäftigt haben bzw. die ihnen ursprünglich zur Verfügung gestellt wurden. Zu konstruktiven Lernaktivitäten wird unter anderem das Erstellen von Zusammenfassungen oder Visualisierungen wie Concept Maps, die Reflexion des eigenen Verständnisses sowie der Vergleich oder die Integration von Lernmaterialien gezählt. Das im ICAP-Modell vertretene Verständnis von konstruktiven Lernaktivitäten orientiert sich entsprechend an konstruktivistischen Ansätzen, die Lernende als aktive Wissenskonstrukteur*innen verstehen. Kognitive Prozesse, die laut dem ICAP-Modell typischerweise mit einem Engagement in konstruktiven Lernaktivitäten einhergehen können, sind die Verknüpfung von neuen Informationen mit dem Vorwissen sowie das Erschließen von neuem Wissen aus dem aktivierten Vorwissen und dem verknüpften Wissen (*Inferring*). Erschließen kann dabei Prozesse wie das Revidieren, Ersetzen und Umstrukturieren von gespeichertem Wissen ebenso beinhalten wie die Reflexion des eigenen Wissens im Sinne einer Identifikation von bestehendem und fehlendem Wissen. Diese tiefgreifenden Veränderungen kognitiver Strukturen sollten hinsichtlich der Lernergebnisse zumeist einen Transfer (*Transfer*) von Wissen auf neue Anwendungssituationen ermöglichen. Entsprechend wird im ICAP-Modell hier von einem tiefen Verständnis gesprochen.

Interaktive Lernaktivitäten (*Interactive*) beziehen sich auf Lernaktivitäten, bei welchen Lernende in einem Austausch mit einer oder mehreren Person(en) stehen, der dadurch gekennzeichnet ist, dass die Äußerungen der beteiligten Personen hauptsächlich konstruktiver Natur sind (z.B. wenn Ideen von Lernpartner*innen weiterentwickelt oder der Idee widersprechende Argumente vorgebracht werden). Diese Voraussetzung soll deutlich machen, dass Aussagen von Lernpartner*innen nicht zwangsläufig konstruktiv, sondern auch aktiv (z.B. wenn Aussagen von Lernpartner*innen nur wiederholt werden) oder passiv (z.B. wenn nur paraverbale Äußerungen erfolgen) sein können (Chi & Menekse, 2015). Neben der konstruktiven Natur der Äußerung der Lernenden ist weiterhin zentral, dass sie sich in einem ausreichenden Maße abwechseln. Die häufige gegenseitige Bezugnahme ist wichtig, da angenommen wird, dass sie Lernende normalerweise darin unterstützt, das Verständnis des Gegenübers in die eigenen Äußerungen miteinzubeziehen und häufiger die eigenen Vorstellungen zu überprüfen, um gegebenenfalls Veränderungen hieran vorzunehmen. Für eine gegenseitige Bezugnahme wird auch

häufig der Begriff *transaktiv* verwendet (vgl. Berkowitz, 1980; Vogel et al., 2016). Lernaktivitäten, die als interaktiv betrachtet werden, sind das Argumentieren für und gegen eine Position in der Gruppe, das gegenseitige Erklären von Lerninhalten sowie die Diskussion von Gemeinsamkeiten und Unterschieden von Konzepten. Die am Austausch beteiligten Personen müssen dabei nicht zwingend andere Lernende sein, sondern können auch Lehrkräfte, Eltern oder digitale Medien (z.B. intelligente tutorielle Systeme) sein. Die Vorstellung davon, was interaktive Lernaktivitäten auszeichnet, steht hierbei in engem Zusammenhang zu Erkenntnissen, die im Bereich des computerunterstützten kollaborativen Lernens (Computer-Supported Collaborative Learning; CSCL) gewonnen wurden (Deiglmayr, Rummel & Loibl, 2015). Auf der kognitiven Ebene kann das Engagement in interaktiven Lernaktivitäten das Erschließen von neuem Wissen durch die Aktivierung und Verknüpfung von Wissen auf der Basis der Informationen aus dem Lernmaterial (siehe konstruktive Lernaktivitäten) und insbesondere auf der Basis der Beiträge der Lernpartner*innen auslösen (*Co-Infering*). Für die Lernergebnisse bedeutet dies, dass dieser iterative Wissenskonstruktionsprozess zumeist in einem gemeinsamen Aufbau von Wissen (*Co-Create*) resultieren sollte, da die Lernenden neue Ideen, Perspektiven und Ansätze schaffen, zu deren Schaffung sie alleine nicht in der Lage gewesen wären. Folglich wird angenommen, dass bei den Lernenden üblicherweise ein tiefes Verständnis mit Potenzial zur Weiterentwicklung von Wissen vorliegt, wenn sie interaktive Lernaktivitäten zeigen.

Auf der Grundlage der illustrierten beobachtbaren Lernaktivitäten und den zugrundeliegenden Wissenskonstruktionsprozessen und resultierenden kognitiven Lernergebnissen, lautet die ICAP-Hypothese folgendermaßen: Ein Engagement in interaktiven Lernaktivitäten kann zu einem größeren Lernerfolg führen als ein Engagement in konstruktiven Lernaktivitäten. Ein Engagement in konstruktiven Lernaktivitäten sollte wiederum zu einem größeren Lernerfolg führen als in aktiven Lernaktivitäten; ein Engagement in passiven Lernaktivitäten sollte zum geringsten Lernerfolg führen (siehe Abbildung 4). Da es sich bei konstruktiven und interaktiven Lernaktivitäten im Gegensatz zu passiven und aktiven Lernaktivitäten um Aktivitäten handelt, die auf kognitiver Ebene schlussfolgernde Prozesse notwendig machen, wird von einer größeren „Kluft“ zwischen den schlussfolgernden und nicht schlussfolgernden Lernaktivitäten ausgegangen als innerhalb der schlussfolgernden (d.h. konstruktiv und interaktiv) und nicht schlussfolgernden (d.h. aktiv und passiv) Lernaktivitäten. Entsprechend wird inzwischen auch eine Differenzierung entlang dieses Kriteriums vorgenommen und auf kognitiver Ebene zwischen oberflächlichem und tiefem Denken unterschieden (Chi et al., 2018). Diese Unterteilung steht in engem Zusammenhang mit anderen Modellen (vgl. *Select-Organize-Integrate-Modell*;

Mayer, 2014), die zwischen generativen und nicht-generativen Lernaktivitäten unterscheiden (Fiorella & Mayer, 2016).

3.1.2 Annahmen, Einschränkungen und Anwendung des ICAP-Modells

Um die Aussagen des ICAP-Modells differenzierter betrachten zu können, erläutern Chi und Wylie (2014) mehrere Annahmen, die der Unterscheidung der beobachtbaren Lernaktivitäten und deren Zusammenhänge zu Wissenskonstruktionsprozessen zugrunde liegen: (1) Es kann nur von Lernaktivitäten gesprochen werden, wenn die Aktivitäten der Lernenden auf lernrelevante Inhalte bezogen sind. (2) Es wird angenommen, dass für alle Aktivitäten (z.B. einen Text lesen, ein Audiobeitrag anhören), die dem gleichen Lernaktivitätsmodus (z.B. passiv) zugeordnet werden können, die dahinterliegenden Wissenskonstruktionsprozesse die gleichen sind. (3) Die im ICAP-Modell definierten Lernaktivitäten sind als Hierarchie zu verstehen. Dies bedeutet, dass die beobachtbaren Verhaltensweisen, die einem höherwertigen Lernaktivitätsmodus (z.B. konstruktive Lernaktivität) zugeordnet werden, immer auch die beobachtbaren Verhaltensweisen eines weniger hochwertigen Lernaktivitätsmodus (z.B. aktive Lernaktivität) beinhalten. Wenn Lernende also eine konstruktive Aktivität wie die Gestaltung einer digitalen Visualisierung zu einem Lehrtext umsetzen, ist es notwendig, dass Lernende auch aktiv sind, da sie hierzu virtuelle Objekte erstellen (z.B. Zeichnen einer Kurve, Beschriftung eines Objekts) und Manipulationen (z.B. Pfeil umdrehen) hieran vornehmen müssen. (4) Auch wenn das ICAP-Modell bisher hauptsächlich positiv rezipiert wurde, wird die im Modell vorgenommene, explizite Zuordnung von kognitiven Prozessen zu beobachtbaren Lernaktivitäten als durchaus kritisch betrachtet (z.B. Renkl, 2011). Diese Kritik wird von Renkl (2011) beispielsweise auf Basis von Befunden begründet, die zeigen, dass Lernen in einer vermeintlich passiven Lernbedingung (Lernen aus Lösungsbeispielen) für den Wissenserwerb von Lernenden vorteilhafter sein kann, als in einer aktiven oder konstruktiven Bedingung angeleitet Probleme zu lösen (Schwonke et al., 2009). Chi und Wylie (2014) explizieren entsprechend, dass der von Lehrpersonen *intendierte* Modus der Lernaktivität nicht dem Modus der Lernaktivität entsprechen muss, den die Lernenden *tatsächlich durchführen*. Eine Lehrperson könnte beispielsweise von Lernenden erwarten, dass diese eine interaktive Lernaktivität umsetzen und in Kleingruppen gemeinsam eine Mindmap erstellen. Allerdings ist es möglich, dass in den Kleingruppen die einzelnen Gruppenmitglieder nur Gedankenstränge nach dem Kopieren und Einfügen-Prinzip zusammenfügen und diese entsprechend nur aktiv bleiben. Gleichzeitig können Lernende während eines Vortrags einer Lehrperson auf der Ebene der beobachtbaren Lernaktivitäten passiv sein, auch wenn tatsächlich tiefgreifende Wissenskonstruktionsprozesse stattfinden, die auf der

beobachtbaren Ebene eher konstruktiven Lernaktivitäten entsprechen würden. Es wird jedoch angenommen, dass die beobachtbaren Lernaktivitäten zumindest eine *Annäherung* an die Art und Weise darstellen, wie sich Lernende tatsächlich auf der kognitiven Ebene mit dem Lernmaterial auseinandersetzen. Wenn Lernende sich also ein Video ansehen und dabei keine anderen Aktivitäten zeigen, ist es wahrscheinlicher, dass mit passiven Lernaktivitäten verbundene kognitive Prozesse bei Lernenden ablaufen, als dass nicht-beobachtbare, mit beispielsweise konstruktiven Lernaktivitäten verbundene kognitive Prozesse (wie z.B. der Vergleich verschiedener im Video gezeigter Prinzipien) stattfinden. (5) Nicht alle Aktivitäten lassen sich zweifelsfrei einem Lernaktivitätsmodus zuordnen. Es handelt sich bei den Grenzen zwischen den unterschiedlichen Lernaktivitätsmodi entsprechend um keine starren Trennungslinien. (6) Um den tatsächlichen Lernaktivitätsmodus festzustellen, ist es deshalb notwendig, dass die externalisierbaren Produkte (z.B. analoges/digitales Dokument) der Lernenden ebenfalls analysiert werden. Externalisierbare Produkte sind jedoch nicht nur hilfreich, um den tatsächlichen Lernaktivitätsmodus (d.h. aktiv, konstruktiv oder interaktiv) einschätzen zu können, sondern bieten auch andere Vorteile: Lernende können die kognitive Belastung ihres Arbeitsgedächtnisses reduzieren (Sweller et al., 2019), indem sie Gedächtnisinhalte externalisieren. Die externalisierten Produkte können außerdem auch als weiteres Lernmaterial dienen.

Neben diesen Annahmen beleuchten Chi und Wylie (2014) auch Faktoren, die die Aussagekraft des Modells einschränken können. Dies kann zum einen bedingt sein durch die Art der Messung des Lernerfolgs von Lernenden. Wenn Testfragen wenig anspruchsvoll sind, können Unterschiede, die aus dem Lernaktivitätsmodus resultieren sollten, möglicherweise nicht zum Tragen kommen. Beispielsweise könnte es von Interesse sein, ob eine Intervention, bei der Lernende ein Engagement in konstruktiven Lernaktivitäten zeigen, zu einem größeren Lernerfolg bei Lernenden führt als eine Bedingung, in der Lernende nur ein Engagement in aktiven Lernaktivitäten zeigen. Testfragen, die so gestellt sind, dass sie von Lernenden nur die Wiedergabe von Informationen verlangen, was bereits bei einem Engagement in passiven Lernaktivitäten möglich sein sollte, sind entsprechend vermutlich zu wenig sensitiv, um Interventionseffekte aufzudecken. Darüber hinaus wird angemerkt, dass die ICAP-Hypothese nicht zwangsläufig auf jede Domäne oder jedes Thema anwendbar ist, auch wenn an anderer Stelle eine prinzipielle Anwendbarkeit auf alle Domänen betont wird (vgl. Chi et al., 2018). Diese Einschränkung gilt insbesondere für Fälle, in welchen es Lernenden nicht möglich ist, sich Themen selbst zu erschließen, da ihnen die hierfür notwendigen Schemata fehlen oder eine logische Herleitung der Bedeutung nicht vorhanden ist (z.B. grammatikalische Regeln und ihre Ausnahmen). Außerdem macht das ICAP-Modell keine explizite Annahme zu den unterschiedlichen

Effekten zweier Lernaktivitäten (z.B. Lesen und Anhören) auf den Lernerfolg, die beide dem gleichen Aktivitätsmodus (z.B. passiv) zugeordnet werden. Chi und Wylie (2014) räumen allerdings ein, dass manche Aktivitäten innerhalb eines Modus kognitiv anspruchsvoller sein können als andere.

Auch wenn das ICAP-Modell sich nicht explizit auf das Lehren und Lernen mit digitalen Medien fokussiert bzw. vor diesem Hintergrund entwickelt wurde, so lässt es sich aus Sicht von Chi und Kolleg*innen (Chi & Wylie, 2014; Chi et al., 2018) für (fast) alle Arten von Lernumgebungen übertragen. So finden sich bereits einige Beispiele in der Literatur, in welchen das ICAP-Modell im Kontext des Lehrens und Lernens mit digitalen Medien verwendet wird (z.B. M. Kramer, Förtsch, Aufleger & Neuhaus, 2019; Lohr, Sailer et al., 2021; Lohr, Stadler et al., 2021; Sailer et al., 2017; Sailer, Schultz-Pernice, Chernikova, Sailer & Fischer, 2018; Xu Wang, Wen & Rosé, 2016). Da im ICAP-Modell nicht das Medium, sondern der pädagogische Ansatz im Vordergrund steht, kann es als ein fruchtbares Modell für die Ausdifferenzierung und Messung der TPK-Facette aus einer konstruktivistischen Lehr-Lernperspektive verstanden werden. Konkret heißt das, dass das ICAP-Modell Kategorien zur Verfügung stellt, um die von Lehrpersonen *intendierten* technologiegestützten sowie nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten in Unterrichtsplänen (situationsspezifisches TPK; Studie *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften*) sowie deren Implementation von Lehr-Lernumgebungen (*TPK als Performanz*; Studie *TPK und Lernerfolg*) mit Blick auf die Potenziale zur Auslösung hochwertiger kognitiver Lernprozesse zu beurteilen. Allerdings beleuchtet das ICAP-Modell auf Lernendenseite ausschließlich den domänenspezifischen Wissenserwerb. Im Hinblick auf die zunehmende Bedeutung domänenübergreifender Fertigkeiten von Lernenden (vgl. Partnership for 21st Century Learning, 2015, 2019) und das Potenzial konstruktivistischer Lehr-Lernansätze zur Förderung solcher Fertigkeiten (z.B. problemorientiertes Lernen; Leary, 2012; vgl. auch 3.3.3.3) wäre es deshalb wichtig zu überprüfen, inwiefern die ICAP-Hypothese auch auf den Erwerb domänenübergreifender Fertigkeiten übertragbar ist.

3.2 Empirische Erfassung der ICAP-Lernaktivitäten

Das von Chi und Kolleg*innen (Chi & Wylie, 2014; Chi et al., 2018) postulierte breite Anwendungsspektrum des ICAP-Modells legt nahe, dass die empirische Erfassung der ICAP-Lernaktivitäten und des Lernerfolgs in Abhängigkeit des Anwendungskontexts unterschiedliche Formen annehmen kann. Deshalb soll im Folgenden ein Überblick über die verschiedenen Herangehensweisen zur Erfassung der ICAP-Lernaktivitäten und des Lernerfolgs gegeben werden, um angemessene Konsequenzen für die Erfassung der von Lehramtsstudierenden und

Lehrkräften intendierten Lernaktivitäten in Unterrichtsplänen (Studie *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften*) und die von Lehrerbildner*innen in Lehrveranstaltungen intendierten Lernaktivitäten (Studie *TPK und Lernerfolg*) ziehen zu können.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass das ICAP-Modell bereits in vielen unterschiedlichen Kontexten zum Einsatz kam. Ein großer Teil der auf dem ICAP-Modell basierenden Studien ist jedoch im MINT-Bereich angesiedelt (z.B. Auerbach et al., 2018; M. Kramer et al., 2019; Menekse & Chi, 2019; Wiggins, Eddy, Grunspan & Crowe, 2017), wobei universitäre Lehrveranstaltungen (z.B. DeMonbrun et al., 2017) und tutorielles Lernen (z.B. Chase, Marks, Malkiewich & Connolly, 2019) als Kontexte bereits vielfach im Fokus standen. Auch wenn technologiegestütztes Lernen in der ICAP-Forschung ebenfalls von Bedeutung ist (z.B. CSCL: Xu Wang et al., 2016; Lernen mit Videos: Dubovi, 2019), so fällt der Anteil an Studien, die explizit im Bereich des technologiegestützten Unterrichts bzw. der medienbezogenen Lehrer*innenausbildung zuzuordnen sind, eher gering aus (z.B. Lohr, Sailer et al., 2021; Sailer et al., 2017).

Die Ansätze, die konkret zur Erfassung der ICAP-Lernaktivitäten gewählt werden, variieren sehr stark. Grob lassen sich drei Ansätze unterscheiden: (1) die A-priori-Kategorisierung und Gestaltung einer Lernumgebung (z.B. Ausgestaltung einer Interventionsbedingung als konstruktiv und einer weiteren als passiv) in Interventionsstudien (z.B. Henderson, 2019; LaDage et al., 2018; Lam & Muldner, 2017; Margulieux & Catrambone, 2019; Menekse et al., 2013; Wiggins et al., 2017), (2) die Kodierung von verschriftlichten oder videobasierten Lehrpersonen- oder Lernendendaten (z.B. Chase et al., 2019; Chi et al., 2018; Koh, 2013; Lam & Muldner, 2017; Menekse & Chi, 2019; Xu Wang et al., 2016) sowie (3) die Selbst- oder Fremdeinschätzung der intendierten Lernaktivitäten auf Lehrpersonenseite oder die Selbsteinschätzung des Engagements in Lernaktivitäten auf Lernendenseite auf Basis von geschlossenen, Likert-skalierten Messinstrumenten (z.B. Barlow, 2019; DeMonbrun et al., 2017; Lohr, Sailer et al., 2021; Lohr, Stadler et al., 2021; Sailer et al., 2017; Sailer et al., 2018). Da ersterer Ansatz nur in Interventionsstudien zum Einsatz kommt, in denen primär der Wissens- und Fertigkeitserwerb von Lernenden (vgl. Studie *Förderung von TPK*) und nicht das Wissen oder die Fertigkeiten der in diesen Studien agierenden Lehrpersonen von Interesse ist, werden im Folgenden nur letztere beiden Ansätze thematisiert und Schlüsse für die ersten beiden Studien gezogen.

3.2.1 Intendierte Lernaktivitäten in Unterrichtsplänen

Viele Studien verfolgen den Ansatz, Daten von Lehrpersonen oder Lernenden auf Basis der ICAP-Lernaktivitätsmodi zu kodieren, um Aussagen darüber zu treffen, welche Lernaktivitäten

Lehrpersonen bei Lernenden intendieren oder um das tatsächliche Engagement von Lernenden in unterschiedlichen Lernaktivitäten beobachten zu können. Datengrundlage zur Erfassung von intendierten Lernaktivitäten stellen zumeist Lehrmaterialien wie Unterrichtspläne dar (z.B. Chi et al., 2018; Koh, 2013). Lernprodukte wie Mitschriften oder Onlinediskussionsbeiträge werden häufig zur Einordnung des tatsächlichen Engagements von Lernenden genutzt (z.B. Chi et al., 2018; Xu Wang et al., 2016). Videografierte und/oder verschriftliche Interaktionen zwischen Lehrpersonen und Lernenden im Kontext des Unterrichts bieten sich als Datenmaterial an, wenn sowohl die intendierten Lernaktivitäten von Lehrpersonen als auch die beobachtbaren Lernaktivitäten von Lernenden im Vordergrund stehen (z.B. Chase et al., 2019; Lam & Muldner, 2017; Menekse & Chi, 2019). Für die vorliegende Arbeit sind im Rahmen der Studie *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften* die Unterrichtspläne von besonderem Interesse, die Aussagen über die von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften intendierten Lernaktivitäten ermöglichen sollen.

Ein Beispiel für die Kodierung von Unterrichtsplänen stammt von Chi et al. (2018). Sie untersuchten die Unterrichtspläne von Lehrkräften, die zuvor an einem Onlinemodul zum ICAP-Modell teilgenommen hatten (Ergebnisse siehe 3.3.3.1). Chi et al. (2018) fokussierten sich dabei auf die von den Lehrkräften schriftlich formulierten Anweisungen und nutzten Verben (z.B. „Vergleiche“) zusammen mit den darauffolgenden Nominalphrasen (z.B. „die beiden Antworten“) als Basis für ihre Segmentierung. In einer anschließenden Kodierphase wurden die segmentierten Anweisungen jeweils einem der vier ICAP-Lernaktivitätsmodi zugeordnet.

Die Kodierung schriftlicher Anweisungen bietet den Vorteil, dass der Interpretationsspielraum für Kodierer*innen durch die kleinen Analyseeinheiten gering bleibt (Lotz, Gabriel & Lipowsky, 2013). Allerdings machen Chi et al. (2018) keine Angaben zur konkreten Vorgehensweise bzw. zur Interrater-Reliabilität ihrer Segmentierung. Ebenfalls stellt sich generell die Frage, inwiefern Lehrpersonen in ihren Unterrichtsplänen tatsächlich durchgängig konkrete Anweisungen aufführen bzw. wie viele Lernaktivitäten bei der alleinigen Interpretation der Anweisungen in Unterrichtsplänen entsprechend unberücksichtigt bleiben. In der Studie von Chi et al. (2018) konnten beispielsweise nur 80% der Unterrichtsaktivitäten in die Kodierung einbezogen werden, da die restlichen 20% der Unterrichtsaktivitäten keine Anweisungen beinhalten. Zur Erfassung der in Unterrichtsplänen erläuterten intendierten Lernaktivitäten von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften soll in der vorliegenden Arbeit entsprechend ein inklusiveres Vorgehen als bei Chi et al. (2018) gewählt werden. Dies bedeutet, dass bei einer Segmentierung nicht nur Anweisungen, sondern alle Hinweise auf intendierte Lernaktivitäten einbezogen wer-

den sollen, z.B. auch in Form von Beschreibungen von Schüler*innenhandlungen in den Unterrichtsplänen. Zur Kodierung der Lernaktivitäten erfolgt jedoch eine Orientierung an den von Chi et al. (2018) identifizierten Lernaktivitätsverben.

3.2.2 Intendierte Lernaktivitäten in Lehrveranstaltungen

Neben der Kodierung von Lehrpersonen- und Lernendendaten gibt es inzwischen mehrere Versuche, die von Lehrpersonen intendierten (z.B. Lohr, Stadler et al., 2021; Sailer et al., 2017; Sailer et al., 2018) sowie die von Lernenden als ideal angesehenen oder durchgeführten ICAP-Lernaktivitäten (z.B. Barlow, 2019; DeMonbrun et al., 2017) geschlossene, Likert-basierte Items abzubilden. Die Einschätzung erfolgt entweder als Selbsteinschätzung (z.B. Lernende schätzen selbst durchgeführte ICAP-Lernaktivitäten ein; Barlow, 2019) oder als Fremdeinschätzung (z.B. Lernende schätzen intendierte Lernaktivitäten der Lehrperson ein; Sailer et al., 2018). Für die Abbildung von *TPK als Performanz* im Rahmen der zweiten Studie *TPK und Lernerfolg* sind die durch Lehrpersonen intendierten ICAP-Lernaktivitäten zentral.

Exemplarisch soll das von Sailer et al. (2018; vgl. auch Lohr, Stadler et al., 2021; Sailer et al., 2017) genutzte Instrument genauer beleuchtet werden. Sailer et al. (2018) baten in einer Studie Hochschullehrende, die digitale Mediennutzung in ihren Lehrveranstaltungen anhand der ICAP-Lernaktivitätsmodi einzuschätzen. Ebenfalls sollten Studierende die digitale Mediennutzung in ihren Lehrveranstaltungen anhand der vier Modi bewerten. Dazu wurde jeder Aktivitätsmodus (passiv, aktiv, konstruktiv, interaktiv) jeweils kurz beschrieben und ein paar Beispiele für beobachtbare Lernaktivitäten gegeben. Die Hochschullehrenden und die Studierenden wurden gebeten, für jeden Aktivitätsmodus einzuschätzen, wie häufig dieser beim digitalen Medieneinsatz in Lehrveranstaltungen vorlag. Die Einschätzungen erfolgten jeweils auf einer Skala von *nie* (1) bis *sehr oft* (5) für eine typische Vorlesung, ein typisches Seminar und einen typischen Onlinekurs (Informationen zum Instrument bei Lohr, Stadler et al., 2021).

Diese Art der Erfassung bietet im Vergleich zu Verfahren wie der Kodierung von Lehrpersonen- oder Lernendendaten den Vorteil, dass Daten relativ ökonomisch erhoben werden können. Außerdem erscheint vor dem Hintergrund, dass sich Lernendeneinschätzungen zum lehrbezogenen Verhalten von Lehrpersonen als relativ zuverlässig erwiesen haben (E. Fischer & Hänze, 2019), gerade die Erfassung der intendierten Lernaktivitäten von Lehrpersonen durch Lernende vielversprechend. Möglicherweise kritisch zu sehen ist jedoch das relative hohe Abstraktionsniveau der Items. Erstens werden die Lernaktivitäten nur auf Ebene des Aktivitätsmodus (z.B. passiv) statt auf Basis einzelner beobachtbarer Lernaktivitäten (z.B. Anschauen eines Videos) erfasst. Zweitens stellt auch der Fokus auf typische Lehrveranstaltungstypen und nicht

einzelne, konkrete Lehrveranstaltungen eine starke Abstrahierung dar. Beide Aspekte können zu Über- oder Unterschätzungen der Häufigkeit des Vorliegens bestimmter intendierter Lernaktivitäten führen. Deshalb soll die Erfassung der von Lehrerbildner*innen intendierten Lernaktivitäten (Studie *TPK und Lernerfolg*) in der vorliegenden Arbeit erstens auf Basis der Einschätzungen von Lehramtsstudierenden erfolgen. Zweitens soll die Erfassung auf einem niedrigeren Abstraktionsniveau stattfinden, indem nicht jeder Lernaktivitätsmodus (z.B. passiv) als Einzelitem gemessen wird, sondern pro Lernaktivitätsmodus mehrere, zentrale Lernaktivitäten (z.B. Lesen) eingesetzt werden, die dann zu einer Skala zusammengefasst werden können. Drittens sollen die Einschätzungen der Lehramtsstudierenden im Rahmen einer konkreten Lehrveranstaltung erhoben werden, um eine akkuratere Erfassung gewährleisten zu können.

3.2.3 Lernerfolg

Nachdem erläutert wurde, auf welche Arten die (intendierten) ICAP-Lernaktivitäten in der ICAP-basierten Forschung bisher gemessen wurden, stellt sich die Frage, welche Arten der Lernerfolgsmessung in der ICAP-Forschung fokussiert werden. Diese Frage ist insbesondere für die Messung des Lernerfolgs der Lehramtsstudierenden in Lehrveranstaltungen im Rahmen des Studie *TPK und Lernerfolg* von Interesse. Prinzipiell lässt sich festhalten, dass der Lernerfolg bisher hauptsächlich in Interventionsstudien gemessen wurde, in denen die Effekte verschiedener Lernumgebungen von Interesse waren. Die Erfassung erfolgte in diesen Studien größtenteils über Single- oder Multiple Choice-Fragen, die den Lernenden zu Beginn und am Ende einer Intervention präsentiert wurden und den domänenspezifischen Wissenserwerb testeten (z.B. Henderson, 2019; LaDage et al., 2018; Margulieux & Catrambone, 2019; Wiggins et al., 2017). Beispielsweise untersuchten Wiggins et al. (2017) im Rahmen eines universitären Biologieeinführungskurses die Effekte einer konstruktiven und interaktiven Lernbedingung auf den domänenspezifischen Wissenserwerb von Studierenden und erfassten diesen mithilfe von Multiple Choice-Tests mit jeweils 8 Items pro Thema in einem Pre-Posttestformat.

Diese Art der Erfassung erweist sich aufgrund der standardisierten Auswertung der Antworten nicht nur als zeitökonomisch, sondern auch im Hinblick auf die Einhaltung der Gütekriterien als günstig (vgl. auch 2.3.2.2). Es handelt sich hierbei jedoch um eine domänenspezifische Art der Erfassung, die im Vorfeld zur Studie durch Inhaltsexpert*innen entworfen sowie validiert wurde und im Kontext von (quasi-)experimentellen Settings zum Einsatz kam. Deshalb erscheint die Prüfung einer alternativen, standardisierten Erfassung von Lernerfolg in natürlichen Lehr-Lernsettings wie universitären Lehrveranstaltungen notwendig. Ein Grund hierfür ist, dass sich universitäre Lehrveranstaltungen zumindest in Deutschland durch eine große

Diversität hinsichtlich der eingesetzten Instrumente zur Messung und der Bewertung des Lernerfolgs auszeichnen. Dies lässt sich beispielsweise an den stark zwischen den unterschiedlichen Studienfächern variierenden Abschlussnoten erkennen (vgl. Statistisches Bundesamt, 2019). Auch wenn beispielsweise in der Studie von Chi et al. (2018) im Schulkontext diese Diversität unterschiedlicher, durch Lehrkräfte generierter Instrumente akzeptiert wurde, war es aufgrund des Projektcharakters (Begleitung von Lehrkräften) in dieser Studie zumindest möglich, den Lehrkräften gewissen Hinweise zu geben und Vorgaben zur Erstellung zu machen. Dies scheint im Hochschulkontext durch die geringe Reglementierung der Arten der Lernerfolgsmessung nur schwer realisierbar. Zu Gunsten der Vergleichbarkeit der Ergebnisse über verschiedene Lehrveranstaltungen hinweg bieten sich deshalb Selbsteinschätzungsinstrumente an, wohlwissend, dass diese neben den Vorteilen einer standardisierten, itembasierten Erfassung auch viele Schwächen mit sich bringen können (vgl. 2.3.2.2).

3.3 Empirische Befunde zum ICAP-Modell

Wie im vorgehenden Unterkapitel bereits anhand der Erfassungsmethoden illustriert, verfolgten die bisherigen auf dem ICAP-Modell basierenden empirischen Studien sehr viele unterschiedliche Fragestellungen. Im Folgenden sollen deshalb nur Ergebnisse zu ausgewählten, für die vorliegende Arbeit relevanten Fragestellungen vorgestellt werden. Da zu den einzelnen Fragestellungen jedoch jeweils nur eine eingeschränkte Anzahl an empirischen Studien mit explizitem Bezug zum ICAP-Modell vorliegt, wird auch auf empirische Befunde aus Studien eingegangen, die keine direkte Überprüfung des ICAP-Modells zum Ziel hatten, aber für Aussagen über das ICAP-Modell relevant sind. In einem ersten Schritt sollen Erkenntnisse zu den Effekten medienbezogener Lehrexpertise auf die von Lehrpersonen intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten in Unterrichtsplänen (*TPK als situations-spezifische Fertigkeit*) gewonnen werden, indem vorrangig empirische Befunde aus der Expertise- und TPACK-Forschung beleuchtet werden. Hieraus sollen Schlüsse für die Studie *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften* gezogen werden. Anschließend sollen mit Blick auf die Studie *TPK und Lernerfolg* vorläufige Antworten darauf gegeben werden, inwiefern Lehrerbildner*innen in universitären Lehrveranstaltungen die Potenziale digitaler Medien nutzen bzw. inwiefern sich Lehramtsstudierende in technologiegestützten Lehr-Lernphasen zu anderen Lernaktivitäten angeregt fühlen als in nicht-technologiegestützten Lehr-Lernphasen. Hierzu werden empirische Befunde aus unterschiedlichen Forschungskontexten herangezogen. In einem dritten Unterkapitel stehen die Zusammenhänge der von Lehrpersonen intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten (*TPK als Performanz*) und

dem Erwerb von domänenspezifischem Wissen und domänenübergreifenden Fertigkeiten auf Lernendenseite im Fokus. Während Ergebnisse zum domänenspezifischen Wissenserwerb aus auf dem ICAP-Modell basierter Forschung stammen, können für den Erwerb von domänenübergreifenden Fertigkeiten nur Ergebnisse aus den Bereichen der CSCL-Forschung und dem problemorientierten Lernen herangezogen werden. Empirische Ergebnisse zu diesen Zusammenhängen sind ebenfalls für die Studie *TPK und Lernerfolg* von Bedeutung.

3.3.1 Der Einfluss medienbezogener Lehrexpertise auf die von Lehrpersonen intendierten ICAP-Lernaktivitäten

In der ersten Studie *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften* sollen auf Basis eines Expertiseansatzes Erkenntnisse zu den Effekten medienbezogener Lehrexpertise auf *TPK als situationsspezifische Fertigkeit* gewonnen werden (siehe Abbildung 5). Diese Herangehensweise soll dazu dienen, Anhaltspunkte für die Förderung der TPK-Entwicklung von Lehramtsstudierenden im Rahmen der universitären Lehrer*innenausbildung zu identifizieren. Dabei können die von Expertenlehrkräften intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten empirische Hinweise zu möglichen Förderzielen liefern und die von Lehramtsstudierenden intendierten Lernaktivitäten Einblicke in deren TPK-Voraussetzungen bieten.

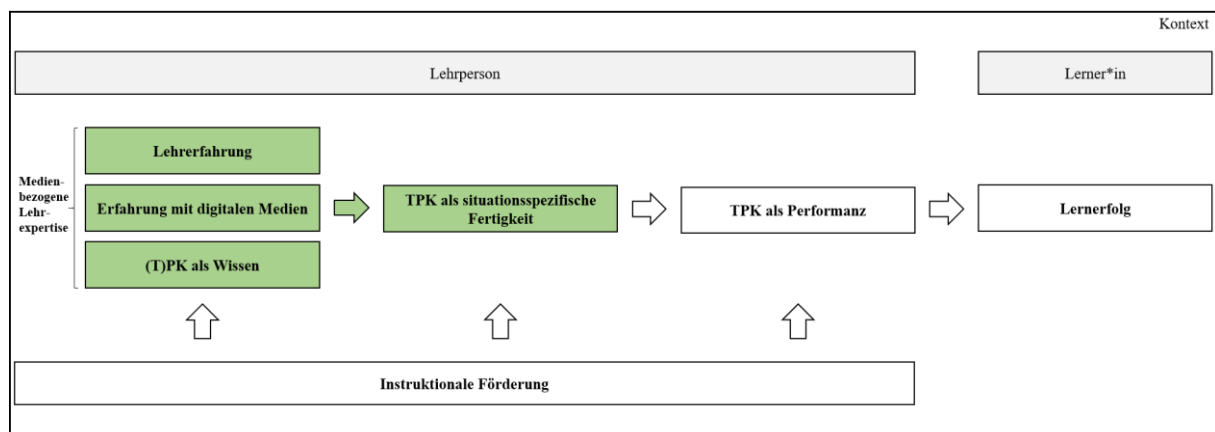


Abbildung 5. Darstellung der Studie *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften*.

Ein weit verbreiteter Ansatz zur Untersuchung der Effekte lehrpersonseitiger Einflussfaktoren auf die Fertigkeiten einer Person stellt im Bereich der Expertiseforschung das relative Experten-Novizen-Paradigma dar. Dabei werden Expert*innen mit Noviz*innen unter der Annahme verglichen, dass Noviz*innen prinzipiell in der Lage sind, das Expertiseniveau von Expert*innen zu erreichen (Chi, 2006). Expert*innen werden in der Expertiseforschung als Per-

sonen verstanden, die in einer Domäne in der Lage sind, aufgrund der von ihnen in vielen tausend Stunden praktischer Erfahrungen ausgebildeten Schemata große, bedeutungsvolle Muster zu erkennen, die Tiefenstrukturen von Problemen zu erkennen, Probleme schnell und korrekt zu lösen (auch wenn sie sich zu Beginn des Problemlöseprozesses häufig länger mit der Analyse des Problems beschäftigen) und ihr eigenes Vorgehen kritisch zu überwachen (Berliner, 2004; Glaser & Chi, 2014). Experten-Novizen-Vergleiche können entsprechend dabei helfen, auf der Grundlage des Wissens und der Fähigkeiten von Expert*innen Lernziele festzulegen, die beispielsweise im Rahmen von Aus- und Weiterbildung als Orientierung dienen können. Gleichzeitig kann auf der Grundlage des Wissens und der Fähigkeiten von Noviz*innen festgestellt werden, an welche Voraussetzungen eine Aus- und Weiterbildung anknüpfen muss (Auerbach et al., 2018).

Kriterien, entlang derer Expert*innen und Noviz*innen in der Expertiseforschung kategorisiert werden, können ganz unterschiedlicher Natur sein. Als Maße haben sich Faktoren wie die Umfang der Erfahrung (teilweise auch Häufigkeit der Nutzung digitaler Medien im Kontext digitaler Medien; z.B. Lee & Tsai, 2010), der Qualifikationsgrad, die Zugehörigkeit zu einer sozialen Gruppe, die Beurteilung durch Peers sowie Wissenstests etabliert (Chi, 2006; Palmer, Stough, Burdinski & Gonzales, 2005). Im Einklang mit Expertise- und TPACK-Studien (Backfisch et al., 2020; Hughes et al., 2020; Krauskopf et al., 2012; Meskill, Mossop, DiAngelo & Pasquale, 2002; Russell, Bebell, O'Dwyer & O'Connor, 2003) werden in dieser Arbeit *Lehrerfahrung* (z.B. Lehramtsstudierende vs. Lehrkräfte), die *Erfahrung mit digitalen Medien* (z.B. die Häufigkeit der Nutzung digitaler Medien) sowie *Wissen* im Sinne von *TPACK als Wissen* (z.B. PK) als relevante Expertisekriterien zur Identifikation von medienbezogenen Lehrexpert*innen verstanden.

Auf Basis dieser unterschiedlichen Kriterien lassen sich Personen in verschiedene Expertisestufen einteilen. Dreyfus und Dreyfus (H. L. Dreyfus & Dreyfus, 1986; S. E. Dreyfus, 2004) schlagen beispielsweise ein Modell mit fünf Stadien vom *Novice*, über das des *Advanced Beginner*, des *Competent* und des *Proficient* bis hin zum Stadium des *Expert* vor. Nach einer für den Lehrkraftkontext adaptierten Ausgestaltung dieser Stadien von Berliner (2004) lernen Lehrkräfte im *Novice*-Stadium allgemeine, kontextfreie Grundsätze des Lehrens. Noviz*innen sind entsprechend in ihrem Verhalten noch relativ starr. Üblicherweise werden Lehramtsstudierende sowie Lehrkräfte mit einer Unterrichtspraxis von etwa einem Jahr dieser Gruppe zugewiesen. Im Stadium des *Advanced Beginner* erwerben Lehrkräfte ohne die direkte Unterstützung von anderen zunehmend praktisches Wissen, das sich dadurch auszeichnet, dass es hand-

lungsbezogen, situiert und oft nicht explizierbar ist. Auch konditionales und strategisches Wissen wird in dieser Phase ausgebildet. Typischerweise gehören dieser Gruppe Lehrkräfte in ihrem zweiten oder dritten Jahr ihrer Unterrichtspraxis (d.h. Referendariat) an. Im folgenden Stadium des *Competent* können Lehrkräfte bewusste Entscheidungen treffen und wissen, wann in Unterrichtskontexten welche instruktionale Maßnahmen getroffen werden müssen und wann nicht. Es wird angenommen, dass der Großteil aller Lehrkräfte dieses Stadium nach etwa drei bis fünf Jahren Unterrichtspraxis erreicht. Eine ganzheitliche Wahrnehmung von Unterrichtssituationen sowie die Fähigkeit, Vorhersagen über Unterrichtssituationen zu treffen, sind Kriterien, die dem Stadium des *Proficient* zugeordnet werden. Allerdings wird dieses Stadium vermutlich nur von einem kleinen Teil von Lehrkräften erreicht. Lehrkräfte im Stadium des *Expert* können Unterrichtssituationen reibungs- und mühelos meistern, wobei rationale und analytische Abwägungen hier kaum mehr eine Rolle zu spielen scheinen. Hinsichtlich des Umfangs der Erfahrung wird davon ausgegangen, dass bei Lehrkräften fünf bis sieben Jahre Erfahrung in der Domäne notwendig sind, um von der Expertisestufe des *Proficient* oder *Expert* in diesem Feld sprechen zu können (Berliner, 2004; Palmer et al., 2005).

Auch wenn das vorliegende Stufenmodell eine Kategorisierung und somit eine Differenzierung von Expert*innen bzw. Noviz*innen ermöglicht, sind Stufenmodelle nicht frei von Kritik (vgl. Dall’Alba & Sandberg, 2006). Beispielsweise weist Berliner (2004) darauf hin, dass sich die ersten drei Stadien relativ klar voneinander abgrenzen lassen, dies sich für das *Proficient* und *Expert*-Stadium aber eher schwierig gestaltet. Entsprechend erscheint es sinnvoll, mehrere Maße zur Einordnung von Expert*innen zu nutzen, auch wenn einschränkend hinzuzufügen ist, dass es sich bei Lehrkräften insgesamt schwieriger darstellt als bei Vertreter*innen anderer Professionen, Expertise zu operationalisieren. So sind die Ergebnisse bzw. Konsequenzen bestimmter Expertisehandlungen in Professionen wie der Medizin (z.B. Genesung) oder in der Luftfahrt (z.B. sichere Landung) oft gut beobachtbar und entsprechend messbar, wohingegen die Effekte eines vermeintlichen Expertiselehrkraftverhaltens eher vage bleiben (Cortina, Miller, McKenzie & Epstein, 2015).

3.3.1.1 Empirische Befunde aus der lehrkraftbezogenen Expertiseforschung

Forschung zu den Effekten von Lehrexpertise auf Unterrichtsprozesse wurde in der allgemeinen Expertiseforschung bereits in den 1980er und in den frühen 1990er Jahren intensiv betrieben. Dabei lag ein besonderer Fokus auf situationsspezifischen Fertigkeiten wie den Unterrichtsplänen von Lehrkräften. Auf der Grundlage von empirischen Studien fassen Borko, Livingston und Shavelson (1990) zentrale Charakteristika der von Expertenlehrkräften erstellten Unterrichtspläne zusammen: Die Unterrichtspläne von Expertenlehrkräften sind häufig präziser und

reichhaltiger als die von Novizenlehrkräften. Hierzu gehört, dass sie mehr Details über die intendierte Instruktion und eine größere Anzahl an unterschiedlichen instruktionalen Methoden umfassen. Aber auch eine größere Konsistenz innerhalb der Unterrichtspläne, eine effiziente und langfristige Planung sowie ein größerer Fokus auf die Lernaktivitäten der Schüler*innen war in den Unterrichtsplänen der Expertenlehrkräfte im Vergleich zu denjenigen von Novizenlehrkräften zu finden. Eine geringe Orientierung an Planungsmodellen bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Kontext- und Lernendenmerkmalen führte außerdem dazu, dass die Unterrichtspläne von Expertenlehrkräften eine größere Flexibilität als die von Novizenlehrkräften aufwiesen.

Auch wenn einige dieser Merkmale (z.B. größerer Fokus auf Lernaktivitäten) vermuten lassen, dass eine größere Lehrexpertise dazu beitragen kann, dass Lehrkräfte Lernende in Lehr-Lernkontexten zu höherwertigen Lernaktivitäten anregen, basieren viele der zugrundeliegenden Studien auf eher kleinen Stichproben (z.B. Borko & Livingston, 1989; Housner & Griffey, 1985; Leinhardt & Greeno, 1986). Außerdem sind die Studien nicht auf Basis lernprozessorientierter Abwägungen erfolgt, wie sie im ICAP-Modell gemacht werden. Folglich können kaum Aussagen darüber gemacht werden, in welchem Ausmaß die berichteten Merkmale der Unterrichtspläne einen Zusammenhang zu qualitativ unterschiedlichen Lernprozessen und entsprechend zum Lernerfolg von Lernenden aufweisen. Allerdings konnten bis dato auch keine weiteren Studien bestimmt werden, die die Effekte von Lehrexpertise auf die Unterrichtspläne von Lehrkräften auf der Grundlage des ICAP-Modells untersuchten.

Insgesamt wäre es möglich, dass sich die Befunde der allgemeinen Expertiseforschung auf das Lehren mit digitalen Medien übertragen lassen. Um dies zu überprüfen, erscheint es notwendig, weitere Erkenntnisse aus der Expertiseforschung zum technologiegestützten Unterrichten heranzuziehen. Im Folgenden sollen entsprechend drei Studien herangezogen werden, die Einblicke in die Effekte von medienbezogener Lehrexpertise im Sinne von „Lehrerfahrung“ und „Erfahrung mit digitalen Medien“ auf intendierte Lernaktivitäten geben.

In einer qualitativen Studie verglichen Meskill et al. (2002) entlang der Expertisekriterien „Lehrerfahrung“ und „Erfahrung mit digitalen Medien“ medienerfahrene Lehrkräfte mit eher medienunerfahrenen Lehramtsstudierenden. In Interviews sollten die Lehramtsstudierenden und Lehrkräfte berichten, wie und warum sie digitale Medien in ihr instruktionales Handeln integrierten. Zusätzlich führten die Lehramtsstudierenden auch ein Lerntagebuch. Meskill et al. (2002) stellten fest, dass sich medienerfahrene Lehrkräfte und Lehramtsstudierende in vielerlei Hinsicht unterschieden. Konkret machten die Aussagen der Lehrkräfte deutlich, dass sie die Verantwortung für das Lehren und Lernen vorrangig bei sich und den Lernenden sahen und

digitale Medien nur als hilfreiche Werkzeuge verstanden. Die Lehramtsstudierenden begriffen digitale Medien hingegen oft als eigenständige „Agenten“, denen eine zentrale Verantwortung für das Lernen zugeschrieben wurde. Außerdem sprachen Lehrkräfte über technologiegestützte Unterrichtsaktivitäten hauptsächlich aus einer Lernendenperspektive, fokussierten sich stark auf die Förderung der Lernprozesse der Lernenden und die Potenziale digitaler Medien hierfür. Im Gegensatz dazu benannten Lehramtsstudierende häufig nur ihre eigenen Handlungen mit digitalen Medien und zeigten einen starken Fokus auf die Organisation der digitalen Mediennutzung, zum Beispiel verbunden mit der Sorge, dass digitale Geräte kaputt gehen könnten. Ebenfalls wiesen ihre Beschreibungen darauf hin, dass sie die Nutzung digitaler Medien vor allem aus einer Produktperspektive bewerteten, d.h. was Lernende beispielsweise effektiv an Text „produzierten“.

Während Meskill et al. (2002) in ihrer Studie zwischen Lehrkräften und Lehramtsstudierenden differenzierten, analysierten Russell et al. (2003) in einer quantitativen Studie die Unterschiede in der angegebenen Nutzung digitaler Medien bei Lehrkräften mit unterschiedlich umfangreicher Unterrichtserfahrung. Es wurden drei Gruppen gebildet: Lehrkräfte mit ein bis fünf Jahren Unterrichtserfahrung, Lehrkräfte mit sechs bis fünfzehn Jahre Unterrichtserfahrung und Lehrkräfte mit mehr als fünfzehn Jahren Unterrichtserfahrung. Es zeigte sich, dass die beiden letzteren Gruppen häufiger als die erste Gruppe angaben, digitale Medien im Unterricht auf eine Art und Weise einzusetzen, dass Schüler*innen selber mit den digitalen Medien arbeiteten.

Im Einklang mit Meskill et al. (2002) befragten Hughes et al. (2020) in einer qualitativen Studie die zwei Expertisegruppen Lehramtsstudierende und Lehrkräfte hinsichtlich der von ihnen am meisten wertgeschätzten digitalen Medien für den Einsatz im Unterricht. Das Expertisekriterium „Erfahrung mit digitalen Medien“ wurde hier jedoch nicht berücksichtigt. Es zeigte sich in den Beschreibungen der intendierten schüler*innenseitigen Mediennutzung, dass Lehramtsstudierende häufiger als passiv einzuordnende Lernaktivitäten (bezeichnet als Passive Hands-off Learning) als Lehrkräfte nannten. Als aktiv (bezeichnet als Passive Hands-on Learning) bzw. konstruktiv und interaktiv einzuordnende Lernaktivitäten (Active Hands-on Learning) wurden von Lehramtsstudierenden hingegen etwas weniger häufig als von Lehrkräften aufgeführt.

Alle drei Studien liefern Hinweise darauf, dass qualitative Unterschiede zwischen Lehrkräften mit unterschiedlicher medienbezogener Lehrexpertise bei der Gestaltung technologiegestützten Unterrichts anzunehmen sind. Dies scheint sowohl bei einer Definition von Lehrexpertise auf Basis des Kriteriums „Lehrerfahrung“ als auch auf Basis der „Erfahrung mit digita-

len Medien“ zu gelten. Jedoch muss darauf hingewiesen werden, dass die drei Studien den Einsatz von digitalen Medien im Unterrichtskontext bzw. intendierte technologiegestützte Lernaktivitäten nur isoliert fokussierten, ohne dabei den mediengestützten Unterricht als Ganzes, d.h. sowohl technologiegestützte als auch nicht-technologiegestützte intendierte Lernaktivitäten zu berücksichtigen. Gerade vor dem Hintergrund, dass TPK sich nicht nur auf den Einsatz von digitalen Medien, sondern auch auf das mögliche Zusammenspiel des Einsatzes von digitalen und analogen Medien bezieht, fehlt es hier entsprechend an relevanten Erkenntnissen. Außerdem beruhen alle drei Studien auf Selbstberichtsdaten und keinen konkreten Unterrichtsmaterialien wie Unterrichtsplänen, die eine objektivere Messung situationsspezifischer Fertigkeiten ermöglichen könnten. Auch eint zwei der drei Studien, dass sie bereits älteren Datums sind und in diesem Sinne kaum als repräsentativ für aktuelle technologiegestützte Unterrichtspraktiken erscheinen. Allerdings lassen sich insbesondere zwischen der Studie von Hughes et al. (2020) und der vorliegenden Arbeit Anknüpfungspunkte herstellen, da eine Kategorisierung von Lernaktivitäten gewählt wurde, die teilweise Überschneidungen zum ICAP-Modell aufweist. Ähnliches gilt für die Wahl der Expertisegruppen, da nicht wie bei Russell et al. (2003) nur Lehrkräfte, sondern Lehramtsstudierende und Lehrkräfte verglichen wurden, auch wenn das Expertisekriterium „Erfahrung mit digitalen Medien“ keine Rolle spielte. Entsprechend ist anzunehmen, dass aus ICAP-Perspektive medienerfahrene Lehrkräfte im Vergleich zu nicht medienerfahrenen Lehramtsstudierenden höherwertige Lernaktivitäten anstreben. Eine systematische Unterscheidung der vier Lernaktivitäten auf theoretischer oder empirischer Basis fand bei Hughes et al. (2020) allerdings nicht statt, was eine klare Einordnung der Ergebnisse in die Begriffe des ICAP-Modells schwierig erscheinen lässt.

3.3.1.2 Empirische Befunde aus der TPACK-Forschung

Auch die TPACK-Forschung hat sich bereits mit der Frage der medienbezogenen Lehrexpertise auseinandergesetzt. TPACK-Studien untersuchten bisher jedoch hauptsächlich die Zusammenhänge zwischen Lehrerfahrung und Erfahrung mit digitalen Medien auf der einen Seite und den TPACK-Facetten als (selbsteingeschätztes) Wissen auf der anderen Seite (z.B. Cheng & Xie, 2018; Jang & Tsai, 2013; Koh et al., 2014; Lachner et al., 2019; Lee & Tsai, 2010; Liang et al., 2013; Liu et al., 2015), hingegen kaum die TPACK-Facetten als situationsspezifische Fertigkeit oder als Performanz. Ausnahmen, die auch situationsspezifische Fertigkeiten in den Blick nahmen, bilden Studien von Krauskopf et al. (2012), Jen, Yeh, Hsu, Wu und Chen (2016) und Backfisch et al. (2020).

Krauskopf et al. (2012) analysierten in einer quantitativen Studie die Zusammenhänge des Expertisekriteriums „Wissen“ im Sinne von PK und die von Lehrkräften konkret für ihren

Unterricht intendierten Nutzungsszenarien (z.B. Präsentation, Austausch) sowie deren Vorstellungen von idealen Nutzungsszenarien (siehe Beispiele für intendierte Nutzungsszenarien) von YouTube. Es zeigte sich ein positiver direkter Effekt von PK auf die intendierte Anzahl an verschiedenen Nutzungsszenarien des digitalen Mediums. Auf die aus Lehrendensicht idealen Nutzungsszenarien des Mediums hatte PK einen indirekten Effekt. Die Studie von Krauskopf et al. (2012) legte ihren Fokus also auf „Wissen“ als Expertisekriterium und reduzierte den Fertigkeitserwerb ausschließlich auf die Anzahl an unterschiedlichen genannten instruktionalen Ansätzen. Sie vernachlässigte damit die Frage der Qualität der Lernaktivitäten im ICAP-Sinne.

Auch wenn Jen et al. (2016) Qualität ebenfalls nicht im Einklang mit dem ICAP-Modell definierten, so wurde in dieser Studie die Qualität technologiegestützten Unterrichts in Form von einer Differenzierung der angegebenen Nutzung digitaler Medien in Stufen genauer untersucht. Konkret wurde die berichtete Anwendung digitaler Medien von medien erfahrenen Lehrkräften und Lehramtsstudierenden in vier TPACK-Stufen kategorisiert. Während die niedrigste Stufe implizierte, dass Lehrpersonen den Beitrag von digitalen Medien zur Ausgestaltung von unterrichtsbezogenen Aktivitäten als vernachlässigbar betrachteten, bedeutete die höchste Stufe, dass die Teilnehmer*innen angaben, digitale Medien so zu nutzen, dass sie Lernende bei ihrem Wissenserwerb adaptiv unterstützten. Es zeigte sich, dass sich sowohl medien erfahrene Lehrkräfte als auch Lehramtsstudierende durchschnittlich auf der ersten Stufe bewegten. Qualitative Unterschiede hinsichtlich der Nutzung digitaler Medien im Unterricht waren hier folglich nicht erkennbar. Allerdings ist einschränkend hinzuzufügen, dass gerade die erste Stufe im Vergleich zu den anderen möglicherweise eher als Indikator für die Einstellung der Lehrpersonen verstanden werden kann. Außerdem handelte es sich wie bei Meskill et al. (2002) um einen Selbstbericht, in dem nur vorgegebenen Optionen ausgewählt werden konnten und der nur von Lehrkräften der Naturwissenschaft vorgenommen wurde.

Eine weitere Studie, die den Fokus mehr auf die Qualität als Quantität technologiegestützten Unterrichts legte, stammt von Backfisch et al. (2020). Sie untersuchten den Einfluss der Lehrerfahrung sowie den Einfluss von unterschiedlichen TPACK-Facetten (CK, TK, PCK) auf die Qualität von Unterrichtsplänen. Hierzu baten sie erfahrene Lehrkräfte, Referendar*innen und Lehramtsstudierende der Mathematik, zu einem vorgegebenen Unterrichtsthema einen Unterrichtsplan zu erstellen, der die Verwendung von Tablets vorsah. Als ein Qualitätsindikator wurde die instruktionale Qualität (Grad der kognitiven Aktivierung und der instruktionalen Unterstützung) der Unterrichtspläne verwendet. Dieser Indikator bzw. das Konstrukt der kognitiven Aktivierung weist eine inhaltliche Nähe zum ICAP-Modell auf, da unter kognitiver Aktivierung die Anregung höherwertiger Wissenskonstruktionsprozesse verstanden wird (Kunter &

Voss, 2011). Es zeigte sich, dass die instruktionale Qualität der Unterrichtspläne der beiden erfahreneren Gruppen (Lehrkräfte und Referendar*innen) höher war als die der Lehramtsstudierenden. Ein direkter Effekt von Expertise konnte auch weiterhin festgestellt werden, nachdem PCK und die Einstellung gegenüber digitalen Medien als Mediatoren integriert wurden. Allerdings trug nur die Einstellung gegenüber digitalen Medien substantiell als Mediator zum Effekt auf die instruktionale Qualität der Unterrichtspläne bei. Die Ergebnisse legen nahe, dass Effekte von Lehrexpertise bzw. Lehrerfahrung auf die Qualität von Unterrichtsplänen im ICAP-Sinne zu erwarten sind. Hinsichtlich anderer Indikatoren wie PCK scheint dies jedoch nicht zwangsläufig zu gelten. Da bei Backfisch et al. (2020) jedoch die Erfahrung mit digitalen Medien als relevantes Expertisekriterium nicht untersucht wurde und die Stichprobe nur aus Mathematiklehrkräften bestand, erscheint eine Erweiterung dieser Erkenntnisse durch die Integration zusätzlicher Expertisekriterien und eine fachunabhängige Untersuchung angezeigt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass für die Expertisekriterien „Lehrerfahrung“ (vgl. Backfisch et al., 2020; Hughes et al., 2020; Meskill et al., 2002; Russell et al., 2003), „Erfahrung mit digitalen Medien“ (vgl. Meskill et al., 2002) und „Wissen“ im Sinne von PK (vgl. Krauskopf et al., 2012) auf Basis der Mehrheit der Studien Unterschiede zwischen Expert*innen und Noviz*innen bei der Gestaltung von technologiegestützten Lernumgebungen festgestellt werden konnten. Konkret deuten die Ergebnisse von Hughes et al. (2020) und Backfisch et al. (2020) darauf hin, dass medienerfahrene Lehrkräfte im Vergleich zu medienunerfahrenen Lehramtsstudierenden mehr aktive, konstruktive und interaktive, jedoch weniger passive technologiegestützte Lernaktivitäten intendieren sollten. Eine Bezugnahme auf das ICAP-Modell fand allerdings in beiden Studien nicht statt. Da es sich außerdem in beiden Fällen nicht explizit um medienerfahrene Lehrkräfte handelte, sind diese mit Blick auf technologiegestütztes Unterrichten nicht zwangsläufig als Expert*innen zu betrachten. Entsprechend können mit Blick auf die Frage der adäquaten Förderung der Entwicklung des TPK von Lehramtsstudierenden nur eingeschränkt Schlüsse gezogen werden. Inwiefern auch Expertiseeffekte auf intendierte nicht-technologiegestützte Lernaktivitäten im Rahmen von mediengestütztem Unterricht zu erwarten sind, bleibt auf Basis der Studien ebenfalls unklar.

3.3.2 *Von Lehrerbildner*innen intendierte ICAP-Lernaktivitäten*

Digitale Medien werden als Ermöglicher von Lernumgebungen verstanden, die im Einklang mit konstruktivistischen Vorstellungen von Lehren und Lernen stehen (Dexter, Anderson & Becker, 1999; Matzen & Edmunds, 2007). Bezugnehmend auf das ICAP-Modell sollten die

Potenziale digitaler Medien insbesondere dann zur Geltung kommen, wenn Lehrpersonen digitale Medien so nutzen, dass die Umsetzung höherwertiger Lernaktivitäten auf Lernendenseite wahrscheinlicher wird als wenn keine digitalen Medien zum Einsatz kommen. Gerade Lehrerbildner*innen kommt hier eine wichtige Rolle zu, da sie auf die Nutzung der Potenziale digitaler Medien durch Lehramtsstudierende maßgeblich Einfluss nehmen (Goktas et al., 2009; Tondeur et al., 2012). Um im Kontext der Lehrer*innenbildung festzustellen, inwiefern die Potenziale digitaler Medien genutzt werden, erscheint eine *intraindividuelle Betrachtung* der von Lehrerbildner*innen in Lehrveranstaltungen intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten (*TPK als Performanz*) notwendig (erster Fokus Studie *TPK und Lernerfolg*; siehe Abbildung 6). Im Folgenden werden deshalb empirische Befunde zu den von universitären Lehrpersonen intendierten technologiegestützten Lernaktivitäten dargestellt. Da bisher kaum Erkenntnisse zur Gruppe der Lehrerbildner*innen vorliegen, werden Befunde zu Hochschullehrenden im Allgemeinen berichtet. Auch hinsichtlich der *intraindividuellen Betrachtung* von technologiegestützten und nicht-technologiegestützten intendierten Lernaktivitäten kann bisher nur auf eine auf Lehrkräfte beschränkte Studie Bezug genommen werden.

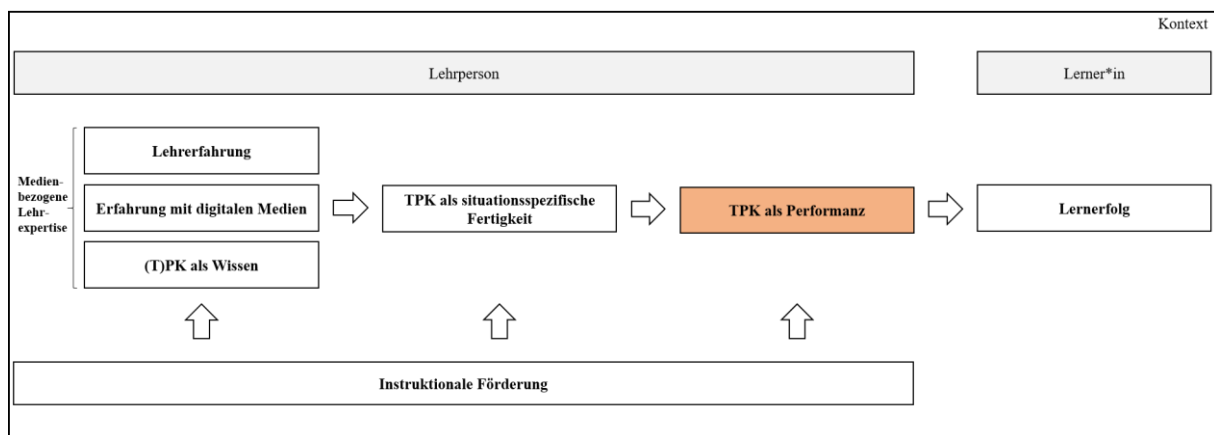


Abbildung 6. Darstellung des ersten Fokus der Studie *TPK und Lernerfolg*.

3.3.2.1 Von Hochschullehrenden intendierte technologiegestützte Lernaktivitäten

Für die Zielgruppe der Hochschullehrenden lassen sich auf Basis der ICAP-Forschung nur eingeschränkt Aussagen zur intendierten Nutzung digitaler Medien zur Förderung von ICAP-Lernaktivitäten treffen. Bisher hat sich nur eine groß angelegte Befragung an bayerischen Hochschulen von Sailer et al. (2018; vgl. auch Lohr, Stadler et al., 2021) diesem Aspekt gewidmet. In der Studie wurden nicht nur Hochschullehrende fokussiert, sondern auch Studierende zur Implementation digitaler Medien durch ihre Hochschullehrenden befragt. Über 60% der

befragten Studierenden gaben an, dass sie in Vorlesungen häufig oder sehr häufig von Hochschullehrenden zu passiven Lernaktivitäten angeregt wurden. In Seminaren lag der Anteil bei 44%. Aktive Lernaktivitäten wurden mit über 40% (Vorlesungen) bzw. 30% (Seminare) ebenfalls zu einem beträchtlichen Ausmaß berichtet. Demgegenüber gaben jeweils nur knapp 10% (Vorlesungen) bzw. 20% (Seminare) der Studierenden an, dass sie häufig oder sehr häufig von ihren Hochschullehrenden zu konstruktiven und interaktiven Lernaktivitäten in Lehrveranstaltungen angeregt wurden.

Auch wenn keine weiteren Studien vorzuliegen scheinen, die die TPACK-Facetten von Hochschullehrenden bisher mit einem expliziten Bezug auf das ICAP-Modell analysierten, können andere Studien herangezogen werden, die sich aus dieser Perspektive zumindest indirekt interpretieren lassen. Diese Studien von Marcelo-García, Yot-Domínguez und Mayor-Ruiz (2015), U. Schmid, Goertz, Radomski, Thom und Behrens (2017) und Newman und Beetham (2017) bzw. Newman, Beetham und Knight (2018) scheinen die Ergebnisse von Sailer et al. (2018) größtenteils zu stützen. So gaben Hochschullehrende in einer spanischen Large-Scale-Studie von Marcelo-García et al. (2015) an, in ihrer Lehre sehr häufig technologiegestützte Präsentationen zu nutzen. Ebenfalls nahm das Zeigen von Simulationen, Demonstrationen und Videos den Hochschullehrenden zufolge einen großen Raum ein. Unter Bezugnahme auf das ICAP-Modell evozieren diese Aktivitäten auf Lernendenseite eher passive Lernaktivitäten. Technologiegestützte aktive oder konstruktive Lernaktivitäten wie die Produktion von digitalen Ressourcen durch die Studierenden oder die Bearbeitung von Problemlöse-, Analyse- und Übungsaufgaben wurden von den Hochschullehrenden auf Basis ihrer Angaben weniger häufig angeregt. Gleiches galt für interaktive Lernaktivitäten wie die technologiegestützte kollaborative Bearbeitung von Aufgaben und die Diskussion in Onlineforen.

Diese Ergebnisse werden indirekt durch eine nationale, repräsentative Studie von U. Schmid et al. (2017) bestätigt, in der Hochschullehrende gebeten wurden, anzugeben, in welchem Rahmen sie digitale Medien in ihren Veranstaltungen einsetzen. Items, die eine grobe Übertragung auf das ICAP-Modell zulassen, bezogen sich auf die Präsentation von Inhalten sowie die Nutzung von Vorbereitungsvideos (beides intendierte passive Lernaktivität), die Arbeit mit Software durch Studierende sowie die Nutzung von Selbstlernprogrammen (beides intendierte aktive/konstruktive Lernaktivität) und die gemeinsame Erstellung von Lerninhalten mit digitalen Medien durch Studierende (intendierte interaktive Lernaktivität). Knapp 60% der befragten Hochschullehrenden gaben an, digitale Medien häufig für die Präsentation von Inhalten zu verwenden, gefolgt von der Arbeit mit Software durch die Studierenden (mit knapp 40%). Weniger als ein Drittel der Hochschullehrenden ließ Studierende gemeinsam Lerninhalte

erstellen und nur ein sehr kleiner Anteil nutzte Vorbereitungsvideos oder Selbstlernprogramme. Eine Large-Scale Studierendenbefragung in Großbritannien (Newman & Beetham, 2017; Newman et al., 2018) kam zu vergleichbaren Ergebnissen.

Die Ergebnisse der vorgestellten Studien legen nahe, dass Hochschullehrende mit digitalen Medien passive Lernaktivitäten häufiger als konstruktive und interaktive Lernaktivitäten intendieren. Auch scheint sich auf der Basis von Sailer et al. (2018), Newman und Beetham (2017) sowie Newman et al. (2018) abzuzeichnen, dass aktive Lernaktivitäten in Lehrveranstaltungen einen größeren Raum einnehmen als konstruktive und interaktive Lernaktivitäten. Dass konstruktive Lernaktivitäten durch Hochschullehrende häufiger intendiert werden als interaktive Lernaktivitäten, wird bei U. Schmid et al. (2017), Newman und Beetham (2017) und Newman et al. (2018) deutlich. Folglich scheint das durch Hochschullehrende intendierte studentische Engagement in technologiegestützten Lernaktivitäten mit jedem Aktivitätsmodus von passiv zu interaktiv tendenziell abzunehmen. Jedoch muss einschränkend darauf hingewiesen werden, dass sich die Ergebnisse abgesehen von Sailer et al. (2018) nur auf eine Auswahl an Lernaktivitäten (z.B. Recherchieren) eines Aktivitätsmodus (z.B. aktiv) beziehen und nicht das mögliche Spektrum an Lernaktivitäten eines Aktivitätsmodus abbilden. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass sowohl die Hochschullehrenden als auch die Studierenden Angaben machten, die sich auf die Gesamtheit ihrer Lehrveranstaltungen bzw. Arten von Lehrveranstaltungen (bei Sailer et al., 2018) bezogen. Wie in 3.2.2 bereits hingewiesen, sind gerade bei einer derartigen Erhebung aufgrund der fehlenden spezifischeren Referenz (z.B. auf eine Lehrveranstaltung) Antwortverzerrungen möglich. Des Weiteren handelte es sich bei der Stichprobe nur um Hochschullehrende bzw. Studierende in ihrer Gesamtheit, nicht um Lehrerbildner*innen bzw. Lehramtsstudierende. Folglich ist es von Bedeutung, die Ergebnisse von Sailer et al. (2018) mithilfe der Abbildung eines breiten Spektrums an Lernaktivitäten innerhalb der Aktivitätsmodi sowie auf der Basis veranstaltungsspezifischer Einschätzungen spezifisch in der Lehrer*innenausbildung zu replizieren.

3.3.2.2 *Intendierte technologiegestützte vs. nicht-technologiegestützte ICAP-Lernaktivitäten*

Die bisher berichteten Studien interessierten sich dafür, welche Lernaktivitäten Lehrpersonen in welchem Ausmaß mit digitalen Medien intendieren. Dabei blieb jedoch die Frage außen vor, welche Lernaktivitäten Lehrpersonen in welchem Ausmaß ohne digitale Medien intendieren und inwiefern sich hier Unterschiede im Vergleich zu den intendierten Lernaktivitäten mit digitalen Medien ergeben. Eine solche *intraindividuelle Betrachtung* würde jedoch Schlüsse dazu zulassen, inwiefern die Potenziale digitaler Medien von Lehrerbildner*innen im Hinblick auf

den Lernerfolg von Lehramtsstudierenden tatsächlich genutzt werden. Wenn diesbezüglich Unterschiede zwischen den intendierten Lernaktivitäten mit und ohne digitale Medien untersucht wurden, dann nur in Kontexten, in welchen digitale Medien neu eingeführt wurden (z.B. Einführung einer Laptopklasse in Schulen; Schaumburg, 2003), verbunden mit der Hoffnung, dass die Einführung digitaler Medien einen positiven Effekt auf die Instruktion von Lehrkräften hat. Folglich wurde hier die ganze Lernumgebung bzw. Performanz ohne eine Differenzierung technologiegestützter Lernaktivitäten und nicht-technologiegestützter Lernaktivitäten vor der Einführung und nach der Einführung eines oder mehrerer digitaler Medien als Untersuchungseinheit herangezogen. Während einige Studien dabei kaum Veränderungen feststellen konnten (z.B. Cuban, Kirkpatrick & Peck, 2001), zeigten andere Studien, dass der Unterricht von Lehrkräften im Zuge der Einführung digitaler Medien zunehmend mehr auf konstruktivistischen Prinzipien basierte (z.B. Sandholtz, Ringstaff & Dwyer, 1997; Schaumburg, 2003), auch wenn diese Unterschiede nicht unbedingt beträchtlich waren. Es wird gefolgert, dass digitale Medien als Katalysator für konstruktivistisches Lehren und Lernen dienen können, hierfür aber bestimmte Rahmenbedingungen wie eine gute Infrastruktur und Unterstützungsstrukturen gegeben sein müssen (Becker & Ravitz, 1999). Außerdem scheint der Lehrstil der Lehrkräfte einen nicht unerheblichen Anteil an Varianz erklären zu können (Häuptle, 2006).

Da diese Untersuchungen jedoch hauptsächlich längsschnittlich angelegt waren und den mediengestützten Unterricht als Ganzes fokussierten, bleibt unklar, welche Rolle nicht-technologiegestützte Lernaktivitäten im Rahmen des mediengestützten Unterrichts einnehmen, um Erkenntnisse über das TPK von Lehrpersonen bzw. deren Nutzung der Potenziale digitaler Medien zu gewinnen. Entsprechend besteht eine Notwendigkeit, diese Frage differenzierter in Form eines querschnittlichen, intraindividuellen Vergleichs zu beantworten. Erste Evidenz stammt aus der internationalen IEA SITES 2006 Studie (Law & Chow, 2008), in der unter anderem ein querschnittlicher Vergleich der intendierten technologiegestützten und den insgesamt intendierten Lernaktivitäten vorgenommen wurde. Lehrkräfte der Mathematik und Naturwissenschaft aus 22 Ländern wurden gebeten, für unterschiedliche Aktivitäten einzuschätzen, wie oft Schüler*innen diese in dem vorliegenden Schuljahr umsetzten, und anzugeben, ob diese Aktivitäten mit digitalen Medien umgesetzt wurden. Diese Aktivitäten wurden drei Faktoren zugeordnet: (1) Traditionally Important, (2) Lifelong Learning und (3) Connectedness. Während „Traditionally Important“ nur auf der Aktivität „Bearbeitung von Arbeitsblättern/Übungen“ beruhte, wurden dem Faktor „Lifelong Learning“ insbesondere Elemente selbstregulierten Lernens (d.h. Lernziele setzen, Arbeiten im eigenen Lerntempo, Selbst- und Peerbewertungen,

Reflexion des Lernprozesses) sowie die Diskussion von Ideen mit der Lehrkraft und Mitschüler*innen und das Geben von Präsentationen zugeordnet. Als „Connectedness“ wurde die Kollaboration mit Schüler*innen aus anderen Schulen oder anderen Akteuren außerhalb der Schule sowie die Durchführung von eigenen Lernaktivitäten (z.B. Projekte) verstanden. Die Ergebnisse zeigten, dass bei technologiegestützten Aktivitäten im Vergleich zu den gesamten Aktivitäten in vielen Ländern den Faktoren „Connectedness“ und „Lifelong Learning“ eine größere Rolle zukam.

Auch wenn man auf der Basis dieses Ergebnisses annehmen könnte, dass Lehrkräfte mit digitalen Medien höherwertige Lernaktivitäten intendieren als ohne digitale Medien, sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden: Bei SITES 2006 handelt es sich um eine Studie älteren Datums. Es stellt sich die Frage, inwiefern die Ergebnisse heute repliziert werden könnten. Auch sind die bei SITES 2006 definierten Aktivitäten nicht zweifelsfrei den ICAP-Lernaktivitäten zuzuordnen. So sind beispielsweise einzelne Aktivitäten wie das Geben von Präsentationen vermutlich eher weniger hochwertigen Lernaktivitäten zuzuordnen (wenn berücksichtigt wird, dass der Großteil der Schüler*innen hierbei oft passiv bleibt), werden aber bei Law und Chow (2008) gemeinsam mit eher hochwertigen Lernaktivitäten demselben Faktor „Lifelong Learning“ zugeordnet. Außerdem lassen sich vorerst nur Schlüsse für die Gruppe der Lehrkräfte, allerdings nicht für Lehramtsstudierende und Hochschullehrende ziehen. Um valide Aussagen über das TPK von Lehrpersonen treffen zu können, sollte deshalb ein Vergleich von intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten ICAP-Lernaktivitäten auch für letztere Personengruppen angestrebt werden.

3.3.3 ICAP-Lernaktivitäten und Lernerfolg

Während im vorangegangenen Teilkapitel die von Lehrerbildner*innen intendierten Lernaktivitäten diskutiert wurden, bleibt mit Blick auf die Konzeptualisierung der Forschungsinteressen noch offen, inwiefern die von Lehrerbildner*innen intendierten ICAP-Lernaktivitäten (*TPK als Performanz*) in unterschiedlichem Maße mit dem domänenspezifischen Wissenserwerb und domänenübergreifenden Fertigkeitserwerb von Lehramtsstudierenden zusammenhängen (zweiter Fokus Studie *TPK und Lernerfolg*; siehe Abbildung 7). Deshalb sollen im Folgenden zuerst allgemeine, anschließend spezifisch in technologiegestützten Kontexten gewonnene Forschungsergebnisse zu den Effekten der verschiedenen Lernaktivitätsmodi auf den domänenspezifischen Wissenserwerb dargestellt werden. In einem dritten Abschnitt werden mögliche Effekte der ICAP-Lernaktivitätsmodi auf den domänenübergreifenden Fertigkeitserwerb fokus-

siert. Da sich die ICAP-Forschung bisher nur auf domänenspezifischen Wissenserwerb konzentriert hat, werden Ergebnisse aus anderen Forschungskontexten herangezogen, um Annahmen hierzu formulieren zu können.

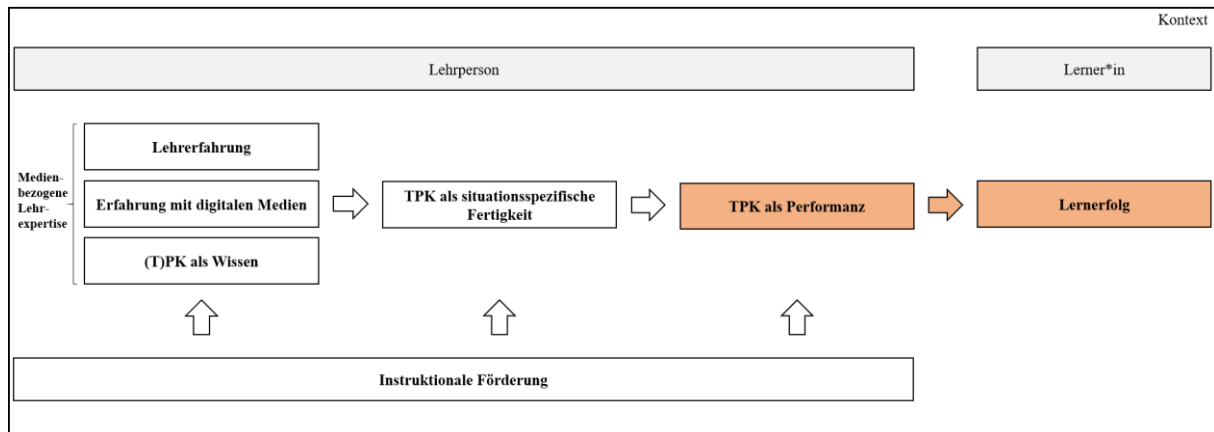


Abbildung 7. Darstellung des zweiten Fokus der Studie *TPK und Lernerfolg*.

Als wichtige Grundlage zur Untermauerung der ICAP-Hypothese gelten insbesondere die von Chi (2009) und Chi und Wylie (2014) berichteten Reanalysen bisheriger Forschungsergebnisse zu den Effekten unterschiedlicher Interventionsbedingungen auf den domänenspezifischen Wissenserwerb. Die ICAP-Hypothese wurde hier in Form von einer ICAP-Kategorisierung paarweiser Vergleiche (z.B. aktive vs. konstruktive Interventionsbedingung) in Labor- sowie Feldstudien und zweier Vergleiche von drei unterschiedlichen Bedingungen (z.B. passiv vs. aktiv vs. konstruktiv) in Laborstudien validiert. Dabei bezogen sich die paarweisen Vergleiche zum Großteil auf Studien, die sich auf das Anfertigen von Notizen, Concept-Mapping und Selbsterklären bezogen. Beispielsweise referieren Chi und Wylie (2014) auf eine Studie von Guastello, Beasley und Sinatra (2000), in der Schüler*innen, die eine Concept Map zu einem Text erstellten (konstruktive Bedingung), in einem anschließenden Wissenstest besser abschnitten als Schüler*innen, die den Text im Unterricht nur lasen und im Plenum diskutierten (passive Bedingung). Die Diskussion im Plenum ist dabei aus Sicht von Chi und Wylie (2014) eher als passiv zu werten, da nur ein geringer Anteil an Lernenden potenziell konstruktiv sein kann und der Großteil der Lernenden eher passiv bleibt. Die um die 40 aufgeführten Studien stellen damit eine solide Argumentationsbasis für die ICAP-Hypothese dar. Allerdings handelt es sich um keinen systematischen Review, weshalb offen bleibt, inwiefern der ICAP-Hypothese widersprechende Studienergebnisse möglicherweise ausgeklammert wurden. Außerdem befanden sich unter den ausgewählten Studien zwar auch Studien, in welchen digitale Medien zum Einsatz kamen. Diese waren jedoch nur für einzelne und nicht alle möglichen Vergleiche zwischen den ICAP-Aktivitätsmodi gegeben.

3.3.3.1 Empirische Befunde zu den Effekten von nicht-technologiegestützten ICAP-Lernaktivitäten auf den domänenspezifischen Wissenserwerb

Aus den gerade benannten Gründen erscheint es notwendig, nicht nur die Reanalysen als alleiniges Kriterium für die Validität der ICAP-Hypothese heranzuziehen, sondern auch empirische Studien in Betracht zu ziehen, die seither auf der Grundlage des ICAP-Modells entstanden sind. In den folgenden beiden Unterkapiteln wird zuerst auf empirische Studien Bezug genommen, die in nicht explizit technologiegestützten Kontexten durchgeführt wurden und den größeren Teil der bisherigen ICAP-Forschung ausmachen. Dabei werden sowohl empirische Befunde der Arbeitsgruppe um Chi also auch Ergebnisse anderer Forscher*innen präsentiert. Im Anschluss daran wird explizit auf Studien eingegangen, in denen die Effekte technologiegestützter ICAP-Lernaktivitäten auf den Lernerfolg untersucht wurden.

In der Arbeitsgruppe um Chi wurden mehrere Studien zur empirischen Überprüfung der ICAP-Hypothese durchgeführt. Während in zwei Studien (Menekse et al., 2013) die Effekte verschiedener Lernaktivitätsbedingungen auf den domänenspezifischen Wissenserwerb von Studierenden der Ingenieurwissenschaften in einem Laborsetting und im Rahmen einer Lehrveranstaltung untersucht wurden, lag der Fokus einer dritten Studie (Chi et al., 2018) auf den Effekten intendierter lehrkraftseitiger Lernaktivitäten auf den domänenspezifischen Wissenserwerb von Schüler*innen. Diese drei Studien sollen im Folgenden näher skizziert werden.

In der erstgenannten Studie von Menekse et al. (2013) wurden Studierende der Ingenieurwissenschaften nach einer kurzen schriftlichen Einführung in die zentralen inhaltlichen Konzepte und einem Pretest entsprechend des ICAP-Modells vier verschiedenen Bedingungen zufällig zugeteilt. In der passiven Bedingung sollten die Studierenden einen weiterführenden Text lesen. Die aktive Bedingung bestand darin, dass Studierende die wichtigsten Sätze in diesem weiterführenden Text unterstreichen sollten. In der konstruktiven Bedingung war es die Aufgabe der Studierenden, auf einem Arbeitsblatt Fragen zu auf den Texten beruhenden Schaubildern und Abbildungen zu beantworten. In der interaktiven Bedingung erhielten Dyaden von Studierenden die gleichen Schaubilder und Abbildungen. Allerdings arbeiteten sie an einem gemeinsamen Arbeitsblatt und wurden zu Beginn instruiert, dass sie in ihrer Gruppe zu einem Konsens kommen sollen, bevor sie ihre Antworten auf das Arbeitsblatt schreiben. Nach der Intervention wurde das domänenspezifische Wissen der Studierenden erneut mit den Fragen des Pretests sowie zusätzlichen Fragen getestet. Die Ergebnisse zeigten, dass der Lernzuwachs von Pre- zu Posttest von Aktivitätsmodus zu Aktivitätsmodus jeweils signifikant stieg. Allerdings konnte in einer Analyse der verbalen Daten der interaktiven Dyaden festgestellt werden,

dass die Dyaden, deren Diskurs eine geringe Interaktionsqualität aufwies, den Studierenden der konstruktiven Bedingung nicht überlegen waren (Menekse & Chi, 2019).

Auch in einer zweiten Studie untersuchten Menekse et al. (2013) die differenziellen Effekte verschiedener Lernaktivitätsbedingungen auf den Lernerfolg von Studierenden der Ingenieurwissenschaft, diesmal allerdings im Rahmen einer Feldstudie. Die Studierenden bearbeiteten an fünf aufeinanderfolgenden Tagen jeweils kurze Lerneinheiten zu zwei Themen, in denen jeweils nur ein Lernaktivitätsmodus umgesetzt werden sollte. Im Rahmen eines Within-Subjects-Designs fanden zunächst zum Thema Atombindung eine aktive und eine interaktive Lerneinheit statt, für das Thema Kristallstrukturen eine aktive, konstruktive und eine interaktive Lerneinheit. Die Lerneinheiten schlossen jeweils mit einem Quiz, das in der Schwierigkeit variierende Fragen, d.h. Wiedererkennung-, Integrations- und Inferenzfragen, beinhaltete. Beim Thema Atombindung schnitten die Studierenden bei allen Fragetypen in der interaktiven Lerneinheit besser ab als in der aktiven. Beim Thema Kristallstrukturen erreichten die Studierenden in der interaktiven und konstruktiven Lerneinheit insgesamt höhere Testwerte als in der aktiven Lerneinheit. Während die konstruktive Lerneinheit der aktiven bei den Wiedererkennungsfragen sowie der aktiven und interaktiven Lerneinheit bei Integrationsfragen überlegen war, war die interaktive Lerneinheit der konstruktiven und aktiven Lerneinheit bei den Inferenzfragen überlegen.

Im Allgemeinen scheinen die Ergebnisse der ersten Studie die ICAP-Hypothese folglich gut zu bestätigen. Die Ergebnisse der zweiten Studie sind hingegen nicht vollkommen erwartungskonform, da interaktive Lernaktivitäten konstruktiven Lernaktivitäten nicht prinzipiell überlegen waren. Wenn allerdings der Schwierigkeitsgrad der Quizfragen in Betracht gezogen wird, zeigte sich ein differenzierteres Bild, das die im ICAP-Modell gemachte Annahme (vgl. 3.1.2) unterstreicht, demzufolge sich die differenziellen Effekte der Lernaktivitäten bei weniger herausfordernden Lernerfolgsmessungen gegebenenfalls nicht zeigen. Trotzdem lassen sich die Ergebnisse der zweiten Studie nur eingeschränkt interpretieren, da kein Pretest erfolgte, keine Rotation der Lerneinheiten vorgenommen wurde, und Effekte deshalb möglicherweise auch auf das Vorwissen der Studierenden oder die Reihenfolge der Lerneinheiten zurückzuführen sind.

Im Gegensatz zu den ersten beiden Studien, die auf Studierende fokussiert waren, begleiteten Chi et al. (2018) in einer dritten Studie Lehrkräfte bei der Implementation von ICAP-Lernaktivitäten in ihrem Unterricht. Nach der Teilnahme an einem Onlinemodul zum ICAP-Modell sollten die Lehrkräfte jeweils ein Paar von Unterrichtsplänen erstellen und Unterrichtsstunden halten, in denen ein Unterrichtsplan bzw. eine Unterrichtsstunde einen Fokus auf die

Anregung zum Engagement in einen Aktivitätsmodus (z.B. aktiv) und der andere Unterrichtsplan bzw. die andere Unterrichtsstunde einen Fokus auf die Anregung zum Engagement in einen anderen Aktivitätsmodus (z.B. konstruktiv) legte. Eine Mehrebenenmodellierung zeigte, dass die Schüler*innen in konstruktiven Unterrichtsstunden einen größeren domänenspezifischen Wissenszuwachs verzeichnen konnten als Schüler*innen in aktiven Unterrichtsstunden. Schüler*innen in interaktiven Unterrichtsstunden waren denjenigen in konstruktiven Unterrichtsstunden hingegen nicht überlegen. Analysen der mündlichen Anweisungen der Lehrkräfte machten jedoch deutlich, dass die Lehrkräfte in interaktiven Unterrichtsstunden kaum kollaborative und nur ähnlich viele auf konstruktive Lernaktivitäten bezogene Hinweise gaben wie Lehrkräfte in konstruktiven Unterrichtsstunden. Außerdem waren in den schriftlichen Anweisungen der Lehrkräfte für die interaktiven Unterrichtsstunden nahezu keine kollaborativen und weniger konstruktive Anweisungen als in den Anweisungen für die konstruktiven Unterrichtsstunden zu beobachten. Auch in dieser Studie ließ sich die ICAP-Hypothese folglich im Großen und Ganzen bestätigen, wenn nicht nur die vorab festgelegte Bedingung, sondern auch weitere tatsächlich von der Lehrkraft intendierte Lernaktivitäten berücksichtigt wurden. Allerdings lässt sich festhalten, dass bisher nur in der Laborstudie von Menekse et al. (2013) alle vier Aktivitätsmodi berücksichtigt wurden. In den bisherigen Feldstudien (Chi et al., 2018; Menekse et al., 2013) wurden nur jeweils drei der vier Aktivitätsmodi untersucht.

Neben den Studien der Arbeitsgruppe um Chi wurden auch in anderen Studien die Effekte der unterschiedlichen Lernaktivitäten auf den Lernerfolg untersucht, die sich zumeist auf eine Spezifikation oder Erweiterung der ICAP-Hypothese fokussierten. Dabei sollen im Folgenden exemplarisch drei Studien vorgestellt werden, die sich dadurch auszeichnen, dass sie eine besondere Lehrsituation betrachteten (Chase et al., 2019), Langzeiteffekte berücksichtigten (LaDage et al., 2018) oder eine Subdifferenzierung einer Lernaktivität vornahmen (Margulieux & Catrambone, 2019).

Beispielsweise analysierten Chase et al. (2019) die ICAP-Hypothese im Kontext von Lehrer*innen-Schüler*innen-Gesprächen bei Explorationsaufgaben im MINT-Bereich. Zwischen einem Pre- und Posttest erhielten die Schüler*innen zwei Aufgaben, die sie mit der Unterstützung einer Lehrkraft lösen sollten. Bei Kontrolle für den Pretest fanden Chase et al. (2019), dass konstruktive Lehrkraftprompts den Lernerfolg positiv, aktive Lehrkraftprompts nicht signifikant und passive Lehrkraftprompts den Lernerfolg negativ vorhersagten. Jedoch konnte dieses Muster für die Äußerungen der Schüler*innen überraschenderweise nicht gefunden werden. Hier konnten abgesehen vom Pretest weder konstruktive, aktive noch passive Äu-

ßerungen Varianz im Lernerfolg erklären. Neben methodologischen Gründen (Art der Kodierung, kleine Fallzahl) wäre es möglich, dass aufgrund der konstruktiven Prompts der Lehrkräfte zwar bei den Lernenden mentale Wissenskonstruktionsprozesse abliefen, sie diese aber nicht verbalisierten (Chase et al., 2019).

Für die Langzeiteffekte der ICAP-Lernaktivitäten auf den Wissenserwerb interessierten sich bisher insbesondere LaDage et al. (2018). Im Kontext der Medizinausbildung testeten sie den Wissenserwerb von Studierenden über Nervenbahnen in drei Bedingungen. Eine der Bedingungen war als aktiv (Manipulation eines Modells; bei den Autor*innen als konstruktiv verstanden) und zwei davon als passiv (Beobachten der Manipulation bzw. einem Vortrag zuhören) zu verstehen. Während die Studierenden der aktiven Bedingung in einem Wissenstest direkt nach der Aktivität besser abschnitten als die anderen beiden Gruppen, konnten in einer Follow-Up Erhebung zwei Wochen später keine Unterschiede mehr gefunden werden.

Eine Subdifferenzierung des konstruktiven Lernaktivitätsmodus nahmen Margulieux und Catrambone (2019) vor. Dabei wurden konstruktive Lernaktivitätsbedingungen in unangeleitet, angeleitet ohne Tipps und angeleitet mit Tipps unterschieden und mit passiven und aktiven Lernaktivitätsbedingungen im Kontext von Programmierung verglichen. Studierende unterschiedlicher Fächer sollten sich mit Hilfe von Lösungsbeispielen die Teilschritte von Programmierprozeduren selbst erklären. Während die passive Gruppe hierzu vollständige Lösungsbeispiele erhielt, musste die aktive Gruppe bestimmten Prozeduren die passenden Teilschritte zuordnen. Die unangeleitete konstruktive Gruppe musste sich die zu den Prozeduren zugehörigen Teilschritte selbst erschließen, während die angeleiteten Gruppen bereits eine Unterteilung der Prozeduren (jedoch ohne Benennung) erhielten. Die angeleitete Gruppe mit Prompts erhielt zusätzlich Hinweise zur Identifikation der Teilschritte. Die Ergebnisse zeigten, dass nur die angeleitete konstruktive Gruppe mit Prompts der passiven Gruppe in einer nachfolgenden Problemlöseaufgabe überlegen war.

Die Studien illustrieren, dass sich die ICAP-Hypothese bzw. einzelne Kontraste zwar im Großen und Ganzen, aber nicht unter allen Bedingungen bestätigen lässt. Dabei weisen die Ergebnisse von Chase et al. (2019) darauf hin, dass als Indikator für eine Lernaktivitätsmodus die Untersuchung der Instruktion der Lehrkraft zentraler sein könnte als die der Studierendenprozesse bzw. -produkte. LaDage et al. (2018) stellen die berechnete Frage der Langzeiteffekte zur Debatte. Auch scheinen die Befunde zum Lernen aus Lösungsbeispielen nicht zwangsläufig mit der ICAP-Hypothese konform zu sein, wie durch die Ergebnisse von Margulieux und Catrambone (2019) illustriert. Allerdings wurde in allen der präsentierten Studien nur ein Ausschnitt der Aktivitätsmodi und nicht alle vier Aktivitätsmodi gemeinsam untersucht.

3.3.3.2 *Empirische Befunde zu den Effekten der ICAP-Lernaktivitäten auf den domänenspezifischen Wissenserwerb im Kontext des Lehrens und Lernens mit digitalen Medien*

Im ICAP-Modell wird angenommen, dass die ICAP-Hypothese bis auf gewisse Ausnahmen unabhängig von der jeweils untersuchten Domäne zum Tragen kommt. Allerdings wurden bisher nur in einigen wenigen Studien technologiegestützte Lernaktivitäten bzw. Lernaktivitätsbedingungen in Zusammenhang mit dem Lernerfolg von Lernenden untersucht. Die Ergebnisse zwei dieser Studien werden im Folgenden vorgestellt.

So analysierten Xu Wang et al. (2016) im Rahmen eines Massive Open Online Course (Einführung in die Psychologie), welche Arten von Studierendenbeiträgen in einem Onlinediskussionsforum zu deren domänenspezifischen Wissenserwerb beitrugen. Aufgrund der Art der Erhebung konnten passive Beiträge nicht gemessen werden. Außerdem wurden konstruktive und interaktive Beiträge der gleichen Kategorie zugeordnet, da insbesondere interaktive Beiträge kaum auftraten. Die Ergebnisse zeigten, dass konstruktive/interaktive Beiträge in höherem Maße zum Lernzuwachs bei Studierenden beigetragen als aktive Beiträge.

Während die Studie von Xu Wang et al. (2016) in einem Onlinesetting angesiedelt war, lag der Fokus einer Studie von Henderson (2019) auf Präsenz-Physikveranstaltungen, in denen die Nutzung digitaler Medien in Form von Peer Instruction implementiert wurde. Peer Instruction zeichnet sich dadurch aus, dass Lehrpersonen mithilfe von Audience Response Systemen eine Quizfrage zu den zuvor präsentierten Inhalten stellen, Lernende diese individuell und anonym beantworten, die Abstimmungsergebnisse projiziert werden und anschließend bei einer nicht ausreichenden Häufigkeit richtiger Antworten eine kurze Diskussion in Paaren erfolgt, in der sich die Lernenden sich gegenseitig erklären sollen, warum sie welche Antwort gewählt haben. Anschließend stimmen die Lernenden erneut anonym über die Quizfrage ab. Der Zyklus kann wiederholt werden, wenn weiterhin nicht der Großteil der Lernenden für die richtige(n) Antwort(en) gestimmt hat. Um festzustellen, inwiefern mit Blick auf das ICAP-Modell die Peerdiskussion entscheidend für die Effektivität des Peer Instruction Ansatzes ist, wurden vier Bedingungen zwischen den beiden individuellen Abstimmungen umgesetzt. In der ersten Bedingung wurde zwischen den beiden Abstimmungen ein Vortrag gehalten (passiv). In der zweiten Bedingung wurden die Studierenden gebeten, in dieser Zeit individuell eine schriftliche Erklärung für ihre Antwort anzufertigen (konstruktiv). In der dritten Bedingung machten die Studierenden erst Notizen und sollten anschließend mit einem Peer diskutieren (konstruktiv+interaktiv). In der vierten Bedingung war nur die Diskussion mit einem Peer vorgesehen (interaktiv). Die Vortrags- bzw. Bearbeitungszeit war in allen Bedingungen identisch (drei Minuten).

Bei Kontrolle von Vorwissens- und demographischen Faktoren hatte nur die interaktive Bedingung einen substantiell größeren Effekt auf den Wissenszuwachs als die passive Bedingung. Während die Ergebnisse von Xu Wang et al. (2016) die ICAP-Hypothese zumindest für schlussfolgernde vs. nicht-schlussfolgernde Lernaktivitäten bestätigen konnten, sind bei Henderson (2019) nur die Endpunkte der ICAP-Lernaktivitäten in ihren Effekten auf den domänenspezifischen Wissenserwerb klar voneinander zu differenzieren. Beiden Studien ist allerdings gemein, dass sie ebenfalls nur einen Teil der Aktivitätsmodi in ihren Studien abbildeten.

Auf der Grundlage der bisher berichteten Reanalysen und empirischen Studien lässt sich der Schluss ziehen, dass differenzielle Effekte eines Engagements in die verschiedenen intendierten ICAP-Lernaktivitäten auf den Lernerfolg von Lernenden zu erwarten sind, die im Großen und Ganzen im Einklang mit der ICAP-Hypothese stehen. Allerdings steht weiterhin eine empirische Feldstudie aus, die alle vier Aktivitätsmodi im Hochschulkontext umsetzt und testet.

3.3.3.3 Empirische Befunde zu den Effekten der ICAP-Lernaktivitäten auf den domänenübergreifenden Fertigkeitserwerb

Aussagen zu den Zusammenhängen verschiedener Lernaktivitätsbedingungen bzw. eines Engagements in Lernaktivitäten und dem Lernerfolg lassen sich bisher nur für den domänenspezifischen Wissenserwerb tätigen. Hingegen fehlen Befunde zu den Effekten passiver, aktiver, konstruktiver und interaktiver Lernaktivitäten auf den Erwerb von domänenübergreifenden Fertigkeiten. Dies ist bedauerlich vor dem Hintergrund, dass der Erwerb entsprechender Fertigkeiten durch Lernende als notwendig erachtet wird, um auf zukünftige Herausforderungen der digitalen und vernetzten Welt vorbereitet zu sein (vgl. Partnership for 21st Century Learning, 2015, 2019).

Domänenübergreifende Fertigkeiten werden im Kontext dieser Arbeit als Strategien des selbstregulierten Lernens verstanden, die in verschiedenen Domänen anwendbar sind (in Anlehnung an Vogel, Wecker, Kollar & Fischer, 2017). Konkret werden in der vorliegenden Arbeit diesbezüglich metakognitive Strategien, motivationale Strategien und Kollaborationsstrategien exemplarisch fokussiert. Metakognitive Strategien beziehen sich auf die Regulation des Lernprozesses und beinhalten die Planung, Überwachung und Regulierung des Lernprozesses (Weinstein & Mayer, 1986). Motivationale Strategien zielen auf die Aktivierung, das Überwachen und die Regulation des eigenen Interesses, der Motivation und Emotion (vgl. Pintrich, 2000). Kollaborationsstrategien können Lernende dabei unterstützen, produktiv miteinander zu kommunizieren und zu kooperieren (vgl. Vogel et al., 2017).

Strategien des selbstregulierten Lernens haben beispielsweise im Kontext des problemorientierten Lernens eine große Bedeutung, da Lernende hier selbstreguliert Problemlöseprozesse durchlaufen, die meist nach einem bestimmten Muster strukturiert sind: Nach der Darstellung des Problemszenarios versuchen die Lernenden, das Problem durch die Identifikation von Fakten besser zu verstehen. In einem nächsten Schritt sollen Hypothesen zur Lösung des Problems formuliert werden. Anschließend sollen Lernende selbstgesteuert das notwendige, ihnen noch fehlende Wissen recherchieren und dieses Wissen in Zusammenhang mit ihren Hypothesen stellen. Abschließend erfolgt eine Reflexion des erworbenen Wissens. Ziel dieses Prozesses ist es, sowohl domänenspezifisches Wissen, aber auch domänenübergreifende Fertigkeiten, d.h. Lernstrategien wie metakognitive und kollaborative Strategien zu erwerben (Hmelo-Silver, 2004). Entsprechend wird davon ausgegangen, dass Lernende beim problemorientierten Lernen insbesondere zu konstruktiven und interaktiven Lernaktivitäten angeregt werden.

In einer Metaanalyse konnte Leary (2012) einen moderaten, positiven Effekt von problemorientiertem Lernen im Vergleich zu vortragsbasierten Ansätzen auf selbstreguliertes Lernen finden. Nachdem laut Hmelo-Silver (2004) metakognitiven und kollaborativen Aktivitäten beim problemorientierten Lernen eine zentrale Bedeutung zukommt, kann hieraus zumindest indirekt abgeleitet werden, dass konstruktive und interaktive Lernaktivitäten passiven und aktiven Lernaktivitäten für den Erwerb von Strategien des selbstregulierten Lernens überlegen sein könnten.

Ein Forschungsfeld, das Hinweise dafür liefert, dass insbesondere technologiegestützte interaktive Lernaktivitäten positive Effekte auf Strategien des selbstregulierten Lernens haben, ist Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL). Das Hauptinteresse der Forschung gilt der Untersuchung der Wirksamkeit unterschiedlicher technologiegestützter Ansätze zur Unterstützung der Kollaboration zwischen Lernenden. Es wird davon ausgegangen, dass die Umsetzung interaktiver Lernaktivitäten bei Lernenden sowohl domänenspezifisches Wissen als auch domänenübergreifende Fertigkeiten wie den Erwerb kollaborativer Lernstrategien fördern können (Vogel et al., 2017). Unterstützt wird diese Annahme durch zwei Metaanalysen von Lou, Abrami und d'Apollonia (2001) und Chen, Wang, Kirschner und Tsai (2018), die einen moderaten, positiven Effekt von CSCL im Vergleich zu technologiegestützten individuellen Lernaktivitäten auf domänenübergreifende Fertigkeiten feststellen konnten. Konkret zeigte sich bei Lou et al. (2001), dass sich CSCL positiv auf die Nutzung von Lernstrategien zur Bewältigung von Aufgaben sowie kollaborative Aspekte (Interaktion der Peers) und motivationale Aspekte (Ausdauer) auswirkte. Chen et al. (2018) fanden einen positiven Effekt von CSCL für

den Erwerb von Fertigkeiten, zu welchen unter anderem kritisches Denken, Problemlösefertigkeiten und kollaborative Fertigkeiten zählten. Da jedoch bei den technologiegestützten Lernaktivitäten keine weitere Trennung der Lernaktivitäten vorgenommen wurde, kann aus diesen Ergebnissen nur mit einer gewissen Unsicherheit geschlussfolgert werden, dass technologiegestützte interaktive Lernaktivitäten zu einem größeren Erwerb von Strategien des selbstregulierten Lernens führen als konstruktive, aktive und passive Lernaktivitäten. Insgesamt weisen die Ergebnisse zum problemorientierten Lernen und CSCL also darauf hin, dass sich die ICAP-Hypothese möglicherweise auch auf den Erwerb domänenübergreifender Fertigkeiten wie metakognitive, motivationale und Kollaborationsstrategien übertragen lässt. Empirische Studien, die dieser Frage explizit nachgehen, stehen allerdings noch aus.

3.4 Konsequenzen für die Konzeptualisierung von TPK auf Basis des ICAP-Modells

Auf Basis verschiedener Ansätze zur Erfassung der ICAP-Lernaktivitäten, empirischer Befunde auf Basis des ICAP-Modells sowie Erkenntnisse aus anderen Bereichen lassen sich allgemeine Konsequenzen, aber auch spezifische Konsequenzen für die beiden Studien *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften* und *TPK und Lernerfolg* ableiten, die im Folgenden erläutert werden.

Allgemein lässt sich festhalten, dass das ICAP-Modell bereits im Kontext des Lehrens und Lernens mit digitalen Medien Eingang gefunden hat, aber abgesehen von Ausnahmen (z.B. Sailer et al., 2018) bisher kaum genutzt wurde, um lehrpersonseitige TPACK-Facetten als situationsspezifische Fertigkeit oder Performanz im Sinne von intendierten Lernaktivitäten zu untersuchen. Außerdem spielten in der ICAP-Forschung bisher weder die Untersuchung von lehrpersonseitigen Einflussfaktoren noch die Fokussierung auf domänenübergreifende Fertigkeiten eine Rolle. Entsprechend soll das ICAP-Modell im Rahmen der vorliegenden Arbeit genutzt werden, um das TPK von Lehrpersonen auf seine konstruktivistischen Potenziale hin zu untersuchen. Dabei werden im Vergleich zu bisherigen Studien sowohl intendierte technologiegestützte als auch nicht-technologiegestützte Lernaktivitäten berücksichtigt. Ebenfalls soll eine erste Überprüfung der Erweiterung des ICAP-Modells bzw. der ICAP-Hypothese auf domänenübergreifende Fertigkeiten stattfinden. Dazu werden ausgehend von bestehenden Instrumenten zur Messung der von Lehrpersonen intendierten Lernaktivitäten und des entsprechenden Lernerfolgs Weiterentwicklungen und kontextspezifische Anpassungen vorgenommen werden.

Konkret sollen hinsichtlich der Untersuchung der von Lehramtsstudierenden und medien erfahrenen Lehrkräften intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten

Lernaktivitäten in Unterrichtsplänen (Studie *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften*) zwei Aspekte besondere Berücksichtigung finden: (1) Für die Analyse der Unterrichtspläne soll unter anderem eine Orientierung an den von Chi et al. (2018) identifizierten Verben für die unterschiedlichen Lernaktivitätsmodi erfolgen. Im Gegensatz zu Chi et al. (2018) werden allerdings alle Lernaktivitäten berücksichtigt, unabhängig davon, ob diese in Form einer Anweisung oder einer Beschreibung in den Unterrichtsplänen zu finden sind, weshalb auch ein Rekurs auf die bei Chi und Wylie (2014) erfolgten theoretischen Annahmen und Beispiele genommen wird. (2) Um die Effekte von medienbezogener Lehrexpertise auf die Unterrichtspläne festzustellen, erscheint es auf Basis der in den vorgestellten Studien (vgl. Backfisch et al., 2020; Krauskopf et al., 2012; Meskill et al., 2002) verwendeten Expertisekriterien sinnvoll, mehrere Expertiseindikatoren einzusetzen. Konkret sollen die Länge der Unterrichtserfahrung (mindestens fünf Jahre; vgl. Berliner, 2004; Palmer et al., 2005), die Erfahrung mit digitalen Medien in Form der Nutzungshäufigkeit (vgl. Lee & Tsai, 2010) sowie das objektive PK als Expertisekriterien herangezogen werden.

Hinsichtlich der Untersuchung der durch Lehrerbildner*innen intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten sowie deren Effekte auf das domänenspezifische Wissen und die domänenübergreifenden Fertigkeiten von Lehramtsstudierenden (Studie *TPK und Lernerfolg*) sollen die folgenden Überlegungen in die vorliegende Arbeit einfließen: (1) Um die durch Lehrerbildner*innen intendierten Lernaktivitäten zu messen, erscheint der Einsatz einer Fremdeinschätzung durch Studierende (E. Fischer & Hänze, 2019) gewinnbringend. Dabei soll im Gegensatz zu Sailer et al. (2018) ein niedrigeres Abstraktionsniveau der Erhebung angestrebt werden, indem die Lernaktivitätsmodi über mehrere dazugehörige Lernaktivitäten abgebildet werden und der Fokus der Studie auf der veranstaltungsspezifischen Befragung von Lehramtsstudierenden liegt, um die Aussagekraft der Ergebnisse zu erhöhen. Gleichzeitig sollen im Gegensatz zu vielen anderen Studien alle Lernaktivitätsmodi Berücksichtigung finden. (2) Gerade vor dem Hintergrund, dass natürliche Lehr-Lernsettings wie Lehrveranstaltungen durch eine große Diversität hinsichtlich der fokussierten Inhalte und verwendeten Instruktionsansätze gekennzeichnet sind, wird in der vorliegenden Arbeit für den Einsatz von Selbsteinschätzungsinstrumenten zur Erfassung des Lernerfolgs plädiert. Dabei soll mit diesen Instrumenten nicht nur die Messung des domänenspezifischen Wissenserwerbs, sondern auch von domänenübergreifenden Fertigkeiten ermöglicht werden.

4 Konzeptualisierung von TPK auf Basis von Modellen professioneller Unterrichtswahrnehmung

Nachdem im vorigen Kapitel der Fokus auf der Konzeptualisierung von TPK auf Basis des ICAP-Modells lag und Konsequenzen für dessen weitere Untersuchung gezogen wurden, bilden in diesem Kapitel Modelle professioneller Unterrichtswahrnehmung die Grundlage für die Konzeptualisierung von *TPK als situationsspezifische Fertigkeit*. Während die Reflexionsprozesse von Lehrpersonen bisher kaum Eingang in die TPACK-Forschung nahmen (Harris et al., 2017), erlauben Modelle professioneller Unterrichtswahrnehmung im Einklang mit Ergebnissen aus der Expertiseforschung Schlussfolgerungen dazu, wie die professionelle Reflexion von technologiegestütztem Unterricht idealerweise aussehen sollte. Hierzu werden eingangs in Kapitel 4.1 anhand zweier prominenter Modelle zentrale Komponenten professioneller Unterrichtswahrnehmung beleuchtet und in Kapitel 4.2 empirische Untersuchungsansätze präsentiert. Daraufhin werden in Kapitel 4.3 empirische Befunde zur Ausprägung professioneller Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden dargestellt, die die Notwendigkeit einer Förderung anzeigen. Abschließend werden in Kapitel 4.4 Konsequenzen für die Konzeptualisierung von TPK auf Basis von Modellen professioneller Unterrichtswahrnehmung gezogen.

4.1 Professionelle Unterrichtswahrnehmung von Lehrkräften

Bei Unterricht handelt es sich um einen komplexen Gegenstand, der sich durch viele Prozesse auszeichnet, die gleichzeitig stattfinden (Kollar & Fischer, 2019; Sherin, 2007). Eine Lehrkraft hat entsprechend nicht die Möglichkeit, sich auf alle stattfindenden Prozesse gleichermaßen zu fokussieren und in ihren Handlungen zu berücksichtigen (Sherin & van Es, 2005). Sie muss im Unterrichtskontext daher selektiv wahrnehmen, Unterrichtssituationen angemessen interpretieren und effektiv darauf reagieren. Für diese Art von Fertigkeit, relevante professionsbezogene Aspekte deuten zu können, hat Goodwin (1994) den Begriff der professionellen Wahrnehmung bzw. *Professional Vision* geprägt. Er versteht hierunter „socially organized ways of seeing and understanding events that are answerable to the distinctive interests of particular social group“ (S. 606). Konkret geht es hierbei also um die Fertigkeit, bestimmte wahrnehmbare Ereignisse bestimmten Phänomenen einer Profession zuzuordnen bzw. sie als diese begreifen zu können (Goodwin, 1994). Aus seiner Sicht sind für die Entwicklung von professioneller Wahrnehmung drei Vorgehensweisen notwendig: die Einordnung von beobachtbaren Phänomenen in zentrale (Wissens-)Kategorien der Profession (*Coding*), das Hervorheben bzw. Markieren von relevanten Informationen (*Highlighting*) und die externale Repräsentation von Informationen, z.B. in

Form von Diagrammen oder Fotografien (*Producing and Articulating Material Representations*).

Der Ansatz der professionellen Wahrnehmung wurde in Folge von Goodwins (1994) Ausführungen insbesondere in der videobasierten Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften viel rezipiert und stellt in diesem Bereich ein zentrales Konstrukt dar (Gaudin & Chaliès, 2015). Es wird im Deutschen deshalb auch oft als professionelle Unterrichtswahrnehmung bezeichnet (z.B. Hellermann, Gold & Holodynski, 2015; Stürmer, Seidel & Kunina-Habenicht, 2015). Die Forschung zur professionellen Unterrichtswahrnehmung im Bereich der videobasierten Lehrer*innenbildung orientiert sich stark an den Ergebnissen der Expertiseforschung (vgl. Santagata & Angelici, 2010; Seidel & Stürmer, 2014; van Es & Sherin, 2002), die nahelegt, dass sich Expertenlehrkräfte durch eine selektive Wahrnehmung von Unterrichtssituationen und die Fähigkeit auszeichnen, Erklärungen zu den Zusammenhängen dieser Situationen sowie Lösungsstrategien entwickeln zu können (Borko & Livingston, 1989; Carter, Cushing, Sabers, Stein & Berliner, 1988). Dieses Vorgehen wird mit den reichhaltigeren, komplexitätsreduzierenden kognitiven Schemata von Expert*innen erklärt, die sie durch ihre Unterrichtserfahrung, aber auch ihr (fach)didaktisches Wissen erworben haben (Borko & Livingston, 1989; Carter et al., 1988). Entsprechend wird professionelle Unterrichtswahrnehmung auch als ein Aspekt von (Lehr-)Expertise verstanden (Blomberg, Stürmer & Seidel, 2011; Sherin, 2007; van Es & Sherin, 2010; van Es, 2011), der sich in elaboriertem, integrierten und flexibel anwendbaren Wissen manifestiert (Kersting, Givvin, Thompson, Santagata & Stigler, 2012; Seidel & Stürmer, 2014) und auf dem Kontinuum zwischen Disposition und Performanz als situationsspezifische Fertigkeit eingeordnet werden kann (Blömeke et al., 2015).

Modelle professioneller Unterrichtswahrnehmung unterscheiden meist verschiedene Komponenten des Konstrukts. Über die letzten Jahre haben sich dabei zwei Komponenten herauskristallisiert, die in vielen Konzeptionen professioneller Unterrichtswahrnehmung aufgegriffen werden: Selective Attention bzw. *Noticing* und Interpreting bzw. *Knowledge-Based Reasoning* (König et al., 2014; Sherin, Jacobs & Philipp, 2011). *Noticing* stellt die Fähigkeit dar, die Aufmerksamkeit auf relevante Ereignisse im Unterricht zu lenken (Seidel & Stürmer, 2014; van Es & Sherin, 2002). Interpreting bzw. *Knowledge-Based Reasoning* hingegen bedeutet, dass eine Lehrkraft in der Lage ist, die relevanten Ereignisse vor dem Hintergrund ihres eigenen Wissens zu reflektieren (Sherin, 2007). Es wird davon ausgegangen, dass die beiden Komponenten miteinander interagieren bzw. voneinander abhängig sind. Wie eine Lehrkraft eine Unterrichtssituation interpretiert, wird beispielsweise dadurch beeinflusst, welche Unter-

richtssituation die Lehrkraft in einem ersten Schritt als relevant wahrnimmt (Sherin, 2007; Sherin & van Es, 2009). Hinsichtlich der Frage, was es im Unterricht wahrzunehmen und wie es das zu interpretieren gilt, konzentrieren sich unterschiedliche Autor*innen jedoch auch auf unterschiedliche Aspekte. Im Folgenden werden anhand zwei häufig rezipierter Modelle von van Es und Sherin (2002, 2008) und von Seidel und Stürmer (2014) die unterschiedlichen Konzeptualisierungen von Noticing und Knowledge-Based Reasoning beispielhaft illustriert.

4.1.1 *Noticing*

Inhaltlich ist die Forschung zu professioneller Unterrichtswahrnehmung von Sherin und van Es (Sherin & van Es, 2005; Sherin, 2007; Sherin & van Es, 2009; van Es & Sherin, 2008, 2010; van Es, 2011) bisher nahezu ausschließlich im Kontext des Mathematikunterrichts bzw. mit Mathematiklehrkräften entstanden. Auf der Basis nationaler Reformbemühungen hinsichtlich des Mathematikunterrichts in den USA (The National Council of Teachers of Mathematics, 2000) untersuchen sie, inwiefern Lehrkräfte die mentalen mathematischen Konzepte von Lernenden explizit wahrnehmen bzw. adressieren. Entsprechend erfordert *Noticing* hier die situationsspezifische Anwendung von CK und PCK. Neben van Es und Sherin (2008, 2010) beschäftigen sich viele weitere Forscher*innen insbesondere im US-amerikanischen Kontext mit der Frage der professionellen Wahrnehmung des mathematischen Denkens von Lernenden (z.B. Goldsmith & Seago, 2011; Jacobs, Lamb & Philipp, 2010; Santagata & Guarino, 2011; van den Kieboom, Magiera & Moyer, 2017).

Im Gegensatz dazu zielen die Forschungsbemühen von Seidel, Stürmer und Kolleg*innen (Schäfer & Seidel, 2015; Seidel & Stürmer, 2014; Seidel, Stürmer, Schäfer & Jahn, 2015; Seidel, Stürmer, Prenzel, Jahn & Schäfer, 2017; Stürmer & Seidel, 2015; Stürmer, Seidel & Kunina-Habenicht, 2015) auf die situationsspezifische Anwendung von PK, die häufig in der allgemeinen Lehrer*innenausbildung im Kontext von fachübergreifenden, pädagogischen Lehrveranstaltungsformaten untersucht wird (z.B. Seidel, Blomberg & Renkl, 2013; Stürmer, Seidel & Schäfer, 2013; Stürmer, Königs & Seidel, 2013). Zumeist wird dabei mithilfe von Unterrichtsvideos überprüft, inwiefern Lehrpersonen Aspekte wie eine klare Zielsetzung, ein lernförderliches Klassenklima oder die Unterstützung von Schüler*innen durch Lehrkräfte in diesen Videos adäquat erkennen. Dieser auf PK fokussierte Ansatz wird verstärkt im deutschsprachigen Kontext verfolgt, wobei sich andere Forschergruppen schwerpunktmäßig mit Klassenführung als Basisdimension guten Unterrichts beschäftigen (z.B. Hellermann et al., 2015; König & Kramer, 2016; C. Kramer, König, Kaiser, Ligtoet & Blömeke, 2017). König und

Kramer (2016) untersuchten beispielsweise, inwiefern Lehrpersonen in der Lage waren, in einem Unterrichtsvideo Techniken zu identifizieren, mit welchen die Lehrkraft im Video versuchte, die Aufmerksamkeit der Schüler*innen zu erhalten. Eine auf PK fokussierte Untersuchung von professioneller Unterrichtswahrnehmung bietet dabei folgende Vorteile: Es handelt sich bei den aufgeführten Konstrukten um Faktoren, die sich in der empirischen Forschung als effektiv für die kognitiven und motivationalen Lernprozesse von Lernenden herausgestellt haben (Seidel & Stürmer, 2014). Des Weiteren sind alle Lehrpersonen unabhängig von ihrer fachlichen Ausrichtung mit ähnlichen zentralen Aufgaben konfrontiert, zu welchen beispielsweise gehört, eine Schulklasse zu führen (König & Lebens, 2012).

4.1.2 *Knowledge-Based Reasoning*

Ein unterschiedlicher Fokus zeigt sich in den Modellen nicht nur in Bezug auf das, was wahrgenommen werden sollte, sondern auch dahingehend, welche Komponenten bzw. Prozesse als relevant erachtet werden, um die wahrgenommenen Aspekte zu interpretieren (*Knowledge-Based Reasoning*). So gehen van Es und Sherin (2002, 2008) davon aus, dass für *Knowledge-Based Reasoning* die Verknüpfung der wahrgenommenen Ereignisse mit übergeordneten Prinzipien des Lehrens und Lernens und die Anwendung von Wissen über den Kontext für die Beurteilung der Unterrichtssituation relevant sind.

In ihren eigenen Studien (Sherin & van Es, 2009; van Es & Sherin, 2002, 2008, 2010; van Es, 2011) unterscheiden sie die Prozesse *Beschreiben*, *Bewerten* und *Interpretieren*. *Beschreiben* (Describe) bedeutet hier, dass ein wahrgenommenes Ereignis lediglich wiedergegeben wird. Eine Lehrperson würde also bei der Betrachtung einer Unterrichtsstunde beispielsweise die inhaltlichen Themen der betrachteten Unterrichtsstunde benennen und die durch von ihr wahrgenommenen Unterrichtsaktivitäten schildern (van Es & Sherin, 2008). Als *Bewerten* (Evaluate) wird eine Handlung verstanden, wenn Einschätzungen darüber abgegeben werden, inwiefern ein Ereignis als gut oder schlecht empfunden wird oder benannt wird, was alternativ in einer Unterrichtssituation hätte getan werden sollen. Eine Lehrperson könnte beispielsweise eine Unterrichtsmethode kritisieren, die eine Lehrperson in einer Unterrichtssituation einsetzt und einen Alternativvorschlag zur Umsetzung liefern (van Es & Sherin, 2008). *Interpretieren* (Interpret) meint schließlich das Bilden von Hypothesen darüber, was in der wahrgenommenen Situation passiert ist. Beispielsweise könnte eine Lehrkraft basierend auf einem betrachteten Unterrichtsgespräch schlussfolgern, inwiefern die Schüler*innen bestimmte inhaltliche Konzepte erworben haben (van Es & Sherin, 2008).

Die genannten Komponenten bilden die Grundlage für ein tentatives Entwicklungsmodell, das sich an Erkenntnissen der Expertiseforschung (z.B. Copeland, Birmingham, DeMeulle, D'Emidio-Caston & Natal, 1994; Peterson & Comeaux, 1987) orientiert. So weisen diese Forschungsergebnisse darauf hin, dass Novizenlehrkräfte Unterrichtssituationen eher beschreiben, wohingegen Expertenlehrkräfte Verbindungen zwischen spezifischen Unterrichtssituationen und ihren Wissensbeständen über das Lehren und Lernen machen. Entsprechend werden beschreibende sowie bewertende Herangehensweisen auf einer eher niedrigeren, eine interpretative Herangehensweise auf einer eher höheren Entwicklungsstufe eingeordnet. Die Formulierung von alternativen Handlungsvorschlägen wird ebenfalls einer höheren Stufe professioneller Unterrichtswahrnehmung zugeordnet, insofern eine Interpretation der Situation diesen vorausgeht (van Es & Sherin, 2002; van Es, 2011). Die Bedeutung der Fähigkeit von Lehrkräften, alternative Handlungsvorschläge generieren zu können, wird auch in anderen Modellen professioneller Unterrichtswahrnehmung als wichtige Komponente herausgestellt und hat sich als prädiktiv für den Wissenserwerb von Schüler*innen erwiesen (vgl. Kersting, Givvin, Sotelo & Stigler, 2010; Kersting et al., 2012; Santagata, Zannoni & Stigler, 2007; Santagata & Guarino, 2011).

Im Ansatz der professionellen Unterrichtswahrnehmung von Seidel und Stürmer (Seidel & Stürmer, 2014) wird *Knowledge-Based Reasoning* unter anderem in Anlehnung an van Es und Sherin (2002) in Form von qualitativ unterschiedlichen Stufen konzeptualisiert: *Beschreiben*, *Erklären* und *Vorhersagen*. Beim *Beschreiben* geht es darum, dass die verschiedenen Aspekte der wahrgenommenen Ereignisse, die für das Lehren und Lernen relevant sind, differenziert erläutert werden können. Eine Lehrperson, die eine Unterrichtsstunde betrachtet, könnte also benennen, auf welche Aspekte die gezeigte Lehrkraft bei der Erläuterung der Unterrichtsziele eingeht. Es wird hierbei als wichtig erachtet, dass der Prozess des Beschreibens vor dem Erklären und Vorhersagen stattfindet. *Erklären* wird als die Verknüpfung bzw. Einordnung von wahrgenommenen Ereignissen mithilfe von (bildungs)wissenschaftlichen Wissensbeständen definiert. Beispielsweise könnte eine Lehrperson einen von der gezeigten Lehrkraft thematisierten Aspekt in der Unterrichtszielerläuterung als die Aktivierung von Vorwissen kategorisieren. Schließlich meint *Vorhersagen*, mithilfe einer breiten Wissensbasis über Lehr- und Lernprozesse Aussagen darüber treffen zu können, welche Effekte die wahrgenommenen Ereignisse auf die Lernprozesse der Lernenden haben können. Eine Lehrperson könnte also die motivationalen und wissensbezogenen Konsequenzen einer wenig verständlichen Unterrichtszielklärung darlegen. Auch wenn in dem Ansatz von drei qualitativ unterschiedlichen Stufen gesprochen wird, gehen Seidel und Stürmer (2014) davon aus, dass sowohl Erklären als auch

Vorhersagen im Vergleich zum Beschreiben als Indikatoren für professionelle Unterrichtswahrnehmung eine größere Relevanz haben. Dies wird ebenfalls unter Bezugnahme auf die Expertiseforschung (Berliner, 2001; Seidel & Prenzel, 2007) mit den komplexeren Wissensstrukturen begründet, die benötigt werden, um diese Prozesse adäquat ausführen zu können (Stürmer, Seidel & Kunina-Habenicht, 2015). Die angenommene Struktur der Subkomponenten von Knowledge-Based Reasoning konnte die Arbeitsgruppe um Seidel, Stürmer und Kolleg*innen (Jahn, Stürmer, Seidel & Prenzel, 2014; Seidel & Stürmer, 2014; Stürmer & Seidel, 2015) mithilfe von Faktorenanalysen bestätigen. Das hierfür verwendete Instrument wird in Kapitel 4.2.2 beschrieben. Allerdings wurde eine Validierung bisher nur auf der Basis von Lehramtsstudierendendaten vorgenommen, bei welchen sich sehr hohe Korrelationen zwischen allen Subkomponenten und insbesondere für die Subkomponenten Erklären und Vorhersagen zeigten. Entsprechend stellt sich die Frage, ob die beiden Aspekte Erklären und Vorhersagen alternativ auch gemeinsam als eine inhaltliche Subkomponente betrachtet werden könnten.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die beiden Konzeptualisierungen von Knowledge-Based Reasoning viele Gemeinsamkeiten im Hinblick auf die definierten Subkomponenten aufweisen. So zeigt sich ein vergleichbares Verständnis der Komponente *Beschreiben*, die übergreifend als die Erläuterung von relevanten Unterrichtseignissen verstanden werden kann. Ebenfalls scheint eine gemeinsame Vorstellung darüber zu bestehen, wofür die als *Erklären* bzw. *Interpretieren* bezeichnete Subkomponente steht, und zwar das Bilden von Annahmen über in der Situation vorliegende Lehr-Lernphänomene. Während van Es und Sherin (2002, 2008) diese Kategorie jedoch als relativ inklusiv verstehen, nehmen Seidel und Stürmer (2014) mit der Subkomponente *Vorhersagen* eine weitere Differenzierung vor, die sich explizit auf die Annahmen über mögliche Konsequenzen der Situation bezieht. Die hohe Korrelation zwischen *Erklären* und *Vorhersagen* in den Studien der Arbeitsgruppe um Seidel und Stürmer (Jahn et al., 2014; Seidel & Stürmer, 2014; Stürmer & Seidel, 2015) könnten allerdings dafür sprechen, dem eher inklusiveren Verständnis von van Es und Sherin (2002, 2008) zu folgen. Ähnliches gilt für die Formulierung von alternativen Handlungsvorschlägen, die von van Es und Sherin (2002, 2008) als Bewertungsfacetten (Evaluate) verstanden wird, sich in der Konzeption von Seidel und Stürmer (2014) aber nicht wiederfindet, obwohl sie in vielen anderen Konzeptionen ebenfalls als relevante Subkomponente definiert wird. Basierend auf diesem Vergleich sollen deshalb im Rahmen dieser Arbeit die Komponenten *Beschreiben*, *Erklären* und die Formulierung von Handlungsvorschlägen bzw. *Lösen* untersucht werden.

4.2 Empirische Erfassung von professioneller Unterrichtswahrnehmung

Für die vorliegende Arbeit ergibt sich aus der Unterschiedlichkeit der theoretischen Konzeptualisierung professioneller Unterrichtswahrnehmung die Frage nach einem Untersuchungsparadigma, das sich für die Erfassung der Teilfacetten eignet. Hierzu werden erneut die Ansätze von Sherin und van Es (Sherin, 2007; Sherin & van Es, 2009; van Es & Sherin, 2008, 2010; van Es, 2011) sowie Seidel, Stürmer und Kolleg*innen (Seidel et al., 2013; Stürmer, Seidel & Schäfer, 2013; Stürmer, Könings & Seidel, 2013) zur empirischen Erfassung professioneller Unterrichtswahrnehmung herangezogen. Dabei wird auf Basis von Konzeptionen aus dem Bereich des wissenschaftlichen Denkens (Zimmerman, 2000) eine Unterscheidung zwischen der Formqualität (domänenübergreifende Denkprozesse) und Inhaltsqualität (domänenspezifische Anwendung von Wissen) professioneller Unterrichtswahrnehmung vorgenommen, um die verschiedenen Ansätze besser aufschlüsseln zu können.

4.2.1 Formqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung

Die Qualität professioneller Unterrichtswahrnehmung bemisst sich in den Forschungsbemühen von Sherin und van Es (Sherin, 2007; Sherin & van Es, 2009; van Es & Sherin, 2008, 2010; van Es, 2011) schwerpunktmäßig anhand der relativen Häufigkeit, mit der Lehrpersonen bestimmte Subkomponenten des Knowledge-Based Reasoning (z.B. Erklären) umsetzen, unabhängig davon, welche inhaltlichen Aspekte sie in der Analyse thematisieren (z.B. mathematische Konzepte der Schüler*innen) oder welches Wissen sie zur Analyse heranziehen (z.B. Erfahrungswissen oder bildungswissenschaftliches Wissen). Im Bereich des wissenschaftlichen Denkens entspricht dies einem domänenübergreifenden Ansatz von wissenschaftlichem Denken, bei welchem der Fokus auf allgemeinen kognitiven Prozessen und Strategien liegt, die eine Person verwendet, um einen Sachverhalt zu analysieren und die in mehreren Domänen Anwendung finden können (Zimmerman, 2000). Dieser Aspekt professioneller Unterrichtswahrnehmung soll deshalb im Folgenden als *Formqualität* bezeichnet werden und bezieht sich auf den Prozess des *Knowledge-Based Reasoning*.

Die Erfassung der *Formqualität* von *Knowledge-Based Reasoning* erfolgt größtenteils im Rahmen von Videoclubs mit Lehrkräften (z.B. Sherin & Han, 2004; Sherin, 2007; Sherin & van Es, 2009; van Es & Sherin, 2008, 2010; van Es, 2011). Hier analysieren kleine Gruppen von Lehrkräften über einen längeren Zeitraum hinweg in einem bestimmten Rhythmus selbst gewählte Videoausschnitte aus ihrem Unterricht und werden dabei von Forscher*innen begleitet (Sherin & van Es, 2009; van Es & Sherin, 2010). Beispielsweise untersuchten Sherin und van Es (2009) in einer Studie die Entwicklung der professionellen Unterrichtswahrnehmung

von Lehrkräften zweier Videoclubs. Diese bestanden in einem Fall aus Mathematiklehrkräften einer Mittelschule, die sich über ein Jahr verteilt sieben Mal trafen. Der zweite Videoclub bestand aus Grundschullehrkräften, die sich über ein Jahr verteilt zehn Mal trafen. Die Gespräche in den Videoclubs wurden maßgeblich durch eine*n Forscher*in gepromptet. Während in beiden Videoclubs ein*e Forscher*in kurze Videoclips einzelner Lehrkräfte als Grundlage für die Gespräche auswählte, wurden jeweils unterschiedlich viele Videoausschnitte besprochen. Entsprechend ist von eher wenig standardisierten Bedingungen auszugehen (Seidel & Stürmer, 2014). Ebenfalls sind bedingt durch die soziale Natur von Interaktionen nur eingeschränkt Aussagen auf der Personenebene möglich (Seidel, Blomberg & Stürmer, 2010; Seidel & Stürmer, 2014), da sich einzelne Gruppenmitglieder in ihren Wahrnehmungsprozessen gegenseitig beeinflussen (zur Problematik voneinander abhängiger Daten vgl. Cress, 2008).

Die großen Datenmengen, die aus mündlichen Aussagen der teilnehmenden Lehrkräfte im Rahmen von Diskussionen oder Interviews bestehen, werden mithilfe von Kategoriensystemen durch unabhängige Kodierer*innen analysiert. Wenig überraschend zeichnen sich die Studien daher durch eher geringe Stichprobengrößen aus, die eine Übertragbarkeit der Aussagen auf eine größere Population nur in eingeschränktem Maße zulässt. Dieses inhaltsanalytische Vorgehen bietet allerdings auch Vorteile. Dazu gehören, Subkomponenten professioneller Unterrichtswahrnehmung überhaupt erst bestimmen (Stürmer & Seidel, 2017) sowie relativ detaillierte Aussagen über deren Unterschiede und Veränderungen von Lehrpersonen treffen zu können.

Bei Seidel, Stürmer und Kolleg*innen (Jahn et al., 2014; Seidel & Stürmer, 2014; Stürmer & Seidel, 2015) findet die Untersuchung der Formqualität im Vergleich zu Sherin und van Es (Sherin & Han, 2004; Sherin, 2007; Sherin & van Es, 2009; van Es & Sherin, 2008, 2010; van Es, 2011) keine Anwendung.

4.2.2 Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung

Die Qualität professioneller Unterrichtswahrnehmung machen Seidel, Stürmer und Kolleg*innen (Jahn et al., 2014; Seidel & Stürmer, 2014; Stürmer & Seidel, 2015) vorrangig anhand der adäquaten Anwendung pädagogisch-psychologischer Wissensbestände (PK) zur Interpretation von Unterrichtssituationen fest. Dies entspricht einem domänenspezifischen Ansatz von wissenschaftlichem Denken, bei welchem der Fokus auf der Anwendung konzeptuellen Wissens über bestimmte Phänomene einer wissenschaftlichen Domäne liegt (Zimmerman, 2000). Dieser Aspekt professioneller Unterrichtswahrnehmung wird deshalb im Folgenden als *Inhaltsqualität* bezeichnet und kann sich sowohl auf *Noticing* als auch *Knowledge-Based Reasoning* beziehen.

Zur Erfassung der Inhaltsqualität des *Knowledge-Based Reasoning* arbeiten Seidel, Stürmer und Kolleg*innen in ihren Studien fast ausschließlich mit kurzen, standardisierten Videoausschnitten, zu welchen die Teilnehmer*innen gebeten werden, Items zu den drei Subkomponenten Beschreiben, Erklären und Vorhersagen einzuschätzen. Beispielsweise untersuchten Stürmer, Könings und Seidel (2013) die Entwicklung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden in drei verschiedenen Lehramtsveranstaltungen, indem den Studierenden zu Beginn und am Ende der Veranstaltung jeweils in Form eines Onlineinstruments sechs kurze Videoausschnitte gezeigt wurden. Die Unterrichtsausschnitte fokussierten die Aspekte Zielsetzung, Klassenklima und Lehrkraftunterstützung. Den Videos folgten Items in Form von Fragen, die die Subkomponenten Beschreiben, Erklären und Vorhersagen maßen. Ein Beispielitem für Erklären lautete folgendermaßen: „In dem Exzerpt, das Sie gesehen haben: Denken Sie, dass die Schüler*innen die Möglichkeit hatten zu sehen, was von ihnen erwartet wird?“. Die Studierenden sollten den Grad ihrer Zustimmung auf einer Ratingskala von *stimme nicht zu* (1) bis *stimme zu* (4) angeben.

Die so gewonnenen Testwerte werden anschließend mit denen von Expert*innen abgeglichen. Hieraus wird ein Maß für die Übereinstimmung mit den Expert*innenurteilen gebildet (*Observer Tool*: Seidel et al., 2010; Stürmer & Seidel, 2015). Auch andere Autor*innen wählen einen ähnlichen Ansatz zur Erforschung von professioneller Unterrichtswahrnehmung (z.B. Hellermann et al., 2015; Meschede, Fiebranz, Möller & Steffensky, 2017).

Allerdings stellt sich die Frage, ob das so gemessene Wissen tatsächlich als ökologisch valide verstanden werden kann, d.h. die „natürlichen“ Denkprozesse von Lehrpersonen in Unterrichtssituationen gut abgebildet werden können. Denn die Items stellen durch ihre Vorgaben bereits eine Art von Prompting bzw. Unterstützungsmaßnahme dar (Waldis, Nitsche & Wyss, 2019) und können bestimmte Vorwissensfacetten aktivieren (Barth, 2016). Dies könnte möglicherweise erklären, weshalb Schäfer und Seidel (2015) nur relativ kleine Korrelationen zwischen einem qualitativen und quantitativen Messinstrument für professionelle Unterrichtswahrnehmung finden. In dieser Studie wurden Lehramtsstudierende zuerst gebeten, einen Unterrichtsvideoausschnitt ohne weitere Vorgaben schriftlich zu analysieren. Diese Daten wurden anhand eines Kategoriensystems kodiert und mit Expert*innenratings abgeglichen. Anschließend beurteilten sie auf Basis desselben Unterrichtsausschnitts Items zu den Subkomponenten Beschreiben, Erklären und Vorhersagen, die sich auf die Zielklarheit und das Klassenklima bezogen. Diese wurden ebenfalls mit Expert*innenratings abgeglichen.

Eine weitere Einschränkung stellt bei dieser Art der Messung die fehlende Möglichkeit dar, die Inhaltsqualität des *Noticing* von Personen abbilden zu können (Gold & Holodynski,

2017), da der Fokus auf relevante Situationen bereits durch die Items vorgegeben wird. Die Erfassung von Noticing auf der Basis von offenen Daten stellt jedoch in den Studien von Sherin und van Es (Sherin, 2007; Sherin & van Es, 2009; van Es & Sherin, 2008, 2010; van Es, 2011) einen zweiten wichtigen Schwerpunkt ihrer Forschungsbemühungen dar. Mithilfe der Kodierung von verschriftlichten Aussagen, die aus Diskussionen und Interviews stammten, überprüften sie, auf welche inhaltlichen Aspekte (z.B. mathematische Konzepte der Lernenden, Instruktion, Klassenklima, Klassenmanagement; van Es & Sherin, 2008) Lehrpersonen beim Betrachten eines Videos ihren Fokus legen (vgl. 4.2.1).

In dieser Arbeit wird dafür plädiert, sowohl die Form- als auch die Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung zu erfassen, um einen umfassenden und aussagekräftigen Einblick in die Qualität professioneller Unterrichtswahrnehmung zu erhalten. Um dies zu gewährleisten, erscheint es einerseits notwendig, Lehrpersonen so wenig wie möglich in ihren Analysen zu prompten, um beispielsweise das Noticing von Lehrpersonen überhaupt erfassen zu können. Andererseits sollten die Erhebungssituationen trotzdem ein hohes Maß an Standardisierung aufweisen, weshalb vergleichbares Stimulusmaterial und individuelle Erhebungen zu bevorzugen sind.

4.3 Empirische Befunde zur professionellen Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts von Lehramtsstudierenden

Nachdem im vorigen Unterkapitel Methoden zur Erfassung der Form- und Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung beschrieben wurden, soll nun auf Basis empirischer Befunde ein Überblick über die Voraussetzungen von Lehramtsstudierenden im Hinblick auf die Form- und Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht gegeben werden. Diese Zusammenschau soll einerseits dazu dienen, die Notwendigkeit der Förderung des situationsspezifischen TPK von Lehramtsstudierenden zu belegen. Andererseits können auf dieser Grundlage Hinweise zur Konkretisierung eines möglichen Interventionsdesigns generiert werden. Da aus der Forschung zu professioneller Unterrichtswahrnehmung nur allgemeine, medienunspezifische Befunde vorliegen, werden diese durch Studien aus der TPACK-Forschung ergänzt, in denen bereits einzelne Komponenten der professionellen Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts untersucht wurden. Außerdem ist die Forschung zum evidenzorientierten Denken von Lehrpersonen durch ähnliche Fragestellungen gekennzeichnet wie die Forschung zu professioneller Unterrichtswahrnehmung, weshalb auch aus diesem Bereich Studien herangezogen werden, um ein umfassenderes Bild zu den Voraussetzungen von Lehramtsstudierenden zeichnen zu können.

4.3.1 Formqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung

Zur Formqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung wurden bereits zahlreiche Studien durchgeführt (vgl. 4.2.1). Im Folgenden sollen die Ergebnisse dreier Studien der Arbeitsgruppe um Santagata erläutert werden, die explizit die Voraussetzungen von Lehramtsstudierenden untersuchten.

Im Rahmen einer Studie von Santagata und Angelici (2010), in welcher die Wirksamkeit eines Analyserahmenmodells (*Lesson Analysis Framework*) im Vergleich zu einem alternativen Rahmenmodell (*Teaching Rating Framework*) untersucht wurde, nahmen Lehramtsstudierende an einem Vortest teil. In diesem Vortest wurden sie gebeten, auf Basis eines fünfminütigen Mathematikunterrichtsvideo die drei zentralen Momente des Clips zu benennen, zu erklären, warum sie diese auswählten und ihre Gedanken dazu zu notieren. Sie sollten außerdem die Effektivität der gezeigten Lehraktivitäten einschätzen und erklären, wie sie selbst an Stelle der dargestellten Lehrkraft im Unterricht vorgehen würden. Santagata und Angelici (2010) stellten fest, dass Lehramtsstudierende im Vortest bei der Analyse von unterrichtlichen Situationen eher beschreibend statt erklärend vorgingen und diese Beschreibungen nur teilweise anhand von Informationen aus den Unterrichtssituationen rechtfertigten. Außerdem zeichneten sich ihre alternativen Handlungsvorschläge durch einen eher geringen Detailgrad aus. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich auch bei Santagata und Guarino (2011) sowie Yeh und Santagata (2015). Santagata und Guarino (2011) konnten darüber hinaus feststellen, dass die Beschreibungen der Lehramtsstudierenden zwar dadurch gekennzeichnet waren, dass sie für die Unterrichtsaktivitäten relativ detailliert, für das Lehrkraft- und Schüler*innenverhalten jedoch eher nicht vorhanden bzw. sehr abstrakt waren. Ebenfalls wurde ersichtlich, dass Lehramtsstudierende ohne explizite Aufforderung nur zu einem eher geringen Ausmaß Handlungsvorschläge lieferten.

Aus diesen Studien wird also deutlich, dass Lehramtsstudierende dazu tendieren, Unterrichtssituationen eher zu beschreiben, statt diese zu erklären und zu lösen. Außerdem scheinen die Erklärungen und Lösungen, insofern sie gemacht werden, eher wenig hochwertig zu sein.

Auch aus den folgenden drei Studien aus dem Forschungsbereich des evidenzorientierten Denkens von Lehrpersonen lassen sich relevante Erkenntnisse zur Formqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung bei Lehramtsstudierenden extrahieren. Insgesamt sind diese grob vergleichbar mit den Ergebnissen aus der Forschung zu professioneller Unterrichtswahrnehmung. Beispielsweise erhielten Lehramtsstudierende in einer Studie von Csanadi, Kollar und Fischer (2020) eine kurze, schriftliche Beschreibung einer problematischen Unterrichtssituation und wurden gebeten, Gründe und Lösungen für dieses Problem zu generieren. Während

dieses Prozesses wurden sie aufgefordert, laut zu denken. Die Analyse der Lautdenkprotokolle zeigte, dass Lehramtsstudierende nur in einem geringen Maße auf mögliche Erklärungen für eine unterrichtliche Problemsituation eingingen. Demgegenüber wurden Lösungsvorschläge sehr viel häufiger formuliert. Eine detailliertere Betrachtung der Analyseschritte von Lehramtsstudierenden bei Kiemer und Kollar (under review) ergab zudem folgendes: Im Durchschnitt beschrieben und kategorisierten (als Teilaspekt von Erklären) Lehramtsstudierende Probleme in einer unterrichtlichen Fallsituation vorrangig implizit statt explizit. Gleiches galt für die Entwicklung von Handlungsoptionen (als Teilaspekt von Lösen). Des Weiteren wurden Erklärungen noch seltener expliziert als die anderen Komponenten. Ziele (als Teilaspekt von Lösen) wurden kaum aufgeführt. Zudem beschäftigte sich Bergner (2018) in einer Interviewstudie, in der Lehramtsstudierende kurze unterrichtliche Fallsituationen analysieren sollten, detaillierter mit der Komponente der Erklärung und kam zu folgenden Erkenntnissen: Zwar beinhaltete der überwiegende Teil der Erklärungen der teilnehmenden Lehramtsstudierenden mehrere Erklärungsansätze für ein bestimmtes Unterrichtsproblem, diese wurden jedoch nur selten in Zusammenhang gesetzt. Gleichzeitig war nicht einmal ein Viertel der Erklärungen durch die tatsächliche Herstellung von Kausalbeziehungen zwischen dem Unterrichtsproblem und möglichen Ursachen geprägt, sondern vielmehr durch die Erläuterung von Beispielen oder Erfahrungen.

Während sich die Ergebnisse von Csanadi et al. (2020) und Kiemer und Kollar (under review) zum Erklären von Unterrichtssituationen grob mit denen von Santagata und Angelici (2010) decken, scheinen die Ergebnisse von Csanadi et al. (2020) von den Ergebnissen von Santagata und Guarino (2011) und Kiemer und Kollar (under review) zumindest in Bezug auf das Generieren von Lösungen abzuweichen. Folglich ist anzunehmen, dass Lehramtsstudierende nur zu einem geringen Maße Erklärungen von Unterrichtsphänomenen, möglicherweise jedoch vergleichsweise häufiger Handlungsvorschläge generieren, die aber wiederum voreilig sein könnten (vgl. Entwicklungsmodell für Knowledge-Based Reasoning; van Es & Sherin, 2002). Da jedoch in den Studien unterschiedliche Maße zum Einsatz kamen, lässt sich keine zuverlässige Schlussfolgerung ziehen. Aus den Ergebnissen von Bergner (2018) wird ersichtlich, dass Erklärungen verschiedene Formen annehmen können und dass Studierende diejenigen, die tatsächlich als Erklärung im engeren Sinne verstanden werden können, kaum umsetzen.

Da es sich um inhaltsunabhängige analytische Prozesskomponenten professioneller Unterrichtswahrnehmung handelt, ist davon auszugehen, dass die berichteten Ergebnisse zur Formqualität aus dem Bereich der professionellen Unterrichtswahrnehmung und dem evidenzorientierten Denken auch für technologiegestützten Unterricht gelten sollten. TPACK-Studien könnten diese Annahme stützen. Die Studienlage ist allerdings überschaubar. In zwei Studien

von Kramarski und Michalsky (2009, 2010) sollten Lehramtsstudierende zu einer beispielhaften technologiegestützten Unterrichtseinheit Fragen offen beantworten. Einige der Fragen bezogen sich dabei auf Fertigkeitskomponenten, die grob Überschneidungen zu den Komponenten professioneller Unterrichtswahrnehmung aufweisen. Während sich bei Kramarski und Michalsky (2010) beobachten ließ, dass die Studierende mit ihren Analysen bzw. Antworten auf die Fragen lediglich mittlere Punktwerte erreichten, zeigte sich in der anderen Studie, dass Lehramtsstudierende zwar mittelmäßig gut Unterrichtselemente identifizieren bzw. beschreiben konnten, aber kaum in der Lage waren, problematische Unterrichtsaspekte zu erklären und zu lösen (Kramarski & Michalsky, 2009). Allerdings deutet die wenig detaillierte Beschreibung des Ratingverfahrens in den beiden Studien darauf hin, dass Form- und Inhaltsqualität beim Rating nicht unabhängig voneinander berücksichtigt wurden. Folglich können Schlüsse zur professionellen Unterrichtswahrnehmung im Allgemeinen, aber nur eingeschränkt zur Inhaltsqualität oder Formqualität erfolgen.

Gleiches scheint auch für die Studie von Greenhow, Dexter und Hughes (2008) mit Lehramtsstudierenden und Lehrkräften zu gelten, selbst wenn die Autor*innen vorgaben, den Analyseprozess zu untersuchen. Es wurden verschiedene Kriterien genutzt, um die Analysen der Studierenden zu bewerten. Hierzu gehörte die Identifikation des Hauptproblems in einem vorgegebenen Unterrichtsfall, die Bezugnahme auf den Fall, um Ursachen für das Problem zu benennen, die Analyse von Vor- und Nachteilen von Handlungsoptionen, eine Entscheidung über eine relevante Handlungsoption, eine Erklärung der Entscheidung und die Wirkung dieser Handlungsoption. Dabei bleibt unklar, ob sich die Level darauf beziehen, ob eine bestimmte Prozesskomponente eindeutig demonstriert wird oder der Prozess inhaltlich adäquat umgesetzt wurde oder auf beides. Unabhängig davon illustrierten die Ergebnisse, dass Lehramtsstudierende wie Lehrkräfte leicht überdurchschnittliche Werte für die Identifikation des zentralen Unterrichtsproblems zeigten und fast immer eine eindeutige Handlungsoption angaben. Lehrkräfte und Lehramtsstudierende nahmen hingegen in einem geringeren Ausmaß Bezug auf unterschiedliche Ursachen. Zumindest Lehramtsstudierende gaben auch weniger oft eindeutige Erklärungen der Handlungsoption ab. Bei Lehramtsstudierenden sowie Lehrkräften erfolgte außerdem kaum eine Abwägung von Handlungsoptionen sowie eine gut nachvollziehbare Ableitung der Wirkung von Handlungsoptionen. Auch wenn sich diese Ergebnisse nicht zuverlässig interpretieren lassen, so deuten sie an, dass Lehramtsstudierende insbesondere Schwierigkeiten haben, den Prozess des Erklärens sowie bestimmte Facetten des Lösens umzusetzen.

Insgesamt lässt sich für die Formqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden das Fazit ziehen, dass Lehramtsstudierende zwar Unterrichtssituationen

beschreiben, aber in einem geringeren Maße Unterrichtssituationen zu erklären und zu lösen bzw. nur einzelne Facetten davon umzusetzen scheinen. Erste Studien zur Formqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung in technologiegestütztem Unterricht stützen diese Befunde. Allerdings besteht hier insbesondere aufgrund der mangelnden Trennung zwischen einer Form- und einer Inhaltsdimension noch weiterer Untersuchungsbedarf.

4.3.2 Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung

Um einen Einblick in die Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung bei Lehramtsstudierenden zu gewinnen, eignen sich sowohl Studien, in denen verschiedene Expertisegruppe verglichen werden als auch Studien, die deskriptive Maße aus Studienvortests berichten. Im Folgenden werden deshalb zu beiden Studienformaten jeweils ausgewählte Studienergebnisse erläutert.

Studien, die die Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden beleuchten, sind oft in Vergleiche verschiedener Expertisegruppen eingebettet. So verglichen Seidel und Prenzel (2007) in einer Expertisestudie die Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden mit der von erfahrenen Lehrkräften und Schulinspektor*innen im Kontext des Physikunterrichts. Konkret beurteilten die Teilnehmer*innen Lehr-Lernaspekte (z.B. Zielsetzung) in Unterrichtsvideos mithilfe von Items zu den verschiedenen Knowledge-Based Reasoning Subkomponenten. Diese Einschätzungen wurde anschließend mit den Bewertungen einer Expert*innengruppe verglichen. Die gebildete Skala ist entsprechend als Maß der Übereinstimmung mit der Expert*innengruppe zu verstehen (vgl. 4.2.2). Es zeigte sich, dass Lehramtsstudierende insbesondere für das Beschreiben von Unterrichtssituationen relativ hohe Werte knapp über zwei Drittel der Skala, hingegen für das Erklären und Bewerten von Unterrichtssituationen auf der Basis von Modellen des Lehrens und Lernens lediglich Werte im unteren Drittel der Skala erreichten. Erfahrene Lehrkräfte und insbesondere Schulinspektor*innen konnten sich hinsichtlich der letzteren beiden Komponenten deutlich von Lehramtsstudierenden abheben. Dieses Ergebnis bestätigt die von Seidel et al. (2015) getroffene Annahme, dass es sich beim Beschreiben um eine kognitive Aktivität handelt, die weniger komplexe Wissensstrukturen voraussetzt als die anderen Subkomponenten des Knowledge-Based Reasoning. Auch König und Kramer (2016) untersuchten in einer Studie die Unterschiede zwischen Lehramtsstudierenden, Referendar*innen und erfahrenen Lehrkräften hinsichtlich der Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung. Hier wurden mithilfe eines Tests, der aus sieben Multiple Choice- und 20 offenen Fragen (max. 27 Punkte) bestand, die professionelle Wahrnehmung von relevanten Aspekten der Klassenführung (z.B. Umgang

mit Übergängen) in vier Unterrichtsvideos gemessen. Während Lehramtsstudierende sowohl niedrigere Werte als Referendar*innen und Lehrkräfte erreichten, wiesen alle Gruppen Mittelwerte nahe dem theoretischen Mittel der Skala auf. Ein ähnliches Bild zeichnete sich bei Meschede et al. (2017) sowie Gold und Holodynski (2017) ab. Auch hier war die Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung bei Lehramtsstudierenden geringer ausgeprägt als bei Lehrkräften.

Neben den illustrierten Expertisestudien lassen sich Ergebnisse aus anderen Studienformaten zur Feststellung der Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden heranziehen, in dem deskriptive Maße aus Studienvortests beleuchtet werden. Beispielsweise ließen Gold, Förster und Holodynski (2013) Lehramtsstudierende in einem Vortest auf Basis von sieben Unterrichtsvideos Aussagen zu unterschiedlichen Klassenführungsprinzipien in einem dichotomen Antwortformat einschätzen. Es erfolgte auch hier ein Vergleich mit Expert*innenurteilen, die die gebildeten Skalen zu einem Maß für die Übereinstimmung zwischen Studierenden- und Expert*innenurteil machten. Es zeigte sich, dass die professionelle Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden hinsichtlich der verschiedenen inhaltlichen Facetten von Klassenführung unterschiedlich stark ausgeprägt war. Während die Mittelwerte für Allgegenwärtigkeit und die Strukturierung des Unterrichtsverlaufs im oberen Drittel der Skala angesiedelt waren, erreichten die Studierenden für die Subdimension Gruppenfokus durchschnittlich nur einen Mittelwert in der unteren Skalenhälfte. Außerdem konnten Stürmer, Seidel und Holzberger (2016) in einer Studie feststellen, dass Lehramtsstudierende für die Facette der Beschreibung von Unterrichtssituationen ein mittleres Ausgangsniveau erreichten, d.h. eine durchschnittliche Übereinstimmung von knapp 50% mit einem Expert*innenrating zu beobachten war. Noch geringer war die Übereinstimmung für die Inhaltsqualität der Vorhersage von Konsequenzen bestimmter Unterrichtsphänomene (42%; in dieser Arbeit als Erklären verstanden, vgl. 4.1.2) sowie für die Erklärung von Unterrichtssituationen (35%).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Lehramtsstudierende erfahrenen Lehrkräften hinsichtlich der Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung unterlegen zu sein scheinen. Dies gilt sowohl für das Noticing als auch für das Knowledge-Based Reasoning. Die deskriptiven Werte lassen allerdings darauf schließen, dass Lehramtsstudierende über bestimmtes Vorwissen verfügen, das zu einer höchstens mittelmäßigen Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung zu führen scheint. Trotzdem muss einschränkend darauf hingewiesen werden, dass in den vorliegenden Studien größtenteils geschlossene Testformate zum Einsatz kamen, die durch ihre inhaltlichen Vorgaben bzw. Antwortalternativen bereits als eine Art

Prompting verstanden werden können (Waldis et al., 2019). Hinweise dazu, wie sich die Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung in ungeprompteten, offenen Settings ausgestaltet, fehlen dagegen weitgehend. Diese Art der Untersuchung wäre jedoch bedeutsam, da sie zukünftige unterrichtliche Handlungssituationen besser abbilden können.

Vor diesem Hintergrund sollen im Folgenden weitere Studien aus der Forschung zum evidenzorientierten Denken von Lehrpersonen (Bergner, 2018; Csanadi et al., 2020; Kiemer & Kollar, under review) beleuchtet werden, die die Anwendung von Wissen zu (bildungs)wissenschaftlichen Theorien und Befunden von Lehrpersonen im Unterrichtskontext untersuchen und folglich große Überschneidungen zu Studien aufweisen, die die Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung analysieren. Im Gegensatz zur Forschung zu professioneller Unterrichtswahrnehmung wird die Anwendung wissenschaftlichen Wissens jedoch häufig in Form von offenen Analysen untersucht. Dabei untersucht ein Teil der Studien, inwiefern Lehramtsstudierende in ihren Analysen von Unterrichtssituationen auf wissenschaftliche Wissensbestände Bezug nehmen, wenn sie nicht explizit dazu angeleitet werden. Ein anderer Teil der Studien fokussiert sich auf die adäquate Anwendung wissenschaftlichen Wissens und zeigt deshalb eine größere Nähe zu in der professionellen Unterrichtswahrnehmungsforschung untersuchten Inhaltsqualität auf. Im Folgenden werden für jede der zwei Studienarten exemplarisch einige Studien dargestellt.

Hinsichtlich der Nutzung bildungswissenschaftlichen Wissens (PK) demonstrierte Bergner (2018) in der bereits in 4.3.1 thematisierten Interviewstudie, dass weniger als ein Drittel der Erklärungen der Studierenden auf irgendeine Form von bildungswissenschaftlichen Wissensbeständen wie Theorien oder Evidenzen Bezug nahm. Der Anteil der Lösungen bzw. der vorgeschlagenen Handlungsmöglichkeiten, in denen bildungswissenschaftliche Theorien referenziert wurden, lag sogar bei kaum mehr als 10%. Auch in der Studie von Kiemer und Kollar (under review), in der Lehramtsstudierende in einem Vortest einen Unterrichtsfall ohne weitere Hilfestellung analysieren sollten, zeigte sich, dass Lehramtsstudierende nur wenig explizit auf bildungswissenschaftliche Theorien und quasi nicht auf bildungswissenschaftliche Evidenzen explizit Bezug nahmen. In der Studie von Csanadi et al. (2020), in der Lehramtsstudierende vor der Analyse einer Unterrichtssituation Kurzzusammenfassungen bildungswissenschaftlicher Theorien erhielten, lag der Anteil der Aussagen mit Bezügen zu bildungswissenschaftlichen Theorien gemessen an der Gesamtheit der Aussagen der jeweiligen Studierenden zwar höher als bei Bergner (2018) und Kiemer und Kollar (under review), aber trotzdem nicht einmal bei der Hälfte.

Hinsichtlich der adäquaten Nutzung von bildungswissenschaftlichem Wissen konnte Bergner (2018) feststellen, dass Lehramtsstudierende nur sehr eingeschränkt in der Lage waren, zur Verfügung gestellte bildungswissenschaftliche Theoriezusammenfassungen adäquat für das Erklären von unterrichtlichen Problemsituationen zu verwenden. So erreichten Lehramtsstudierende in einem Vortest nur grob ein Viertel der möglichen Maximalpunktzahl, die sich vor allem daran bemaß, inwiefern Lehramtsstudierende relevante Ursachen für ein Unterrichtsproblem aus den Theoriezusammenfassungen extrahieren und Wechselwirkungen zwischen diesen darstellen konnten. Weitere Studien der Arbeitsgruppe um Stark (Klein, Wagner, Klopp & Stark, 2015; Klopp & Stark, 2018; Wagner, Klein, Klopp & Stark, 2014) kamen mit vergleichbaren Tests zu ähnlichen Ergebnissen. Ein möglicher Grund hierfür sieht Bergner (2018) in den Schwierigkeiten, mit denen Studierende konfrontiert sind, wenn sich mit bildungswissenschaftlichen Texten beschäftigen. In der bereits erläuterten Interviewstudie sollten Lehramtsstudierende beispielsweise auch bildungswissenschaftliche Erklärungen von Unterrichtssituationen analysieren. Es zeigte sich dabei, dass nicht einmal ein Drittel der Studierenden in der Lage war, die bildungswissenschaftliche Erklärung adäquat zu reproduzieren.

Während also Studien aus dem Bereich der professionellen Unterrichtswahrnehmung darauf hindeuten, dass die Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung bei Lehramtsstudierenden noch im niedrigen Mittelmaß anzusiedeln ist, illustrieren Studien zum evidenzorientierten Denken von Lehramtsstudierenden, dass bei nicht geprompteten, offeneren Testumgebungen mit deutlich geringeren Fertigkeiten zu rechnen ist. Dies bezieht sich auf die Anwendung von bildungswissenschaftlichem Wissen an sich, aber insbesondere auch auf die adäquate Nutzung von bildungswissenschaftlichem Wissen. Eine Ursache, die diesem Umstand zugrunde liegen könnte, sind die Schwierigkeiten, die Lehramtsstudierende bei der Interpretation wissenschaftlicher Texte erleben.

Die bisher berichteten Studien bezogen sich auf die Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von nicht explizit technologiegestütztem Unterricht. Entsprechend stellt sich die Frage, inwiefern die Voraussetzungen von Lehramtsstudierenden für die Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht vergleichbar sind. Auch hier können nur die bereits für die Formqualität herangezogenen Studien Hinweise geben, die sich auf das TPACK-Rahmenmodell beziehen. So verglichen Greenhow et al. (2008) Lehramtsstudierende mit Lehrkräften hinsichtlich ihrer Verwendung von Schüler*innendaten und curricularen Inhalten zur Analyse von technologiegestützten Unterrichtsszenarien. Es zeigte sich, dass Lehramtsstudierende in einem vergleichbaren Maße wie Lehrkräfte Schüler*innendaten aus

den Unterrichtsszenario heranzogen, um der Lehrkraft in den Unterrichtsszenarien Handlungsvorschläge zu machen. Dabei belief sich der Anteil in beiden Gruppen allerdings nur auf etwas mehr als die Hälfte. Während auch ähnliche viele Lehrkräfte curriculare Inhalte berücksichtigten, waren dies bei den Lehramtsstudierenden nur knapp ein Drittel. Die Ergebnisse dieser Studie können zwar keine direkte Auskunft darüber liefern, inwiefern Lehrkräfte auf bildungswissenschaftliche Wissensbestände zurückgreifen. Sie können jedoch illustrieren, inwiefern Lehrkräfte sich allgemein auf objektive Daten bei ihrer Entscheidungsfindung beziehen. Neben Greenhow et al. (2008) stellten Kramarski und Michalsky (2009) fest, dass Lehramtsstudierende Schwierigkeiten mit dem Erklären und Lösen von Unterrichtssituationen hatten, ohne dabei jedoch inhalts- und formbezogene Aspekte explizit zu trennen. Eine Studie, in welcher jedoch ein expliziter Fokus auf inhaltsbezogenen Aspekten lag, stammt von Wekerle und Kollar (im Druck). Sie stellten fest, dass Lehramtsstudierende in ihren Beschreibungen und Erklärungen von technologiegestützten Unterrichtsaspekten sich nahezu gar nicht auf bildungswissenschaftliche Theorien bezogen, im Vergleich dazu aber zu einem relativ großen Ausmaß alltagsbasierte Theorien nutzten.

Insgesamt ist deshalb auf Basis der Ergebnisse aus den unterschiedlichen Forschungskontexten zu schließen, dass bei Lehramtsstudierenden zwar im Hinblick auf die Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung bestimmte Grundfertigkeiten vorhanden sind. Beispielsweise zeigt sich dies für das Beschreiben von (nicht-)technologiegestützten Unterrichtssituationen. Allerdings scheint der Förderbedarf hinsichtlich des TPK bzw. der adäquaten Anwendung von PK für die Erklärung und Lösung von technologiegestützten Unterrichtssituationen relativ groß zu sein. Die Ergebnisse deuten an, dass hierbei nicht nur ein Augenmerk auf die adäquate Anwendung, sondern auch auf den Erwerb von bildungswissenschaftlichem Wissen bzw. PK zur Analyse technologiegestützten Unterrichts gelegt werden sollte.

4.4 Konsequenzen für die Konzeptualisierung von TPK auf Basis von Modellen professioneller Unterrichtswahrnehmung

Aus den in diesem Kapitel erläuterten theoretisch konzeptualisierten Komponenten von professioneller Unterrichtswahrnehmung, den unterschiedlichen methodischen Herangehensweisen und den empirischen Ergebnissen sollen nun Konsequenzen für die Studie *Förderung von TPK* gezogen werden.

Hinsichtlich der Aspekte, die es im Unterricht wahrzunehmen gilt (*Noticing*), soll der Fokus in der vorliegenden Arbeit im Einklang mit dem Forschungsinteresse von Seidel und Stürmer (2014) auf fachinhaltsunabhängige Aspekte des Lehrens und Lernens mit digitalen

Medien (TPK) liegen. Dieser Ansatz birgt folgende Vorteile: Es handelt sich bei TPK um für alle Lehrkräfte zentrale Wissensinhalte hinsichtlich des technologiegestützten Lehrens (Gerhard et al., 2020). Folglich sind die hierfür entwickelten Forschungsinstrumente breit anwendbar und es lassen sich fachinhaltsunabhängige Aussagen treffen. Eine Herausforderung, die sich hierdurch allerdings ergibt, ist, dass hierzu technologiegestützte Unterrichtssituationen geschaffen werden sollten, in denen fachinhaltliche Aspekte keine Rolle spielen.

Für die weitere Konzeptualisierung von *Knowledge-Based Reasoning* erscheint es sinnvoll, die von van Es und Sherin (2002, 2008) sowie Seidel und Stürmer (2014) definierten Subkomponenten von Knowledge-Based Reasoning in ein gemeinsames Modell aufzunehmen. Dabei ergeben sich die drei Subkomponenten Beschreiben, Erklären und Lösen von relevanten Unterrichtssituationen.

Für die *empirische Erfassung* von professioneller Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts lassen sich ebenfalls mehrere Konsequenzen ziehen: Um die Qualität von Knowledge-Based Reasoning zu bewerten, erscheint es lohnend, sowohl eine Formperspektive als auch eine Inhaltsperspektive einzunehmen. Die Erfassung der Formqualität soll dabei dem Prinzip von van Es und Sherin (2002, 2008) folgen, indem sich die Qualität von Knowledge-Based Reasoning daran bemisst, zu welchem Ausmaß bestimmte analytische Prozesse vorliegen. Die Messung der Inhaltsqualität soll sich an die Konzeption von Seidel und Stürmer (2014) anlehnen, indem die adäquate Nutzung von bildungswissenschaftlichen Wissensbeständen für das Knowledge-Based Reasoning über technologiegestützten Unterricht untersucht wird.

Um die Qualität der Untersuchung im Sinne einer möglichst optimalen Einhaltung der Gütekriterien zu gewährleisten, erscheint eine weitgehende Standardisierung der Erhebungsbedingungen notwendig. Entsprechend sollten alle Versuchspersonen das gleiche Stimulusmaterial erhalten. Beim Messinstrument sollte beachtet werden, dass insbesondere die Nutzung von geschlossenen Items zur Erfassung der Inhaltsqualität bereits als Unterstützungsmaßnahme verstanden werden kann, da hierdurch die Wahrnehmung von Versuchspersonen auf bestimmte relevante Unterrichtssituationen gelenkt wird. Diese Art der Messung bietet folglich keine Möglichkeit, auch das Noticing von Lehrpersonen sowie deren unstrukturiertes Knowledge-Based Reasoning festzustellen. Deshalb sollten idealerweise ungepromptete Bedingungen umgesetzt werden. Um die Qualität des Prozesses und des Inhalts überprüfen zu können, könnten also offene Antwortformate zum Einsatz kommen. Aber auch hier sollten zur Sicherstellung der Objektivität Kategoriensysteme mit Kodierregeln festgelegt werden.

Die *empirischen Befunde* zur professionellen Unterrichtswahrnehmung und zum wissenschaftlichen Denken von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften zeigen, dass sowohl die

Formqualität als auch die Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung bei Lehramtsstudierenden gering ausgeprägt ist, was für einen großen Förderbedarf spricht. Mit Blick auf die bisherigen Erkenntnisse zu den TPACK-Facetten bei Lehramtsstudierenden, dürfte dieser hinsichtlich des technologiegestützten Lehrens noch größer sein. Deshalb widmet sich das folgende Kapitel der Förderung des TPK bzw. der professionellen Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts von Lehramtsstudierenden.

5 Förderung von TPK

Die Erkenntnisse zu den Voraussetzungen der Lehramtsstudierenden hinsichtlich der Form- und Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von (technologiegestütztem) Unterricht legen nahe, dass es beide Qualitätsdimensionen professioneller Unterrichtswahrnehmung zu fördern gilt. Dies scheint insbesondere für die Inhaltsqualität und für bestimmte Komponenten der Formqualität zu gelten. In diesem Kapitel wird deshalb die dritte Studie *Förderung von TPK* in Form von professioneller Unterrichtswahrnehmung adressiert (siehe Abbildung 8).

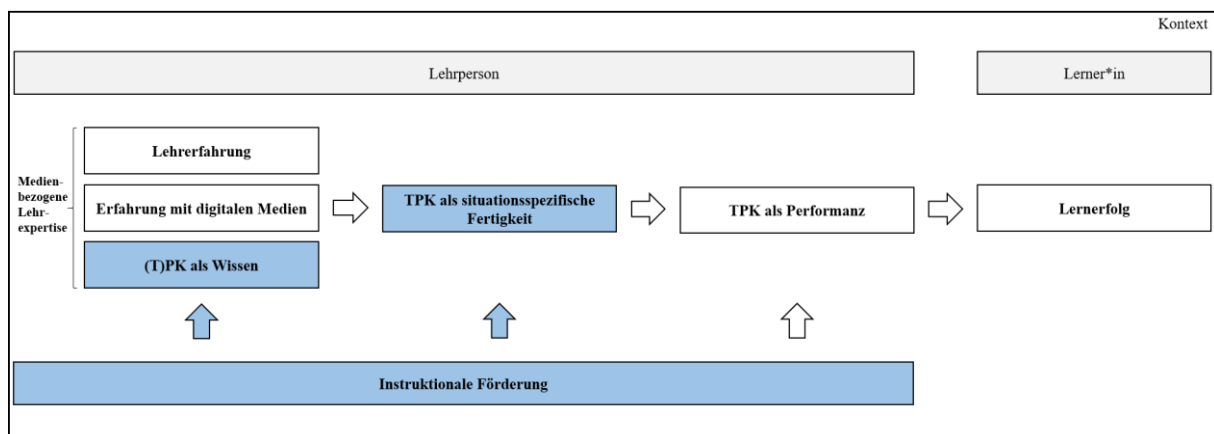


Abbildung 8. Darstellung der Studie *Förderung von TPK*.

In der Forschung zu professioneller Unterrichtswahrnehmung hat sich das fallbasierte Lernen als ein vielversprechendes Instruktionsformat zur Förderung entsprechender Fertigkeiten herauskristallisiert. Daher werden in Kapitel 5.1 allgemeine Charakteristika und Potenziale des fallbasierten Lernens beschrieben und einige Vorüberlegungen hinsichtlich der Umsetzung fallbasierten Lernens zur Förderung professioneller Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts angestellt, die auf den Bedarf an zusätzlichen instruktionalen Unterstützungsmaßnahmen hinweisen. Entsprechend werden in Kapitel 5.2 und 5.3 Eigenschaften und empirische Befunde zu den Effekten zweier Förderansätze, Lernen durch Mapping und Lernen aus Lösungsbeispielen, dargestellt. Dabei gilt der Ansatz des Lernens durch Mapping als vielversprechend für die Förderung von PK und der Inhaltsqualität in der Phase der Vorbereitung auf die Fallarbeit. Hingegen wird dem Ansatz des Lernens aus Lösungsbeispielen eine wichtige Rolle für die Entwicklung der Form- und Inhaltsqualität in der Phase der Fallarbeit zugeschrieben. Abschließend werden in Kapitel 5.4 Konsequenzen für die Förderung von PK und professioneller Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts gezogen.

5.1 Fallbasiertes Lernen

Das Lernen mit Unterrichtsfällen bzw. fallbasiertes Lernen stellt in der Forschung zu professioneller Unterrichtswahrnehmung das gängigste Format zur Förderung professioneller Wahrnehmung von Lehramtsstudierenden dar (z.B. Hellermann et al., 2015; C. Kramer et al., 2017; Santagata & Guarino, 2011; Stürmer, Könings & Seidel, 2013). Aber auch in der TPACK-Forschung liegen Studien vor, in denen dieses Format zur Förderung der TPACK-Facetten zum Einsatz kommt, wenn auch nur vereinzelt (z.B. Brantley-Dias, Kinuthia, Shoffner, de Castro & Rigole, 2007; Kramarski & Michalsky, 2009). Dies ist verwunderlich vor dem Hintergrund, dass sich Shulman als Wegbereiter des TPACK-Rahmenmodells bereits 1986 für fallbasiertes Lernen als ein notwendiges Element in der Lehrer*innenausbildung aussprach, um fundierte unterrichtliche Entscheidungsprozesse von Lehrkräften zu fördern. Im Folgenden soll deshalb fallbasiertes Lernen näher definiert und kontextualisiert werden. Dabei soll insbesondere auf die Potenziale des fallbasierten Lernens für den Wissens- und Fertigkeitserwerb eingegangen werden.

5.1.1 Charakteristika und Potenziale des fallbasierten Lernens

Der Ausgangspunkt fallbasierten Lernens stellen authentische Fälle dar, die als beispielhafte Lehr-Lern-Situationen verstanden werden, die ein Problem illustrieren, bestimmte Informationen und Belege zur Verfügung stellen und manchmal Ergebnisse bestimmter Entscheidungen darlegen. Sie können sich auf unterschiedliche Kontexte beziehen und aus unterschiedlichen Perspektiven entwickelt sein (Darling-Hammond & Snyder, 2000, S. 529). Fallbasiertes Lernen impliziert entsprechend, dass Lernende Wissen erwerben, indem sie sich mit diesen Fällen auseinandersetzen und hierzu unterschiedliche Arten von Analyse erstellen (Jonassen, 2000a). Aufgrund des typischerweise problemhaften Charakters der Fälle wird fallbasiertes Lernen als eine Art des Problemlösens bzw. problemorientierten Lernens verstanden, das sich auf einem Kontinuum zwischen dem Lösen von wohldefinierten und dem Lösen von komplexen Problemen eher letzterem zuordnen lässt. Gleichzeitig zeichnet es sich im Vergleich zu anderen Problemlösearten auch durch die Nutzung authentischer bzw. realer Kontexte aus (Jonassen, 2000b).

Entsprechend geht diese Art des Lernens mit unterschiedlichen Potenzialen einher: So entsprechen authentische Lernsettings wie beim fallbasierten Lernen dem Prinzip der Situiertheit von Wissen, da sich die Situation des Wissenserwerbs (d.h. fallbasiertes Lernen) und der Wissensanwendung (d.h. eigenes Unterrichten) sehr stark ähneln (Renkl, Mandl & Gruber, 1996). Wissenstransfer kann hierdurch begünstigt werden. Außerdem wird angenommen, dass durch fallbasiertes Lernen eine Verknüpfung zwischen Theorie und Praxis geschaffen werden

kann (Blomberg, Renkl, Sherin, Borko & Seidel, 2013; Brantley-Dias et al., 2007), indem Unterrichtsfälle die Möglichkeit bieten, wissenschaftliches Wissen über das Lehren und Lernen auf reale Unterrichtssituationen anzuwenden und das in diese Situationen eingebettete Wissen zu explizieren (Beck, King & Marshall, 2002, S. 346). Ein weiterer Mehrwert, den insbesondere Unterrichtsvideos bieten können, besteht darin, dass sie zwar die Komplexität von Unterricht illustrieren, ohne dass jedoch die Notwendigkeit besteht, in diesen Situationen direkt zu handeln (Sherin, 2004; van Es & Sherin, 2002; van Es, Tunney, Goldsmith & Seago, 2014). Es ergibt sich beispielsweise die Möglichkeit, an einer bestimmten Stelle eines Textes oder eines Videos zu pausieren, um ein bestimmtes Unterrichtselement im Detail analysieren zu können. Ebenso können text- und videobasierte Unterrichtssituationen mehrmals und unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden (Syring et al., 2016; van Es & Sherin, 2002).

5.1.2 Umsetzung fallbasierten Lernens zur Förderung von TPK

Nachdem allgemeine Charakteristika und Potenziale fallbasierten Lernens identifiziert wurden, stellt sich nun jedoch die Frage, wie fallbasiertes Lernen konkret ausgestaltet werden sollte, um die Potenziale fallbasierten Lernens optimal für die Unterstützung der Entwicklung von TPK bzw. der Inhalts- und Formqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht zu nutzen. Im Folgenden sollen basierend auf Syring et al. (2016) zwei zentrale Faktoren, die *mediale Umsetzung* und die *methodische Umsetzung*, unterschieden und empirische Erkenntnisse hierzu präsentiert werden.

5.1.2.1 Mediale Umsetzung

Videos stellen nicht nur in der Forschung zu professioneller Unterrichtswahrnehmung das zentrale Medium zur Präsentation von Fällen dar, sondern kommen auch speziell in der Lehrer*innenbildung immer mehr zum Einsatz (Gaudin & Chaliès, 2015). In Deutschland hat beispielsweise das vom BMBF geförderte Projekt „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ der Nutzung dieses Präsentationsformats viel Vorschub an Hochschulen geleistet (vgl. Altrichter et al., 2020). Auch wenn die bereits in 5.1.1 besprochenen Potenziale von Unterrichtsvideos auf deren Bedeutung für den Erwerb von situationsspezifischen Fertigkeiten wie professioneller Unterrichtswahrnehmung hinweisen, liegen bisher wenig empirisch basierte, kontrollierte Vergleiche dieses Präsentationsformats mit alternativen Formaten wie textbasierten Fallbeschreibungen vor (Blomberg et al., 2013; Schneider et al., 2016). Auf Basis der Erkenntnisse entsprechender Studien scheinen allerdings Textformate im Hinblick auf eine Förderung des Wissenserwerbs nicht nur eine gleichwertige Alternative, sondern teilweise sogar überlegen zu sein.

So verglichen C. Kramer und Kolleg*innen (C. Kramer et al., 2017; C. Kramer, König, Strauß & Kaspar, 2020) die Wirksamkeit von Unterrichtsvideos und Unterrichtstranskripten für die Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung von Klassenführungsprinzipien. Während Studierende in einer Lehrveranstaltung mithilfe von Unterrichtsvideos lernten, erhielten Lehramtsstudierende in einer anderen Lehrveranstaltung Unterrichtstranskripte. Die Lernziele und die angewendeten Instruktionsansätze wurden in den unterschiedlichen Lehrveranstaltungen konstant gehalten. Der mithilfe von videobasierten Pre- und Posttests gemessene Fertigkeitsszuwachs war in beiden Gruppen vergleichbar. Allerdings zeigte sich, dass Studierende einer dritten Bedingung, die sowohl mit Unterrichtstranskripten als auch Unterrichtsvideos arbeiteten, Studierenden der Unterrichtstranskriptbedingung überlegen waren (C. Kramer et al., 2020).

Schneider et al. (2016) konnten in einer Studie, in der sie innerhalb von Lehrveranstaltungen die Nutzung von klassenführungsbezogenen Unterrichtsvideos und Unterrichtstranskripten kontrastierten, ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Bedingungen für die Unterrichtsqualität finden. Allerdings beobachteten die Autor*innen einen signifikanten Vorteil der Text- im Vergleich zur Videobedingung für die Formqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung. Als möglichen Grund für diesen Vorteil benennen sie die durch die Unterrichtsvideos zusätzlich verursachte kognitive Belastung.

Während C. Kramer et al. (2020) keine Unterschiede in der kognitiven Belastung bei den Lehramtsstudierenden in Abhängigkeit der medialen Umsetzung finden konnten, illustrieren die Ergebnisse von Syring et al. (2016), dass bei der Nutzung von Unterrichtsvideos die Gefahr besteht, dass es sich um zu komplexes Material für Lehramtsstudierende handelt. In dieser Studie, die auf der gleichen Stichprobe wie Schneider et al. (2016) beruht, zeigte sich, dass Studierende, die mit den Unterrichtstranskripten arbeiteten, eine geringere kognitive Belastung angaben als Studierende, die mit Unterrichtsvideos arbeiteten. Dies lässt sich beispielsweise durch den im Rahmen der Forschung zur Cognitive Load Theory (vgl. 5.3.1.1) festgestellten *Transient Information Effect* erklären, der besagt, dass Informationen, die Lernenden nur kurzzeitig präsentiert werden (z.B. in Form von Audio-, Videomaterial) zu einer größeren kognitiven Belastung führen als nicht flüchtige Informationen (z.B. schriftliches Material; Sweller et al., 2019). Ebenfalls dürfte ein entscheidender Vorteil von schriftlichen Texten darin liegen, dass sie im Vergleich zu Unterrichtsvideos besser eine sequenzielle Darstellung von Informationen ermöglichen (Syring et al., 2016).

Folglich könnte die Nutzung von schriftlich dargestellten Unterrichtssituationen im Vergleich zu videobasierten Unterrichtsfällen nicht nur zu einer geringeren Belastung des Arbeitsgedächtnisses bei Lehramtsstudierenden führen, sondern auch für die Entwicklung der Formqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung vorteilhaft sein.

5.1.2.2 Methodische Umsetzung

Um die Potenziale fallbasierten Lernens zu nutzen, stellt sich neben der Frage der adäquaten medialen Umsetzung auch die der methodischen Umsetzung. Denn es ist anzunehmen, dass Lehramtsstudierende ohne weitere Anleitung Schwierigkeiten haben, sich die Bedeutung der in technologiegestützten Unterrichtssituationen illustrierten (theoretischen) Mechanismen selbst zu erschließen, und dass fallbasiertes Lernen sogar zu nicht-wissenschaftlichen Entscheidungsprozessen von Lehrpersonen beitragen kann (Darling-Hammond & Snyder, 2000). Allerdings liegen bisher nur wenige Studien vor, die die Wirksamkeit verschiedener Instruktionsansätze, die Lehramtsstudierende bei der Entwicklung von professioneller Unterrichtswahrnehmung im Kontext von fallbasiertem Lernen unterstützen, systematisch untersuchen (Blomberg, Sherin, Renkl, Glogger & Seidel, 2014; Seidel et al., 2017). Außerdem sind die meisten Studien bis auf einzelne Ausnahmen (z.B. Santagata & Angelici, 2010) als längerfristige Interventionsstudien angelegt, die bisher stark auf die bereits angesprochenen Video Clubs (z.B. Sherin, 2007; van Es & Sherin, 2008, 2010; van Es, 2011) oder Seminarausgestaltungen (z.B. Gold et al., 2013; Seidel et al., 2013; Stürmer, Seidel & Schäfer, 2013; Stürmer, Königs & Seidel, 2015) fokussiert blieben. Beispielsweise konzipierten Gold et al. (2013) ein Trainingsprogramm zur Förderung professioneller Unterrichtswahrnehmung bei Lehramtsstudierenden in einem Umfang von 60 Stunden, das sowohl aus Seminarveranstaltungen als auch Selbststudium bestand und dabei Elemente wie das eigenständige Verfassen von Hausarbeiten, Feedback und Diskussionen enthielt. Die Wirksamkeit dieses Trainings wurde anhand eines Vergleichs mit einer Kontrollbedingung gemessen, in der Studierende an keiner Trainingsmaßnahme teilnahmen. Ansätze wie dieser lassen entsprechend oft nur Aussagen zur Wirksamkeit eines kompletten Trainingsansatzes, nicht aber zu einzelnen darin enthaltenen instruktionalen Elementen zu. Deshalb bleibt oft unklar, auf welche Aspekte mögliche positive Veränderungen der professionellen Wahrnehmung der Teilnehmer*innen zurückzuführen sind. Auch lassen sich differenzielle Effekte eines Trainingsansatzes ohne Vergleiche mit alternativen Ansätzen nicht feststellen.

Studien zur professionellen Unterrichtswahrnehmung legen nahe, dass bei der methodischen Umsetzung von fallbasiertem Lernen zwischen der *Phase der Vorbereitung auf die Fallarbeit* und der *Phase der Fallarbeit* unterschieden werden sollte (z.B. Seidel et al., 2013). Für beiden Phasen sollen deshalb erste Überlegungen zu adäquaten Förderansätzen erfolgen.

In der *Phase der Vorbereitung auf die Fallarbeit* erscheint es notwendig, Lernende beim Erwerb von Vorwissen über lehr-lernbezogene, wissenschaftliche Theorien und Befunde (PK) zu unterstützen, das die Bedeutungerschließung von technologiegestützten Unterrichtssituationen (Inhaltsqualität) erleichtern kann. So konnten in mehreren Studien enge Zusammenhänge zwischen PK und TP(AC)K (z.B. Benson & Ward, 2013; Chai et al., 2010; Krauskopf et al., 2012; Lachner et al., 2019) bzw. zwischen PK, PK-basierten Lehrveranstaltungen und der Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung (z.B. König et al., 2014; König & Kramer, 2016; Stürmer, Könings & Seidel, 2013, 2015) festgestellt werden. Beispielsweise zeigten Seidel et al. (2013) in einer Studie mit Lehramtsstudierenden, dass der Erwerb von bildungswissenschaftlichem Wissen (PK) vor der Auseinandersetzung mit Unterrichtsfällen zu einer höheren Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung beiträgt, als wenn aus Unterrichtsfällen wissenschaftliche Konzepte abgeleitet werden. Auch die bereits in 4.3.2 illustrierte Interviewstudie von Bergner (2018) weist auf die Notwendigkeit der Förderung des Erwerbs von bildungswissenschaftlichem Wissen als Voraussetzung für die Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung hin. Entsprechend wichtig erscheint es, dass dieses Wissen von Lehramtsstudierenden tief verarbeitet wird. Allerdings liegen im Bereich der professionellen Unterrichtswahrnehmung bisher kaum Konzepte vor, die experimentell untersucht wurden und so Hinweise auf deren Wirksamkeit liefern. Deshalb erscheint ein Blick in die Lernstrategieforschung lohnend, in der die Frage nach der adäquaten Förderung einer tiefen Verarbeitung von Informationen durch Lernende eine der zentralen Forschungsanliegen darstellt. In diesem Kontext deuten empirische Ergebnisse darauf hin, dass *Lernen durch Mapping* (Fiorella & Mayer, 2015) ein vielversprechender Ansatz darstellt, den Erwerb von bildungswissenschaftlichem Wissen zu ermöglichen, indem Lernende dazu angeregt werden, Informationen aus bildungswissenschaftlichen Texten visuell zu strukturieren und zu verknüpfen. Lernen durch Mapping sollte sich entsprechend auch positiv auf die Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht von Lehramtsstudierenden auswirken.

Zweitens erscheint auch eine instruktionale Unterstützung in der *Phase der Fallarbeit* selbst angezeigt. So sind sich viele Forscher*innen im Bereich des problemorientierten Lernens einig, dass diese Art des Lernens der Strukturierung bedarf (vgl. Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007; Kirschner et al., 2006; H. G. Schmidt, Loyens, van Gog & Paas, 2007), wenn auch unterschiedliche Vorstellungen dazu vorherrschen, was dies im Einzelnen bedeutet (van Merriënboer, 2013). Umfangreiche empirische Bestätigung in diesem Zusammenhang hat das *Lernen aus Lösungsbeispielen* erhalten (Renkl, 2014), bei dem nicht das Problemlösen, sondern das Nachvollziehen einer ausgearbeiteten Lösung eines Problems im Vordergrund steht. Auch

wenn Lernen mit Lösungsbeispielen bisher noch keinen Eingang in die Forschung zu professioneller Unterrichtswahrnehmung gefunden hat, so deuten erste Ergebnisse in der Forschung zum evidenzorientierten Denken von Lehrpersonen auf positive Effekte auf die Form- und Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung hin (Klopp & Stark, 2018). Fallbasiertes Lernen aus Lösungsbeispielen (Stark, Kopp & Fischer, 2011) kann entsprechend zur Förderung der Formqualität beitragen, indem die Lösungsbeispiele die Umsetzung der einzelnen Komponenten des Knowledge-Based Reasoning illustrieren. Gleichzeitig können Lösungsbeispiele auch darstellen, wie bildungswissenschaftliches Wissen adäquat angewendet werden kann, was die Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung erhöhen kann (vgl. Schworm & Renkl, 2007).

Deshalb soll im Folgenden auf Lernen durch Mapping und Lernen aus Lösungsbeispielen näher eingegangen werden, indem die angenommenen Mechanismen der Ansätze beschrieben und Forschungsergebnisse zu den Effekten präsentiert werden. Da für beide Ansätze weder im Kontext professioneller Unterrichtswahrnehmung noch im TPACK-Kontext empirische Befunde identifiziert werden konnten, werden zur Beschreibung ihrer empirischen Effekte auf den Wissenserwerb Studien aus anderen Forschungskontexten herangezogen.

5.2 Lernen durch Mapping als Fördermaßnahme zur Vorbereitung auf das fallbasierte Lernen

Eine zentrale Vermittlungsform wissenschaftlichen Wissens stellt im universitären Studium das Lesen wissenschaftlicher Texte dar. Allerdings scheinen Lehramtsstudierende Schwierigkeiten zu haben, Inhalte wissenschaftlicher Texte adäquat wiedergeben und auf Unterrichtssituationen anwenden zu können (Bergner, 2018). Gerade diese Fähigkeit scheint aber einen Einfluss darauf zu haben, inwieweit Lehrkräfte und Pädagog*innen sich dafür entscheiden, in ihrer Praxis auf wissenschaftliche Quellen zurückzugreifen (Lysenko, Abrami, Bernard, Dagenais & Janosz, 2014). Entsprechend wichtig ist es, dass Lehramtsstudierende Informationen in wissenschaftlichen Texten in der Phase der Vorbereitung auf die Fallarbeit tief verarbeiten, was ihnen ermöglichen kann, das so erworbene Wissen (PK) zu transferieren, d.h. flexibel auf neue Problemlösesituationen (Mayer & Wittrock, 1996; Pudelko, Young, Vincent-Lamarre & Charlin, 2012) bzw. auf (technologiegestützte) Unterrichtssituationen beim fallbasierten Lernen anzuwenden (Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht). Eine Lernstrategie, die dies erleichtern kann, stellt das Lernen durch Mapping dar. Im Folgen-

den soll beschrieben werden, was unter Lernen durch Mapping verstanden wird, wie deren Effektivität für den Lernerfolg von Lernenden theoretisch begründet wird und welche empirischen Erkenntnisse zur Wirksamkeit dieser Strategie für den Lernerfolg vorliegen.

5.2.1 Beschreibung und theoretische Annahmen zur Effektivität des Lernens durch Mapping

Um eine tiefe Verarbeitung von Informationen aus einem Text zu erreichen, kann sich die Erstellung einer Map zu diesem Text eignen. Maps werden zumeist als ein Typ von Graphic Organizer konzeptualisiert (Hay, Kinchin & Lygo-Baker, 2008; Nesbit & Adesope, 2006; Stull & Mayer, 2007; Weinstein, Acee & Jung, 2011), die sich durch die Nutzung von Linien, Pfeilen und eine räumliche Darstellung zur Abbildung einer Textstruktur auszeichnen (Alvermann, 1981, S. 44). Es lassen sich verschiedene Arten von Maps wie Mindmaps (Buzan & Buzan, 2006) und Concept Maps (Novak, 2010) unterscheiden. Während Concept Maps normalerweise eine hierarchische, von oben nach unten gerichtete Anordnung aufweisen, werden Mindmaps von einem Zentrum ausgehend strahlenförmig strukturiert (Eppler, 2006). Maps haben jedoch gemein, dass zentrale Konzepte als Knoten und Beziehungen zwischen den Konzepten als Verbindungen in Form von Linien dargestellt werden. Teilweise werden die Verbindungen durch eine Beschriftung weiter inhaltlich definiert (Pudelko et al., 2012, S. 1216; Renkl & Nückles, 2006, S. 136), was insbesondere für Concept Maps kennzeichnend ist (Eppler, 2006). Ein Beispiel für eine Map ist in Abbildung 9 zu finden.

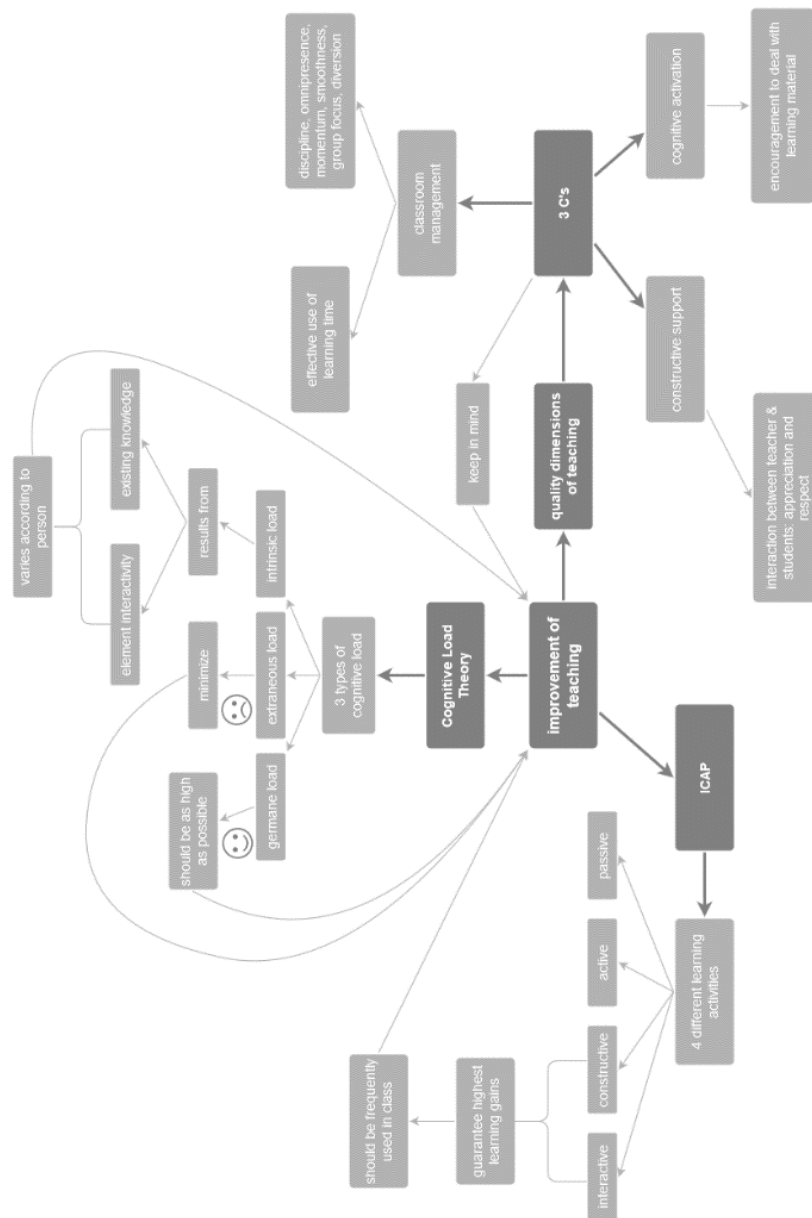


Abbildung 9. Beispiel für eine Map. *Anmerkung.* (1) Diese Map stellt die digitalisierte Version einer Map dar, die durch eine*n Studienteilnehmer*in im Rahmen der Studie *Förderung von TPK* angefertigt wurde. (2) Wiedergabe mit Genehmigung von Elsevier Ltd: Elsevier, Computers in Human Behavior, „Fostering Pre-Service Teachers’ Technological Pedagogical Knowledge – Does Learning by Mapping and Learning from Worked Examples Help?“ von C. Werkerle & I. Kollar, Copyright 2021.

Lernen durch Mapping zeichnet sich dadurch aus, dass Lernende Textinformationen nicht entsprechend ihrer Reihenfolge im Text verarbeiten (z.B. in Form von Notizen), sondern diese für sich (neu)strukturieren. Sie wird deshalb im Vergleich zu den auf oberflächliche Wissensrepräsentation ausgerichteten Lernstrategien als generative Lernstrategie verstanden (Ponce & Mayer, 2014) und wird innerhalb der kognitiven Strategien den Organisationsstrategien zugeordnet, die die grafische Neuorganisation und Elaboration von Texten zum Ziel haben (Weinstein et al., 2011, S. 48).

Damit einhergehend werden dem Lernen durch Mapping vier lernförderliche Funktionen zugeschrieben (Mayer, 2014; Renkl & Nückles, 2006). Zentral ist hierbei die *Funktion der Tiefenverarbeitung*. Es wird postuliert, dass diese Art der Lernstrategie auf kognitiver Ebene die Selektion, (Re-)Organisation und Integration von Informationen anregt (*Select-Organize-Integrate Model* oder *SOI Model*; Mayer, 2014). Selektion bezieht sich darauf, dass Lernende relevante Informationen aus einem Text als Knoten herausfiltern, indem sie ihre Aufmerksamkeit auf bestimmte, im sensorischen Gedächtnis eintreffende Informationen aus den Texten richten. Lernende organisieren dann die ausgewählten Informationen mithilfe von Verbindungen zwischen den Knoten, indem sie ein mentales Modell konstruieren, das die im Text dargestellte Struktur im Arbeitsgedächtnis nicht nur repräsentiert, sondern neu organisiert. Daraufhin erfolgt der kognitive Prozess der Integration, der sich dadurch auszeichnet, dass eine Verknüpfung der reorganisierten Informationen aus dem Arbeitsgedächtnis und dem Wissen aus dem Langzeitgedächtnis stattfindet (Fiorella & Mayer, 2016; Mayer, 2014; Ponce & Mayer, 2014).

Dieses Verständnis von kognitiven Prozessen, die als relevant für bedeutungsvolles Lernen betrachtet werden, steht im Einklang mit mehreren anderen theoretischen Konzeptionen wie dem Modell des generativen Lernens von Wittrock (1974, 1989), in dem insbesondere die Rolle des Vorwissens und der Vorerfahrungen von Lernenden herausgestellt wird. Auch zeigen sich Überschneidungen zum bereits in 3.1 dargestellten ICAP-Modell von Chi (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014). So nehmen Fiorella und Mayer (2016) an, dass die kognitiven Prozesse, die durch konstruktive und interaktive Lernaktivitäten ausgelöst werden können, den generativen Prozessen der Organisation und Integration (beim Mapping) entsprechen.

Allerdings ist davon auszugehen, dass die Ausgestaltung des Lernens durch Mapping und hierdurch ausgelöste kognitive Prozesse auch davon abhängig sind, wie viel Unterstützung bzw. Vorgaben Lernende durch Lehrpersonen bzw. instruktionale Materialien erhalten. Sie können von minutiösen Vorgaben hinsichtlich der Inhalte und Struktur (z.B. Lesen einer vorgegebenen Map) bis zu kompletter Freiheit hinsichtlich der Inhalte und Struktur der Map reichen (z.B. Gestalten einer eigenen Map ohne Vorgaben; Cañas, Novak & Reiska, 2012). Wenn es um eine tiefe Verarbeitung der Inhalte bzw. den Erwerb von integriertem Wissen geht, schreiben Bramwell-Lalor und Rainford (2014) insbesondere wenig vorstrukturiertem Mapping große Potenziale zu. Diese Annahme wird auch durch Chi und Wylie (2014) unterstützt, die beispielsweise das Lesen von Maps als passive und die Korrektur oder die Auswahl der Bezeichnung einer Verbindung zwischen zwei Knoten als aktive Lernaktivität verstehen. Folglich werden Lernende in diesen Fällen bezugnehmend auf das ICAP-Modell nur zu eher weniger

tiefgehenden kognitiven Prozessen einer isolierten Speicherung (passive Lernaktivität) oder einer Integration von Informationen in bestehende Wissensschemata (aktive Lernaktivität), nicht aber zu höherwertigen Prozessen wie der Produktion von Inferenzen angeregt.

Neben der von Mayer und Kolleg*innen (Fiorella & Mayer, 2016; Mayer, 2014; Ponce & Mayer, 2014) illustrierten *Funktion der Tiefenverarbeitung*, stellen Renkl und Nückles (2006) drei weitere Funktionen von Lernen durch Mapping heraus: Das Erstellen von Maps kann dazu beitragen, eigene Verständnisschwierigkeiten zu erkennen und erfüllt somit eine *Metakognitionsfunktion*. Lernende könnten beispielsweise feststellen, dass sie nicht wissen, in welcher Relation zwei Begriffe zueinanderstehen und können hieraus notwendige Schlüsse für ihren weiteren Lernprozess ziehen. Des Weiteren kann Mapping auch eine *Übersetzungsfunktion* erfüllen, indem Lernende sich der Möglichkeiten der zweidimensionalen Darstellung von komplexen Sachverhalten bedienen können. So können Lernende beispielsweise eine inhaltliche Nähe von Konzepten durch die Nutzung räumlicher Distanz ausdrücken. Entsprechend werden inhaltliche Konzepte und Relationen auch visuell verarbeitbar, was zu einer geringeren Belastung des Arbeitsgedächtnisses führen und die Interpretation von Informationen unterstützen kann (*Inferenzfunktion*). Lernende könnten sich also mithilfe einer Map erschließen, dass ein Konzept mit mehreren anderen Konzepten in einer bestimmten Verbindung steht.

5.2.2 Empirische Befunde zur Effektivität des Lernens durch Mapping

Inwiefern sich die angenommenen lernförderlichen Funktionen von Lernen durch Mapping auch im Wissenserwerb von Lernenden niederschlagen, wurde bereits in mehreren Reviews und Metaanalysen untersucht (z.B. Batdi, 2015; Fiorella & Mayer, 2015; Horton et al., 1993; Nesbit & Adesope, 2006). In all diesen Studien konnten positive Effekte von Lernen durch Mapping im Vergleich zu anderen Lernbedingungen gefunden werden. Besonders aufschlussreich ist eine Metaanalyse zu Concept Maps von Schroeder, Nesbit, Anguiano und Adesope (2018), die Studien von 1972 bis 2014 und unterschiedliche Moderatoren einbezog. Die Autor*innen konnten einen mittleren bis großen Effekt ($d = .72$) von Concept Mapping im Vergleich zu anderen Lernaktivitäten auf den Wissenserwerb feststellen. Je nach Vergleichsbedingung variierte die Größe des Effekts allerdings. Während sich ein großer Effekt ($d = 1.05$) bei einem Vergleich von Concept Mapping mit einer Vortrags- und/oder Plenumsdiskussionsbedingung ergab, zeigte sich beim Vergleich mit dem Erstellen von Texten nur ein mittlerer Effekt ($d = .48$). Wenn Concept Mapping mit dem Lesen oder Erstellen von Gliederungen kontrastiert wurde, ergab sich nur ein kleiner bis mittlerer Effekt ($d = 0.40$) und bei einem Vergleich mit

dem Lesen von Texten sogar nur ein kleiner, nicht signifikanter Effekt ($d = .33$). Jedoch basierten letztere Effekte nur auf einer relativ kleinen Anzahl an Studien ($k \leq 6$) und wiesen im Fall von Studien, die das Lesen von Texten als Kontrastbedingung untersuchten, eine große Varianz auf. Die zwei Studien, die allerdings die Effekte von Concept Mapping im Vergleich zum Lesen von Texten mit Studierenden testeten, kamen tendenziell zu positiven Ergebnissen. So fanden Hayati und Shariatifar (2009), dass Studierende, die Englisch als Fremdsprache studierten, beim Lesen von drei englischsprachigen Texten in nachfolgenden Verständnisfragen besser abschnitten, wenn sie Concept Mapping als Lernstrategie verwendeten. Auch in einer Studie von C. X. Wang und Dwyer (2006) zeigten Studierende einen größeren Wissenserwerb, wenn sie einen Lehrtext über das menschliche Herz nicht nur lasen, sondern auch eine Concept Map dazu erstellen sollten. Allerdings waren die Studierenden, die die Concept Maps erstellten, den Studierenden, die den Lehrtext nur lasen, nur in einem konzeptuellen Wissenstest signifikant überlegen, nicht aber bei einem Wissensidentifikationstest und einem Wissenstest, der das tiefere Verständnis von Zusammenhängen überprüfte.

Neben diesen in der Metaanalyse von Schroeder et al. (2018) einbezogenen Concept Mapping-Studien unterstützt auch eine weitere im Hochschulkontext angesiedelte und auf wissenschaftliche Texte fokussierte Studie die positiven Effekte von Lernen durch Mapping. Ponce und Mayer (2014) stellten dabei fest, dass Studierende, die einen Text über verschiedene Arten von Dampfschiffen lasen und zusätzlich mit einem Mappingtool arbeiteten, in einem Verständnistest signifikant höhere Werte erreichten als Studierende, die den Text nur lasen ($d = 1.94$). Ebenfalls zeigten die Studierenden, die mit dem Mappingtool arbeiteten, mehr Blickbewegungen zwischen verschiedenen Textteilen als die Studierenden der Kontrollbedingung, was auf eine verstärkte Nutzung generativer Lernstrategien hindeutet. Im Gegensatz dazu waren bei Studierenden, die den Text nur lasen ohne zu weiteren Lernaktivitäten instruiert worden zu sein, eher der Textstruktur folgende Blickbewegungen zu erkennen, was als Indikator für die Nutzung einer linearen Lernstrategie verstanden werden kann.

Auch wenn die aufgeführten Ergebnisse dafür sprechen, dass ein positiver Effekt von Lernen durch Mapping auf den Wissenserwerb angenommen werden kann, bleibt die *Frage des Transfers* zu klären. Konkret bleibt offen, inwiefern Lernen durch Mapping im Vergleich zum Lesen von Texten nicht nur positive Effekte auf eher deklarative Wissensbestände wie PK, sondern tatsächlich auch den Transfer bzw. Erwerb von komplexeren, situationsspezifischen Fertigkeiten wie der Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht erleichtern kann. Auf Basis der durch Mapping angenommenen angeregten

generativen Prozesse sollten Lehramtsstudierende gerade hier Vorteile erleben. Diese Annahme soll deshalb im Rahmen der Studie *Förderung von TPK* untersucht werden.

Allerdings deuten Studien auch darauf hin, dass nicht in jedem Fall ein positiver Effekt von Lernen durch Mapping eintritt. So fanden Stull und Mayer (2007), dass Studierende weder bei einem Verständnis- noch einem Transfertest besser abschnitten, wenn sie zu einem Text über Fortpflanzungsbarrieren verschiedene Maps erstellten anstatt diesen Text nur zu lesen. Dies war unabhängig davon, wie viele Maps zu erstellen waren und wie viel Unterstützung die Studierenden bei der Erstellung der Maps in Form von teilweise ausgefüllten Vorlagen und einem Training erhielten. Auch die Ergebnisse von Colliot und Jamet (2018) weisen darauf hin, dass Studierende, die einen Text zu den Speichersystemen im Gedächtnis lasen, nicht zwangsläufig davon profitierten, wenn sie selbständig eine Map hierzu erstellen sollten. In beiden Fällen zeigte sich jedoch, dass die Studierenden über ein sehr geringes Vorwissen über die Lerninhalte verfügten. Es wird davon ausgegangen, dass dieses *geringe Vorwissen* einen Einfluss auf die Erstellung von Maps nimmt, da insgesamt viele kognitive Ressourcen gebunden werden, insbesondere weil das Erstellen von Maps bereits mit einer hohen sachfremden kognitiven Belastung einhergeht. Diese entsteht dadurch, dass Lernende sich nicht nur mit dem Inhalt selber, sondern auch mit der Frage auseinandersetzen müssen, wie sie die Map gestalten wollen (vgl. 5.3.1.1). Folglich wäre zu erwarten, dass Mapping eher für den Wissenserwerb von Lernenden mit einem höheren Vorwissen effektiv ist (Stull & Mayer, 2007), weshalb Lernende mit höherem Vorwissen in der vorliegenden Arbeit Berücksichtigung finden sollen.

In Zusammenhang mit Vorwissen als relevanter Voraussetzung für die Effektivität von Lernen durch Mapping für den Wissenserwerb scheint auch die Qualität der erstellten Maps von Bedeutung zu sein. Beispielsweise konnte Koc (2012) zeigen, dass die Qualität der von Lehramtsstudierenden erstellten Maps im Rahmen einer Lehrveranstaltung zur instruktionalen Planung und Evaluation einen beträchtlichen Anteil der Varianz der Leistungen in einem darauffolgenden Wissenstest aufklären konnte. Dieser Zusammenhang ist insbesondere aus der Forschung zum Lernen durch Zeichnen bekannt und wird dort als *Prognostic Drawing Effect* bezeichnet. In mehreren Studien ließ sich feststellen, dass die Qualität der Zeichnungen von Schüler*innen positiv mit Verständnismaßen (Scheiter, Schleinschok & Ainsworth, 2017; Schmeck, Mayer, Opfermann, Pfeiffer & Leutner, 2014; Schwamborn, Mayer, Thillmann, Leopold & Leutner, 2010) assoziiert war. In Transfertesten konnten Schwamborn et al. (2010) ebenfalls einen positiven Zusammenhang finden, Scheiter et al. (2017) jedoch nicht. In zwei aktuelleren Studien von Schmidgall, Eitel und Scheiter (2019), die den Prognostic Drawing

Effect bei Studierenden untersuchten, konnte dieser wiederum nur in einer der beiden Studien bestätigt werden. Die Studierenden sollten in beiden Studien einen Text zur Biomechanik beim Schwimmen unter verschiedenen Bedingungen bearbeiten, wovon eine die Erstellung von Zeichnungen zu den einzelnen Paragraphen war. Während sich in einem Experiment die erwarteten Zusammenhänge der Akkuratheit der Zeichnungen mit einem Verständnis- und einem Transfertest zeigten, konnte diese in einem weiteren Experiment nicht gefunden werden.

Folglich erscheint es insbesondere vor dem Hintergrund der widersprüchlichen Ergebnisse von Schmidgall et al. (2019) notwendig, den Prognostic Drawing Effect für die Stichprobe der Studierenden weiter zu prüfen. Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit soll hierbei nicht nur auf dem Zusammenhang zum Verständnis (PK), sondern auch auf dem Transfer (Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht) liegen.

5.3 Lernen aus Lösungsbeispielen als Fördermaßnahme während des fallbasierten Lernens

Selbst wenn Studierende tief verarbeitetes bildungswissenschaftliches Wissen (PK) erworben haben, sei es mit oder ohne die Unterstützung durch Mapping, scheint es angezeigt, in der Phase der Fallarbeit die Anwendung dieses Wissens auf konkrete (technologiegestützte) Unterrichtssituationen instruktional zu unterstützen (vgl. Kirschner et al., 2006). Als ein effektiver und effizienter Ansatz hat sich in der Kognitionsforschung das Lernen aus Lösungsbeispielen bewährt (van Gog, Rummel & Renkl, 2019). In dem vorliegenden Kapitel soll der Ansatz deshalb in einem ersten Schritt näher definiert und Überlegungen zur Wirksamkeit für den Lernerfolg von Lernenden auf Basis theoretischer Annahmen angestellt werden. In einem zweiten Schritt werden empirische Erkenntnisse zur Wirksamkeit des Lernens aus Lösungsbeispielen berichtet.

5.3.1 Beschreibung und theoretische Annahmen zur Effektivität des Lernens aus Lösungsbeispielen

Lernen aus Lösungsbeispielen wird als eine Form des Lernens von Beispielen (*Example-Based Learning*) verstanden, zu welchem unter anderem auch das Modelllernen gezählt wird (Bandura, 1986; Renkl, 2014; van Gog et al., 2019). Lösungsbeispiele enthalten typischerweise eine Problembeschreibung, die Darstellung des Problemlöseverfahrens bzw. der Lösungsschritte sowie eine korrekte Lösung (Atkinson, Derry, Renkl & Wortham, 2000; Renkl, 2014; van Gog, Paas & van Merriënboer, 2008; van Gog et al., 2019). Klassischerweise zeichnet sich Lernen aus Lösungsbeispielen des Weiteren dadurch aus, dass den Lernenden nicht nur ein,

sondern mehrere Lösungsbeispiele schrittweise präsentiert werden (Atkinson et al., 2000; Renkl, 2014; van Gog et al., 2019). Ein Beispiel für ein Lösungsbeispiel ist in Abbildung 10 zu finden.

- Handle Events from My Blocks**
1. Click on "My Blocks" to see the blocks for components you created
 2. Click on "clap"
 3. Drag out a when *clap.Touched* block
- Set Output from My Blocks**
4. Click on "clapSound" and
 5. Drag out call *clapSound.Play*
 6. Connect it after when *clap.Touched*

Abbildung 10. Beispiel für ein Lösungsbeispiel zum Erlernen einer Programmiersprache. *Anmerkung.* Entnommen aus einer Open Access Publikation via ScholarWorks@Georgia State University: „Subgoal Labeled Worked Examples Improve K-12 Teacher Performance in Computer Programming Training“ von L. E. Margulieux, R. Catrambone, & M. Guzdial, In M. Knauff, M. Pauen, N. Sebanz, & I. Wachsmuth (Eds.) Proceedings of the 35th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Copyright 2013.

5.3.1.1 Cognitive Load Theory als Erklärung für die Effektivität des Lernens aus Lösungsbeispielen

Die Effektivität des Lernens aus Lösungsbeispielen für den Wissenserwerb, insbesondere im Vergleich zum unangeleiteten Problemlösen, wird hauptsächlich mithilfe der *Cognitive Load Theory* (Sweller, van Merriënboer & Paas, 1998, 2019) erklärt. Diese beruht auf der zentralen Annahme, dass die Verarbeitung von Informationen beim Lernen durch die beschränkte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses bestimmt wird. Es werden konkret drei Arten von kognitiver Belastung definiert, die die Arbeitsgedächtniskapazität beeinflussen: die *inhaltsbedingte kognitive Belastung* (Intrinsic Cognitive Load), die *lernrelevante kognitive Belastung* (Germane Cognitive Load) und die *extrinsische kognitive Belastung* (Extraneous Cognitive Load). Während die *intrinsische kognitive Belastung* diejenige kognitive Belastung bezeichnet, die aus der Komplexität der Informationen in Abhängigkeit vom Vorwissen der Lernenden resultiert, resultiert die *extrinsische kognitive Belastung* aus Prozessen, die durch die häufig eher ungünstige Art der Präsentation von Informationen verursacht wird und entsprechend stark durch die Art der Instruktion beeinflusst werden kann. Die *lernrelevante kognitive Belastung*, die lange als eigenständige kognitive Belastung verstanden wurde (vgl. Sweller et al., 1998), stellt neueren Erkenntnissen nach zufolge für sich genommen keine kognitive Belastung des Arbeitsgedächtnisses dar, sondern verteilt die Arbeitsgedächtniskapazitäten, die durch sachfremde Belastung

beansprucht sind, zu Gunsten der inhaltsbezogenen Auseinandersetzung mit einem Problem um (Sweller et al., 2019).

Basierend auf der Cognitive Load Theory ist das Lernen aus Lösungsbeispielen insbesondere in der frühen Phase des kognitiven Fertigkeitserwerbs von Bedeutung (Renkl, 2014). Die inhaltsbedingte kognitive Belastung kann hier bei Lernenden noch recht hoch sein, da Lernende in dieser Phase normalerweise nur auf eine eingeschränkte Wissensbasis bzw. Schemata zurückgreifen können (Renkl & Atkinson, 2007; Sweller et al., 1998). Sie sind beim unangeleiteten Problemlösen deshalb oft auf die *Mittel-Ziel-Analyse* (Means-End Analysis) bzw. das *Rückwärtsarbeiten* (Working-Backword Method) angewiesen, bei der sie ausgehend von der Lösung nach Strategien suchen, mit welchen ein Zielzustand erreicht werden kann und diese Strategien schrittweise mit den gegebenen Probleminformationen abgleichen und anreichern (vgl. Problemlösen von Noviz*innen in der Physik: Chi, Glaser & Rees, 1982; Larkin, McDermott, Simon & Simon, 1980). Diese Herangehensweise macht es allerdings notwendig, dass Lernende mehrere Informationen gleichzeitig kognitiv repräsentieren; erstens die gesuchte Lösung, zweitens das Ausgangsproblem, drittens die Beziehung zwischen diesen beiden sowie viertens die Beziehung zwischen unterschiedlichen Lösungsstrategien und gegebenenfalls mögliche Zwischenlösungsschritte (Sweller, 1988, S. 261). So ist die Generierung einer Lösung mithilfe dieser Strategie zwar möglich, aber die hohe kognitive Belastung trägt nur in geringem Maße zur Entwicklung von Schemata bei (Sweller, 1988) und wird deshalb als sachfremde kognitive Belastung kategorisiert (Sweller et al., 1998). Eine hohe sachfremde Belastung ist entsprechend der Cognitive Load Theory dabei insofern problematisch, als dass sie zur (bei Noviz*innen bereits erhöhten) inhaltsbedingten Belastung addiert wird und so die Gesamtbelastung die beschränkte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses übersteigen (*Cognitive Overload*) und den Lernerfolg minimieren kann (Sweller et al., 1998).

Im Gegensatz zum unangeleiteten Problemlösen wird angenommen, dass Lösungsbeispiele lernförderlich sind, weil die durch aufwändige, rückwärtsgewandte Suchprozesse induzierte sachfremde Belastung reduziert wird und Lernende zur Entwicklung von Schemata bzw. abstrakterer Lösungsstrategien angeregt werden, die wiederum einen Wissenstransfer ermöglichen können und entsprechend als lernrelevante kognitive Belastung verstanden werden (Sweller et al., 1998, 2019).

Dieser lernförderliche *Worked Example Effect* (Sweller et al., 1998) lässt sich unter anderem durch drei zentrale Funktionen von Lösungsbeispielen erklären (Reimann, 1997): die *Kontroll-*, *Interpretations-* und *Lernfunktion*. So erleben Lernende bei der Nutzung einer rück-

wärtsgerichteten Suchstrategie oftmals Kontrollprobleme, wenn sie vor der Entscheidung stehen, welcher Lösungsschritt wann im Lösungsprozess gewählt werden soll. Kontrollprobleme sollten dabei in schlecht strukturierten Kontexten stärker zum Tragen kommen als in wohlstrukturierten Domänen. Lösungsbeispiele übernehmen hier eine *Kontrollfunktion*, indem sie diese Entscheidungsprozesse durch die Darstellung der notwendigen Lösungsschritte hinfällig machen. Zudem erfüllen Lösungsbeispiele eine *Interpretationsfunktion*, indem sie Lernenden die Übersetzung der in einer konkreten Problemsituation (wie der Darstellung einer unterrichtlichen Problemsituation) vorliegenden Strukturen und Prozesse in theoretische Konzepte veranschaulichen. Des Weiteren können Lösungsbeispiele dazu dienen, Lernende direkt zu unterstützen, indem beispielsweise Informationen zur Verfügung gestellt werden, wie bestimmte (theoretische) Konzepte miteinander in Beziehung stehen. Eine indirekte *Lernfunktion* erfüllen Lösungsbeispiele schließlich dadurch, dass sie Lernenden ermöglichen, Analogien für neue Problemsituationen und entsprechend verallgemeinerte Problemlöseheuristiken zu entwickeln.

5.3.1.2 *Selbsterklärungen als zentraler Einflussfaktor auf die Effektivität des Lernens aus Lösungsbeispielen*

Damit der positive Effekt von Lösungsbeispielen tatsächlich zum Tragen kommt, sind mehrere Einflussfaktoren zu berücksichtigen, die von der Art der Präsentation (z.B. physisch oder zeitlich getrennte Präsentation von zusammengehörigen Informationen; *Split-Attention Principle*; Ayres & Sweller, 2014), über die adäquate Einschätzung des eigenen Verständnisses (z.B. Chi, Bassok, Lewis, Reimann & Glaser, 1989) bis hin zur Passung von Fähigkeit der Lernenden und Lernen aus Lösungsbeispielen (z.B. potenziell negative Effekte von Lösungsbeispielen bei hoher Expertise; *Expertise Reversal Effect*; Kalyuga, Ayres, Chandler & Sweller, 2003) reichen (für einen Überblick vgl. Renkl, 2014). Ein in diesem Zusammenhang zentraler Faktor ist die vertiefte Elaboration der Lösungsbeispiele, die in der Lösungsbeispielliteratur oft als *Selbsterklärung* bezeichnet wird (Renkl, 2014). Chi (2000) nimmt an, dass die Wirkweise von Selbsterklärungen auf zwei Prozessen basiert: Erstens ziehen Lernende auf Basis der Informationen in den Lösungsbeispielen Schlussfolgerungen zu Informationen, die in den Lösungsbeispielen nicht explizit gegeben sind. Diese Inferenzen können beispielsweise gebildet werden, wenn Informationen, die an unterschiedlichen Stellen stehen, miteinander verbunden werden, wenn Informationen im Text mit (nicht notwendigerweise domänenspezifischem) Vorwissen verknüpft werden oder wenn aus einer Aussage geschlossen wird, dass diese auch für andere Aspekte Gültigkeit beansprucht. Zweitens liegen bei Lernenden oft fehlerhafte mentale Modelle vor. Selbsterklärungen können hier die Funktion erfüllen, das eigene mentale Modell basierend

auf dem Vergleich des eigenen mentalen Modells und des im Lernmaterial präsentierten Modells zu korrigieren bzw. umzustrukturieren (Chi, 2000). Deshalb erscheint es folgerichtig, Lernende explizit dazu anzuregen, sich vertieft mit den in Lösungsbeispielen präsentierten Prinzipien auseinanderzusetzen (van Gog et al., 2008). In dieser Hinsicht lassen sich zwei Ansätze unterscheiden: Trainingsmaßnahmen und Promptingmaßnahmen (Renkl, 2014). Prompts werden dabei als Fragen oder Aufforderungen verstanden, die die tiefe Verarbeitung von Lernmaterialien anregen sollen, indem ein Fokus auf zentrale Aspekte des Lernmaterials gelegt wird. Ein Vorteil von Promptingmaßnahmen im Vergleich zu Trainingsmaßnahmen liegt in ihrer Zeitökonomie, d.h. dass keine zusätzliche Zeit für eine selbsterklärungsbezogene Intervention investiert werden muss (Schworm & Renkl, 2007, S. 285–286). Selbsterklärungsprompts können unterschiedliche Formen annehmen, die von offen bis auswahlbasiert reichen. Mit offen ist eine allgemeine Aufforderung zur Selbsterklärung des Lernmaterials gemeint. Auswahlbasierte Selbsterklärungsprompts stellen Lernenden eine Auswahl an Antwortmöglichkeiten zur Verfügung, aus der sie die adäquate Alternative auswählen sollen (Wylie & Chi, 2014).

5.3.2 Empirische Befunde zur Effektivität des Lernens aus Lösungsbeispielen

Die positiven Effekte von Lösungsbeispielen auf das Lernen wurden über die letzten Jahrzehnte vielfältig dokumentiert. Allerdings ist diesen empirischen Belegen gemein, dass sie bisher fast ausschließlich in wohlstrukturierten Domänen wie der Mathematik angesiedelt sind (Scheiter, 2020), was die Frage der Übertragbarkeit in andere Kontexte aufwirft. Inzwischen sind jedoch auch einige Studien entstanden, in welchen Lösungsbeispiele in schlecht strukturierten, häufig domänenübergreifenden Lernkontexten wie dem Lernstrategieerwerb (z.B. Berthold, Eysink & Renkl, 2009; Hilbert & Renkl, 2009; Hübner, Nückles & Renkl, 2010), dem wissenschaftlichen Argumentieren (z.B. Hefter et al., 2014; Schworm & Renkl, 2007) und dem wissenschaftlichen Denken (z.B. Klopp & Stark, 2018) eingesetzt wurden. Hinsichtlich der professionellen Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden sind dabei insbesondere die letzteren beiden Kontexte von Relevanz. Deshalb soll im Folgenden zuerst ein Überblick über zentrale empirische Befunde in der Lösungsbeispielforschung gegeben werden, die vorrangig in wohlstrukturierten Domänen gewonnen wurden. Anschließend werden spezifische Befunde aus dem Bereich des wissenschaftlichen Argumentierens und Denkens diskutiert.

5.3.2.1 Empirische Befunde aus vorrangig wohlstrukturierten Domänen

Eine der wegbereitenden Arbeiten in der Lösungsbeispielforschung stammt von Sweller und Cooper (1985). Sie stellten im Bereich der Algebra fest, dass die Bearbeitungszeit und Fehler率 von Schüler*innen, die mit Lösungsbeispielen arbeiteten, bedeutsam geringer war als die

von Schüler*innen, die nur Gleichungen lösten. Allerdings zeigten sich diese Effekte nur, wenn die Schüler*innen anschließend Probleme lösten, die sich in ihrer Form nicht von den Lösungsbeispielen unterschieden. Sobald es sich um strukturell nicht identische Gleichungen handelte, waren keine Unterschiede zwischen denjenigen Schüler*innen erkennbar, die Lösungsbeispiele erhielten und denjenigen, die nur Probleme lösten. Die Effekte auf die Lernergebnisse darauffolgender Studien wurden von Crissman 2006 in einer Metaanalyse zusammengetragen. Sie kommt zu einem durchschnittlich moderaten Effekt ($d = .57$) von Lösungsbeispielen unabhängig von der Art der Implementation und zu einer kleinen bis moderaten Effektgröße ($d = .44$) auf die Lernergebnisse bei einem Vergleich zwischen konventionellem, d.h. nicht weiter unterstütztem Lernen aus Lösungsbeispielen und Problemlösen. Bestätigt wurden diese Ergebnisse auch in einer neueren Metaanalyse von Alfieri, Brooks, Aldrich und Tenenbaum (2011), in der Entdeckendes Lernen (Discovery Learning) als eine Art von Problemlösen im Fokus stand. Ein Vergleich von unangeleitetem Entdeckendem Lernen und Lernen aus Lösungsbeispielen ergab einen mittleren negativen Effekt ($d = -.63$) für unangeleitetes Entdeckendes Lernen.

Dass die Effektivität des Lernens aus Lösungsbeispielen für den Lernerfolg stark von den von Lernenden generierten Selbsterklärungen abhängt, wird anhand der Ergebnisse zweier Studien von Chi et al. (1989) und Renkl (1997) deutlich. So konnten Chi et al. (1989) zeigen, dass die Lautdenkprotokolle von guten Problemlöser*innen mehr schlussfolgernde Aussagen bzw. Erklärungen enthielten als die von schlechten Problemlöser*innen, in denen auch mehr domänenspezifische Wissenskomponenten repräsentiert waren. Dabei war das zuvor gemessene Vorwissen bei guten und schlechten Problemlöser*innen gleich. Des Weiteren illustrierte Renkl (1997) in Form einer Clusteranalyse, dass diejenigen Lernenden, die unterdurchschnittlich viele Erklärungsstrategien beim Lernen aus Lösungsbeispielen anwandten, auch diejenigen waren, die beim darauffolgenden Problemlösen am schlechtesten abschnitten. Über die Hälfte der Lernenden konnte diesem *passiven Cluster* zugeordnet werden.

Um Selbsterklärungen zu fördern, haben sich instruktionale Hilfestellungen als wirksam erwiesen. So konnte die Effektivität instruktionaler Hilfestellungen zur Förderung von Selbsterklärungen im Allgemeinen (d.h. nicht spezifisch auf Lösungsbeispiele bezogen) in einem Review (Fiorella & Mayer, 2015) und zwei Metaanalysen (Bisra, Liu, Nesbit, Salimi & Winne, 2018; Rittle-Johnson, Loehr & Durkin, 2017) bestätigt werden. Zudem fanden Bisra et al. (2018) durchschnittlich einen kleinen positiven Effekt ($g = .36$) von Selbsterklärungsprompts beim Lernen aus Lösungsbeispielen im Vergleich zu anderen Bedingungen, in welchen keine Selbsterklärungsprompts zum Einsatz kamen. Allerdings bleibt unklar, inwiefern in den Ver-

gleichsbedingungen ebenfalls Lernen aus Lösungsbeispielen erfolgte. Außerdem basiert die Effektivität auf insgesamt nur acht Studien. Zwei wegweisende Studien in diesem Kontext stammen von Atkinson, Renkl und Merrill (2003), in denen Studierende und Schüler*innen beim Lernen mit Lösungsbeispielen zum Thema Wahrscheinlichkeitsrechnung durch Prompts unterstützt wurden. Die Prompts forderten die Lernenden auf, aus einer Liste dasjenige Wahrscheinlichkeitsprinzip zu wählen, welches im Lösungsbeispiel illustriert wurde. In beiden Studien waren Lernende, die durch Selbsterklärungsprompts unterstützt wurden, den Lernenden ohne diese Prompts sowohl hinsichtlich des nahen als auch des weiten Transfers überlegen.

5.3.2.2 Empirische Befunde aus schlecht strukturierten Domänen

Die bisher aufgeführten Metaanalysen, Reviews und einzelnen Studien zu Lösungsbeispielen legen nahe, dass der Einsatz von Lösungsbeispielen im Vergleich zum unangeleiteten fallbasierten Lernen vorteilhaft für den kognitiven Fertigkeitserwerb von Lernenden ist. Inwiefern dies auch für die Entwicklung der professionellen Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts von Lehramtsstudierenden gilt, bleibt bisher offen. Allerdings können Ergebnisse aus den Bereichen des wissenschaftlichen Denkens und Argumentierens von Hefter et al. (2014), Klopp und Stark (2018) und Schworm und Renkl (2007) herangezogen werden, um erste empirische Hinweise zu erhalten.

So entwickelten Hefter et al. (2014) ein computerbasiertes Training zur Förderung wissenschaftlichen Argumentierens von Schüler*innen. Zentrale Komponenten in diesem Training waren zwei (videobasierte) Lösungsbeispiele zum wissenschaftlichen Argumentieren sowie der Einsatz von Selbsterklärungsprompts, die die Schüler*innen aufforderten, bestimmte Argumentationselemente (z.B. Gegenargument) in den Lösungsbeispielen zu erkennen und zu benennen. Es zeigte sich, dass Schüler*innen, die dieses Training erhielten, ein signifikant höheres deklaratives Wissen zu wissenschaftlichem Argumentieren als auch höhere Argumentationsfertigkeiten erreichten als Schüler*innen, die ein strukturell vergleichbares, aber thematisch nicht relevantes Training erhielten.

In einer weiteren Studie befassten sich Klopp und Stark (2018) mit den Effekten von Lösungsbeispielen auf das wissenschaftliche Denken von Lehramtsstudierenden. Sie implementierten eine Lösungsbeispielbedingung, in der Lehramtsstudierende sich nach einem Einleitungstext zum wissenschaftlichen Erklären ausgehend von zwei schulischen Beispielsituationen mit zwei Lösungsbeispielen beschäftigten, die unter anderem Texte zu bildungswissenschaftlichen Theorien enthielten. Die Lösungsbeispiele zeichneten sich dadurch aus, dass zuerst eine abstrakte, modellhafte Darstellung einer adäquaten Erklärung und erst anschließend eine

ausformulierte Erklärung präsentiert wurde. Hierbei war allerdings nur das erste Lösungsbeispiel voll ausgearbeitet. Beim zweiten Lösungsbeispiel mussten die Studierenden den Lösungsansatz zuerst selbst ausfüllen, bevor sie diesen mit einem komplett ausgearbeiteten Lösungsbeispiel vergleichen konnten (Fadingprozedur). In der Kontrollbedingung sollten die Lehramtsstudierenden anstatt des Trainings Texte zu einem nicht relevanten Thema lesen. Studierende in der Lösungsbeispielbedingung erreichten signifikant höhere Werte bei einem deklarativen Wissenstest zu wissenschaftlichem Erklären als Studierende der Kontrollbedingung. Ebenfalls war in der Lösungsbeispielbedingung ein signifikanter Zuwachs der Erklärungsfertigkeiten der Lehramtsstudierenden zu verzeichnen, in der Kontrollbedingung jedoch nicht.

Auch Schworm und Renkl (2007) untersuchten die Effekte von (videobasierten) Lösungsbeispielen sowie unterschiedlicher Selbsterklärungsprompts auf deklaratives Wissen über Argumentation und Argumentationsfertigkeiten (Lerndomäne) von Lehramtsstudierenden sowie deren deklaratives Wissen über Stammzellenforschung und geschlechtsbezogene Leistungsunterschiede (Beispieldomäne). Während Lehramtsstudierende, die nur Lösungsbeispiele erhielten, einen Zuwachs ihres deklarativen Wissens über Argumentation vom Pre- zum Posttest verzeichnen konnten, war ein entsprechender Effekt auf Argumentationsfertigkeiten nicht zu beobachten. Auf die Lerndomäne bezogene Selbsterklärungsprompts zeigten Vorteile bezüglich des Erwerbs von Argumentationsfertigkeiten, aber nicht bezüglich des deklarativen Wissens über Argumentation bei einem Vergleich mit reinen Lösungsbeispielen oder Lösungsbeispielen, die zusätzlich auf die Beispieldomäne bezogene Prompts enthielten. Der Einsatz von auf die Beispieldomäne bezogenen Prompts erwies sich als nicht gewinnbringend für den deklarativen Wissenserwerb über die Beispieldomäne im Vergleich zu den anderen Bedingungen.

Insgesamt lässt sich aus diesen Studien schließen, dass auch in schlecht strukturierten Domänen wie dem wissenschaftlichen Denken und Argumentieren positive Effekte von Lösungsbeispielen auf den Wissens- bzw. Fertigkeitserwerb zu erwarten sind, wenn diese durch Selbsterklärungsprompts (oder eine Fadingprozedur) ergänzt werden. Außerdem dienen sie als erster Hinweis, dass eine lösungsbeispielbasierte Intervention die Form- und Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung positiv beeinflussen könnte. Jedoch nutzten weder Hefter et al. (2014) und Klopp und Stark (2018) noch Schworm und Renkl (2007) die in der Lösungsbeispielforschung gängige Vergleichsbedingung des Problemlösens, um den Effekt von Lösungsbeispielen zu etablieren. So kam gerade bei Klopp und Stark (2018), deren inhaltlicher Fokus eine große Nähe zum Fokus der vorliegenden Arbeit aufweist, eine sehr „schwache“ Kontrollbedingung zum Einsatz. Gleichzeitig verwendeten sowohl Hefter et al. (2014) als

auch Klopp und Stark (2018) in ihren Interventionen neben den Lösungsbeispielen auch Einführungstexte zum wissenschaftlichen Argumentieren bzw. wissenschaftlichen Erklären. Entsprechend bleibt unklar, inwiefern die Ergebnisse auch auf die Einführungstexte zurückzuführen sind.

In einem nächsten Schritt sollte deshalb ein Vergleich des Lernens mit Lösungsbeispielen und Problemlösen angestrebt werden, in dem die Bedingungen insofern vergleichbar sind, als dass eine Auseinandersetzung mit den gleichen Problemen erfolgt und in beiden Bedingungen vor dem Lernen aus Lösungsbeispielen grundsätzliche Informationen zu Komponenten professioneller Unterrichtswahrnehmung zur Verfügung gestellt werden. Außerdem erscheint die Wirksamkeit von Lösungsbeispielen ausgehend von den dargestellten empirischen Erkenntnissen insbesondere von der vertieften Elaboration der Lösungsbeispiele abzuhängen, weshalb die Integration von Selbsterklärungsprompts zur Unterstützung der Lernenden bzw. Lehramtsstudierenden ein gutes Mittel darstellen kann. Zu bestätigen gilt es dabei insbesondere, dass sich Lernen aus Lösungsbeispielen auch im Kontext der professionellen Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts als fruchtbar erweisen kann.

5.4 Konsequenzen für die Förderung von PK und professioneller Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts

Zur Förderung situationsspezifischer Fertigkeiten wie der professionellen Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts stellt fallbasiertes Lernen eine vielversprechende Möglichkeit dar. Da das Lernen mit authentischen Lernmaterialien wie Unterrichtsvideos jedoch mit einer hohen kognitiven Belastung einhergehen kann, erscheint die Nutzung von schriftlichen Unterrichtsdarstellungen für Lehramtsstudierende angezeigt. Aufgrund von Schwierigkeiten bei der Bedeutungserschließung von im Unterricht dargestellten (theoretischen) Mechanismen sollte jedoch nicht nur eine textbasierte mediale Umsetzung anvisiert werden, sondern auch zusätzliche Unterstützungsmaßnahmen in der Phase der Vorbereitung auf die Fallarbeit und in der Phase der Fallarbeit in Betracht gezogen werden.

Zur vertieften Elaboration des notwendigen deklarativen, bildungswissenschaftlichen Wissens (PK) in der *Phase der Vorbereitung auf die Fallarbeit* weisen empirische Ergebnisse auf die Bedeutung von *Lernen durch Mapping* hin. Gleichzeitig illustrieren sie aber auch, dass die Effektivität des Lernens durch Mapping von bestimmten Faktoren wie dem Vorwissen und der Qualität der Maps abzuhängen scheint. Folglich gilt es zu prüfen, inwiefern Lernen durch Mapping positive Effekte auf das PK und die Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht von Lehramtsstudierenden hat, die bereits über relevantes

Vorwissen im Sinne von PK verfügen. Außerdem sollte geklärt werden, inwiefern die Qualität der Maps nicht nur mit dem Erwerb von PK, sondern auch mit der Inhaltsqualität assoziiert ist.

Zur Unterstützung der Anwendung des erworbenen Wissens in der *Phase der Fallarbeit* hat sich des Weiteren das *Lernen aus Lösungsbeispielen* empirisch bewährt, insbesondere dann, wenn die Lösungsbeispiele eine vertiefte Elaboration auf Lernendenseite mithilfe der Integration von Selbsterklärungsprompts anregen. Da die große Mehrheit dieser Forschung jedoch auf Studien in wohlstrukturierten Domänen wie der Mathematik beruht, werden noch mehr Studien benötigt, die die Überlegenheit von Lernen aus Lösungsbeispielen im Vergleich zu unangeleitetem Problemlösen auch in schlecht strukturierteren Kontexten wie der professionellen Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts zuverlässig bestätigen. Dabei sind insbesondere die differenziellen Effekte von Lernen aus Lösungsbeispielen auf die Form- und Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht zu untersuchen.

6 Zusammenfassung der drei Fachartikel

In der vorliegenden Arbeit sollen ausgehend vom TPACK-Rahmenmodell von Mishra und Koehler (Koehler & Mishra, 2005, 2008, 2009; Mishra & Koehler, 2006) mediendidaktische Wissens-, Fertigkeits- und Performanzfacetten von Lehrpersonen und ihre Zusammenhänge mit relevanten lehrperson- und lernendenseitigen Konstrukten untersucht werden. Die in Kapitel 2.3 vorgenommene Rezeption deutete dabei darauf hin, dass die TPACK-Forschung zwar umfangreich ist, aber an verschiedenen Stellen Lücken aufweist. Vor dem Hintergrund dieser Forschungslücken wurde in 2.4 ein Untersuchungsmodell entwickelt, dass sich dadurch auszeichnet, dass (1) das Spektrum an Arten von TPK mit den Polen *TPK als Wissen* und *TPK als Performanz* sowie *TPK als situationsspezifische Fertigkeit* als zwischen den Polen liegende Komponente konzeptualisiert wird, (2) *lehrpersonseitige Einflussfaktoren* (medienbezogene Lehrexpertise) auf TPK und dessen *instruktionale Förderung* berücksichtigt werden und (3) der *Lernerfolg* von Lernenden als Outcomevariable aufgeführt wird, der durch das TPK der Lehrperson beeinflusst wird. Da diese Arbeit zum Ziel hat, fach- bzw. inhaltsunabhängige Aussagen zu mediendidaktischen Wissens-, Fertigkeits- und Performanzfacetten treffen zu können, die für alle Lehrpersonen von Relevanz sind (Gerhard et al., 2020), wird ein Fokus auf TPK anstelle von TPACK gelegt.

Zentral für die theoretische Konzeptualisierung und empirische Messung von TPK ist erstens das in Kapitel 3 vorgestellte *ICAP-Modell* von Chi und Wylie (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014). Es ermöglicht, TPK auf Basis konstruktivistischer Perspektiven auf Lehr-Lernprozesse zu konzeptualisieren, die in die TPACK-Forschung bisher kaum Eingang fanden. Die von Lehrpersonen intendierten Lernaktivitätsmodi, die im ICAP-Modell unterschieden werden, werden in der vorliegenden Arbeit entsprechend als ein Indikator für das konstruktivistische Potenzial von TPK verstanden. Dabei ist in der ersten Studie *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften* von Interesse, erste Erkenntnisse zu den möglichen Effekten von *medienbezogener Lehrexpertise* auf das Zusammenspiel intendierter technologiegestützter und nicht-technologiegestützter *Lernaktivitäten (TPK als situationsspezifische Fertigkeit)* zu gewinnen. Zweitens soll das ICAP-Modell dazu dienen, in der zweiten Studie *TPK und Lernerfolg* die von Lehrpersonen intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten *Lernaktivitäten (TPK als Performanz)* zu untersuchen sowie die Zusammenhänge zwischen diesen Lernaktivitäten und dem Erwerb *domänenspezifischen Wissens* und *domänenübergreifender Fertigkeiten* von Lernenden (Lernerfolg) besser zu verstehen.

Neben dem ICAP-Modell kommt den in Kapitel 4 thematisierten Modellen *professioneller Unterrichtswahrnehmung* (Seidel & Stürmer, 2014; van Es & Sherin, 2002, 2008) für

die Messung von *TPK als situationsspezifische Fertigkeit* eine wichtige Rolle zu, da sie die Erfassung der situationsspezifischen Reflexionsfertigkeiten von Lehrpersonen ermöglichen. Auch hier handelt es sich um eine Fertigkeit, die in der TPACK-Forschung bisher kaum Beachtung gefunden hat (Harris et al., 2017), jedoch als relevantes Merkmal der Lehrexpertise von Lehrpersonen verstanden wird (Blomberg et al., 2011; Sherin, 2007). Es ist für die vorliegende Arbeit daher von Bedeutung, Einblicke in die *Formqualität* und *Inhaltsqualität* professioneller Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden zu gewinnen.

Da die Form- und Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von (technologiegestütztem) Unterricht bei Lehramtsstudierenden eher gering ausgeprägt zu sein scheint (vgl. Bergner, 2018; Kramarski & Michalsky, 2009), wurde in Kapitel 5 die *Förderung von TPK bzw. professioneller Wahrnehmung von (technologiegestütztem) Unterricht* näher beleuchtet. Als Ansatz zur Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von Lehrpersonen hat sich das in 5.1 besprochene *fallbasierte Lernen* etabliert (z.B. Hellermann et al., 2015; Kersting et al., 2012; Meschede et al., 2017), das mit Blick auf die methodische Umsetzung sowohl in der *Phase der Vorbereitung auf die Fallarbeit* als auch in der *Phase der Fallarbeit* instruktional unterstützt werden sollte (Kirschner et al., 2006; Seidel et al., 2013). Für die Phase der Vorbereitung erscheint der Ansatz des *Lernens durch Mapping* (Fiorella & Mayer, 2015) vielversprechend. Entsprechend wurden Erkenntnisse zu dessen Wirksamkeit in Kapitel 5.2 zusammengetragen. Als effektive instruktionale Unterstützung von Lernenden in der Phase der Fallarbeit hat sich der Ansatz des *Lernens aus Lösungsbeispielen* (Renkl, 2014) erwiesen, der in Kapitel 5.3 beschrieben wurde. In der dritten Studie *Förderung von TPK* soll folglich festgestellt werden, inwiefern die Ansätze Lernen durch Mapping und Lernen aus Lösungsbeispielen einen positiven Effekt auf die Form- und Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht haben.

Im Folgenden werden die Zusammenfassungen der Fachartikel zu den drei Studien präsentiert. Die Fachartikel sind allesamt von der Autorin dieser Arbeit in Erstautor*innenschaft verfasst und in internationalen Zeitschriften mit Peer-Review-Verfahren veröffentlicht worden.

6.1 Fachartikel I zur Studie TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften

Fachartikel I beleuchtet die interindividuellen Unterschiede zwischen den von Lehramtsstudierenden und medien erfahrenen Lehrkräften intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten in Unterrichtsplänen mithilfe eines Mixed-Methods-Ansatzes. Der Fachartikel wurde 2022 unter dem Titel „Using Technology to Promote Student Lear-

ning? An Analysis of Pre- and In-Service Teachers' Lesson Plans“ in der referierten, internationalen Fachzeitschrift *Technology, Pedagogy and Education* veröffentlicht. Erstautorin des Fachartikels ist Christina Wekerle, Zweitautor ist Ingo Kollar. Die Konzeption, Durchführung, Auswertung und die Manuskripterstellung wurde hauptverantwortlich durch die Erstautorin umgesetzt. Der Zweitautor übernahm für alle Teilschritte die Funktion des Beraters. Das akzeptierte Manuskript ist in Anhang A zu finden.

6.1.1 Theoretischer Hintergrund und Fragestellungen

Ergebnisse von Metaanalysen (z.B. Chien et al., 2016; R. F. Schmid et al., 2014; Tamim et al., 2011) deuten darauf hin, dass die Effekte von digitalen Medien auf den Lernerfolg von Lernenden davon abhängen, wie diese von Lehrpersonen im Lehr-Lernkontext implementiert werden. Für einen effektiven Einsatz digitaler Medien in Lehr-Lernkontexten scheinen demnach insbesondere die TPACK-Facetten (Koehler & Mishra, 2008, 2009; Mishra & Koehler, 2006) von Lehrpersonen von Bedeutung zu sein. Gleichzeitig äußern bildungspolitische Akteur*innen bereits seit längerem den Bedarf an Lehramtscurricula, die Lehramtsstudierende gezielt auf die Nutzung der Potenziale digitaler Medien im Unterrichtskontext vorbereiten (z.B. Kultusministerkonferenz, 2019; U.S. Department of Education, 2016). Es wird vorgeschlagen, bei der Entwicklung entsprechender Curricula empirische Erkenntnisse in Betracht zu ziehen, die Einblicke in die Voraussetzungen der Lehramtsstudierenden ermöglichen und Hinweise auf adäquate Förderziele geben.

Um entsprechend Hinweise auf empirischem Wege zu erhalten, bietet es sich an, im Einklang mit einem relativen Experten-Novizen-Paradigma (Chi, 2006) die TPACK-Facetten von Lehramtsstudierenden mit denen von medienerfahrenen Lehrkräften zu vergleichen. Dabei sollten bei der Erfassung der TPACK-Facetten von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften mehrere Aspekte berücksichtigt werden: (1) Vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung der 21st Century Skills von Lernenden (z.B. kreatives Denken, Kollaborieren, Erstellen von Medienprodukten; Partnership for 21st Century Learning, 2015) und der angenommenen Potenziale konstruktivistischer Ansätze für den Erwerb dieser Fertigkeiten (Brantley-Dias & Ertmer, 2013) wird in der TPACK-Forschung empfohlen, die TPACK-Facetten von Lehrpersonen aus einer lernendenzentrierten, konstruktivistischen Perspektive zu konzeptualisieren (vgl. Angeli & Valanides, 2009; Chai et al., 2013; Koh et al., 2017; Olofson et al., 2016). Das ICAP-Modell (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014) stellt diesbezüglich mithilfe einer Differenzierung unterschiedlich hochwertiger beobachtbarer Lernaktivitäten einen Rahmen zur Verfügung, um die TPACK-Facetten von Lehrpersonen auf ihre konstruktivistischen Potenziale hin

einschätzen zu können. Dabei wird im ICAP-Modell angenommen, dass ein Engagement in interaktiven Lernaktivitäten mit einem höheren Lernerfolg assoziiert ist als das Engagement in konstruktiven Lernaktivitäten. Ein Engagement in konstruktiven Lernaktivitäten sollte wiederum in einem größeren Maße zum Lernerfolg beitragen als aktive Lernaktivitäten. Schließlich sollte ein Engagement in passiven Lernaktivitäten mit dem geringsten Lernerfolg einhergehen.

(2) Um tiefere Einblicke in die Denk- und Entscheidungsprozesse hinsichtlich der Implementation digitaler Medien und dem Zusammenspiel der Nutzung digitaler und analoger Medien im Unterricht zu gewinnen, stellt die qualitative Analyse von Unterrichtsplänen von Lehrpersonen ein vielversprechendes Verfahren dar (Harris et al., 2010; Heitink, Voogt, Verplanken, van Braak & Fisser, 2016; Willermark, 2018). Das Ziel von Studie 1 war es deshalb, anhand einer Mixed-Methods-Analyse von Unterrichtsplänen von Lehramtsstudierenden und medien-erfahrenen Lehrkräften empirisch fundierte Anhaltspunkte für die Entwicklung von medienbe- zogenen Lehrplänen zu identifizieren. Um allgemeinere Aussagen über die Unterschiede zwischen Lehramtsstudierenden und Lehrkräften unabhängig von inhaltsbezogenen Faktoren (d.h. CK, PCK, TCK und TPACK) treffen zu können, lag der Fokus dabei nur auf dem TPK von Lehrpersonen. Konkret bedeutet dies, dass die von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten in Unter- richtsplänen unabhängig vom konkreten Unterrichtsinhalt von Interesse waren.

Es wurden zwei Fragestellungen untersucht: (1) Zu welchem Ausmaß unterscheiden sich Lehramtsstudierende und medien-erfahrene Lehrkräfte hinsichtlich der ICAP- Lernaktivitätsmodi, die diese in Unterrichtsplänen in technologiegestützten Lehr-Lernphasen intendieren? (2) Zu welchem Ausmaß unterscheiden sich Lehramtsstudierende und medien-erfahrene Lehrkräfte hinsichtlich der ICAP-Lernaktivitätsmodi, die diese in Unterrichtsplänen in nicht-technologiegestützten Lehr-Lernphasen intendieren? Eine Interpretation empirischer Be- funde zu den Denk- und Entscheidungsprozessen von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften (vgl. Backfisch et al., 2020; Hughes et al., 2020; Meskill et al., 2002) auf Basis des ICAP- Modells führte zur Hypothese, dass medien-erfahrene Lehrkräfte im Vergleich zu Lehramts- studierenden weniger passive und mehr aktive, konstruktive und interaktive technologiegestützte Lernaktivitäten intendieren sollten. Inwiefern sich im Kontext des mediengestützten Unter- richts ähnliche Muster auch für nicht-technologiegestützte intendierte Lernaktivitäten zeigen, war bisher nicht der Fokus empirischer Studien und wurde deshalb explorativ untersucht.

6.1.2 Methode

Die Stichprobe bestand insgesamt aus $N = 134$ Personen. Hiervon waren 99 Personen Lehramtsstudierende, die das Noviz*innenkriterium erfüllten, sich im ersten oder zweiten Semester zu befinden. Weitere 35 Personen waren medienerfahrene Lehrkräfte, die angaben, mindestens fünf Jahre professionelle Lehrerfahrung zu besitzen, was als notwendiges Lehrexpertisekriterium gilt (vgl. Berliner, 2004; Palmer et al., 2005). Die Einteilung in zwei distinkte Gruppen konnte durch einen kurzen, objektiven PK-Test (vgl. König & Blömeke, 2010), selbsteingeschätztes TPK (vgl. D. A. Schmidt et al., 2009) und die selbstberichtete Häufigkeit der digitalen Mediennutzung (vgl. Lee & Tsai, 2010) validiert werden. Zur Erfassung der Unterrichtspläne wurden die Lehramtsstudierenden und Lehrkräfte gebeten, eine ideale Unterrichtsstunde schriftlich darzustellen, in der digitale Medien effektiv genutzt werden. Sie sollten dabei unterschiedliche Unterrichtsphasen benennen sowie die dabei von ihnen intendierten Lehrkraft- und Schüler*innenaktivitäten erläutern.

Zur Auswertung der Unterrichtspläne wurde ein dreischrittiger Mixed-Methods-Ansatz gewählt: In einem ersten Schritt wurden die Unterrichtspläne segmentiert und mithilfe von zwei Kodierschemata analysiert. Dabei diente das erste Kodierschema dazu, die verschiedenen in den Unterrichtsplänen auf Seiten der Schüler*innen intendierten Lernaktivitäten in passive, aktive, konstruktive und interaktive Lernaktivitäten zu kategorisieren. Die Entwicklung des Kodierschemas orientierte sich an den theoretischen Annahmen des ICAP-Modells (Chi & Wylie, 2014) und an Kodierbeispielen einer Studie von Chi et al. (2018). Mithilfe des zweiten Kodierschemas konnten technologiegestützte und nicht-technologiegestützte Lernaktivitäten unterschieden werden. In der Anwendung beider Kodierschemata erzielten zwei unabhängige Kodierer*innen gute Interraterübereinstimmungswerte. In einem zweiten Schritt wurden die Daten quantifiziert. Die dabei entstandenen Werte für die von Lehramtsstudierenden und von medienerfahrenen Lehrkräfte intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten passiven, aktiven, konstruktiven und interaktiven Lernaktivitäten wurden mittels varianzanalytischer und non-parametrischer Verfahren auf Unterschiedlichkeit geprüft. Schließlich lag der Fokus in einem dritten Schritt darin, die Ergebnisse dieser quantitativen Analysen anhand von qualitativen Analysen von je fünf repräsentativen Einzelfällen aus jeder der beiden Gruppen zu illustrieren.

6.1.3 Ergebnisse

Die quantitativen Ergebnisse zeigten, dass medienerfahrene Lehrkräfte signifikant weniger häufig als Lehramtsstudierende technologiegestützte passive Lernaktivitäten intendierten. Hingegen wiesen die Unterrichtspläne der medienerfahrenen Lehrkräfte signifikant häufiger technologiegestützte konstruktive und interaktive Lernaktivitäten auf. Für technologiegestützte aktive Lernaktivitäten konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden werden. Auch nicht-technologiegestützte Lernaktivitäten wurden von beiden Gruppen in einem ähnlichen Maße intendiert, wobei nicht-technologiegestützte passive Lernaktivitäten Lehramtsstudierenden und Lehrkräften am häufigsten genannt wurden. Es ergaben sich entsprechend keine signifikanten Unterschiede für nicht-technologiegestützte Lernaktivitäten.

Die qualitativen Ergebnisse illustrierten, dass die fünf ausgewählten medienerfahrenen Lehrkräfte zwar mehr Lernaktivitäten aufführten, allerdings weniger ausführliche Unterrichtspläne als die fünf Lehramtsstudierenden erstellten. Außerdem waren die Unterrichtspläne der Lehrkräfte größtenteils relativ abstrakt und ohne konkrete Bezugnahme auf Unterrichtsinhalte formuliert. Grund hierfür könnte sein, dass die medienerfahrenen Lehrkräfte im Vergleich zu den Lehramtsstudierenden auf Basis ihrer zahlreichen Unterrichtserfahrung bereits eine Art generalisiertes kognitives Skript (vgl. F. Fischer, Kollar, Stegmann & Wecker, 2013) für technologiegestützten Unterricht erworben haben. In beiden Gruppen lag der Anteil an technologiegestützten Lernaktivitäten im moderaten Bereich, d.h. zwei Drittel der angegebenen Lernaktivitäten waren mit Medienunterstützung vorgesehen.

Intendierte passive Lernaktivitäten waren in den Unterrichtsplänen beider Gruppen besonders häufig in Form eines Unterrichtsimpulses bzw. einer Hinführung zum Unterrichtsthema erkennbar, die von medienerfahrenen Lehrkräften in vielen Fällen nicht weiter konkretisiert wurden. Der Unterrichtsplan mehrerer Lehramtsstudierender sah hingegen vor, den Schüler*innen Videos zu zeigen. Während bei den medienerfahrenen Lehrkräften darüber hinaus die technologiegestützte Präsentation von Schüler*innenprodukten (z.B. Schüler*innen präsentieren ihre Rechercheergebnisse mithilfe von PowerPoint) war, war dies bei den ausgewählten Lehramtsstudierenden nicht der Fall. Die technologiegestützte Vermittlung von Informationen in Form von Lehrkraftpräsentationen oder Videos konnte in den Unterrichtsplänen beider Gruppen festgestellt werden, ebenso wie offene, nicht-technologiegestützte Plenumsaktivitäten (z.B. Brainstorming, Diskussion).

Die am häufigsten genannten aktiven Lernaktivitäten waren sowohl bei medienerfahrenen Lehrkräften als auch bei Lehramtsstudierenden digitale Quizformate. Die Unterrichtspläne

der Lehramtsstudierenden zeichneten sich außerdem durch stärker lehrkraftgeleitete, strukturierte Lernaktivitäten wie das Mit- bzw. Abschreiben von Informationen aus, unabhängig davon, ob es sich um technologiegestützte oder nicht-technologiegestützte präsentierte Informationen handelte. Einige der ausgewählten medienerfahrenen Lehrkräfte wählten als weitere aktive Lernaktivitäten hingegen offenere, für den Erwerb von 21st Century Skills relevantere Aufgaben aus (z.B. Onlinerecherchen).

Konstruktive und interaktive Lernaktivitäten wurden insgesamt von beiden Gruppen zu einem geringen Ausmaß in den Unterrichtsplänen aufgeführt, auch wenn deren Anzahl in den Unterrichtsplänen der medienerfahrenen Lehrkräfte deutlich höher war als in denen der Lehramtsstudierenden. So ließen sich diesbezüglich nur Charakteristika der Unterrichtspläne der medienerfahrenen Lehrkräfte herausarbeiten: Diese waren nicht ausschließlich, aber in einigen Fällen von einer individuellen Vorbereitung einer digitalen Präsentation oder von einer technologiegestützten Erstellung eines Lernprodukts in Kleingruppen geprägt.

Neben diesen lernaktivitätsbezogenen Charakteristika wurde in den Unterrichtsplänen sichtbar, dass die ausgewählten Lehramtsstudierenden nur sehr eingeschränkt lehrkraftseitige Aktivitäten im technologiegestützten Unterricht reflektierten bzw. die Lehrkraft vorrangig als Anbieter*in von Inhalt und Aufgaben verstanden. Die ausgewählten medienerfahrenen Lehrkräfte elaborierten hingegen in einem stärkeren Ausmaß lehrkraftseitige Aktivitäten und betonten die Rolle der Lehrkraft als Lernunterstützer*in, was gerade für die Förderung des Erwerbs von 21st Century Skills als zentral gilt (Lazonder & Harmsen, 2016). Hinsichtlich der Arten an anvisierten digitalen Medien konnten keine Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden werden. Lehramtsstudierende und Lehrkräfte erwähnten hauptsächlich Standardtechnologien wie Präsentationssoftware, Suchmaschinen, Quizsoftware und digitale Inhalte wie Videos und Bilder.

6.1.4 Diskussion

Die quantitativen Ergebnisse zur ersten Fragestellung bestätigen größtenteils die Befunde vorheriger Studien zu den Denk- und Entscheidungsprozessen von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften im Kontext von technologiegestütztem Unterricht (vgl. Backfisch et al., 2020; Hughes et al., 2020; Meskill et al., 2002): Medienerfahrene Lehrkräfte scheinen demnach in der Tat mehr technologiegestützte konstruktive und interaktive, wenn auch nicht mehr aktive Lernaktivitäten als Lehramtsstudierende zu intendieren. Auf einer qualitativen Ebene zeichneten sich die Unterrichtspläne der Lehrkräfte insbesondere durch eine große Anzahl an techno-

logiegestützten Lernaktivitäten aus, die als offen und lernendenzentriert bezeichnet (z.B. kooperative Erstellung von Lernprodukten) und als bedeutend für den Erwerb von 21st Century Skills verstanden werden können. Gleichzeitig berücksichtigten die medienerfahrenen Lehrkräfte die Notwendigkeit einer adäquaten Unterstützung der Lernenden. Vergleichbare Muster konnten bei Lehramtsstudierenden nicht identifiziert werden. Die TPK-Entwicklung von Lehramtsstudierenden im Rahmen von Lehramtscurricula sollte deshalb zum Ziel haben, Lehramtsstudierende zu unterstützen, vor allem konstruktive und interaktive Lernaktivitäten in ihrem Unterricht anzuvizieren. Ein vielversprechender Ansatz könnte hierbei die Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden darstellen, indem Lehramtsstudierende auf Basis des ICAP-Modells authentische, technologiegestützte Unterrichtssituationen analysieren sollen.

Hinsichtlich der zweiten Fragestellung machen die nicht signifikanten Unterschiede zwischen den von medienerfahrenen Lehramtsstudierenden und Lehrkräften intendierten nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten allerdings deutlich, dass nicht zwangsläufig Rückschlüsse von intendierten technologiegestützten Lernaktivitäten auf nicht-technologiegestützte Lernaktivitäten gezogen werden können. Ein möglicher Grund hierfür könnte sein, dass medienerfahrene Lehrkräfte darauf abzielen, eine Balance zwischen verschiedenen Lernaktivitätsmodi beim technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lehren und Lernen herzustellen und dabei bestimmte Lernaktivitäten verstärkt in digital unterstützten Unterrichtsphasen und andere (hauptsächlich passive) Lernaktivitäten vorrangig in nicht durch digitale Medien unterstützten Unterrichtsphasen anvisieren. Auf Basis des ICAP-Modells bleibt allerdings weitgehend unklar, inwiefern auch passive und aktive Lernaktivitäten ihren Platz im Unterricht bekommen sollten oder wie eine ideale Balance von Lernaktivitäten aussehen könnte. Entsprechend bedarf es hier weiterer theoretischer Klärung.

6.2 Fachartikel II zur Studie TPK und Lernerfolg

Fachartikel II beleuchtet die intraindividuellen Unterschiede in den von Lehrerbildner*innen intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten in der universitären Lehre und deren Effekte auf den Erwerb von domänenspezifischem Wissen und domänenübergreifenden Fertigkeiten von Lehramtsstudierenden. Der Fachartikel wurde 2020 unter dem Titel „Using Digital Technology to Promote Higher Education Learning: The Importance of Different Learning Activities and Their Relations to Learning Outcomes“ in der referierten, internationalen Fachzeitschrift *Journal of Research on Technology in Education* veröffentlicht. Erstautorin des Fachartikels ist Christina Wekerle, Zweit- und Drittautor sind

Martin Daumiller und Ingo Kollar. Die Konzeption, Durchführung, Auswertung und die Manuskripterstellung wurde hauptverantwortlich durch die Erstautorin umgesetzt. Der Zweitautor war bei der Auswertung und Manuskripterstellung beratend tätig. Der Drittautor übernahm für die Teilschritte der Konzeption und Manuskripterstellung die Funktion des Beraters. Das akzeptierte Manuskript ist in Anhang B zu finden.

6.2.1 *Theoretischer Hintergrund und Fragestellungen*

Lehrerbildner*innen sollten über Wissen zur effektiven Implementation von digitalen Medien verfügen, um die Potenziale digitaler Medien in ihrer Hochschullehre nutzen zu können. Während das TPACK-Rahmenmodell (Koehler & Mishra, 2008, 2009; Mishra & Koehler, 2006) einen Überblick über die hierfür notwendigen Wissensfacetten liefert, zeigen sich verschiedene Forschungslücken: (1) Bisher ist wenig über die Ausprägung der TPACK-Facetten von Hochschullehrenden bekannt (Chai et al., 2016; Herring, Meacham & Mourlam, 2016; Willermark, 2018; Wu, 2013). (2) Die TPACK-Forschung basiert weiterhin zu einem beträchtlichen Maße auf Selbsteinschätzungsskalen. Wie Lehrpersonen ihre TPACK-Facetten in Lehr-Lernsituationen zur Umsetzung bringen, ist viel weniger erforscht (Chai et al., 2016; Koehler et al., 2012; Voogt et al., 2013; Willermark, 2018). Studien, die den Einsatz digitaler Medien in der Hochschullehre bisher untersuchten, zeichneten sich dadurch aus, dass sie sich nur auf die technologiegestützten Lehr-Lernphasen in Lehrveranstaltungen fokussierten, ohne dabei allerdings auch nicht-technologiegestützte Lehr-Lernphasen zu berücksichtigen. Ein solcher intraindividueller Vergleich wäre allerdings relevant, um Aussagen darüber treffen zu können, inwiefern Lehrerbildner*innen insbesondere die Potenziale digitaler Medien nutzen. (3) Außerdem fehlt es mit Blick auf die zunehmende Bedeutung von 21st Century Skills bisher an einer konstruktivistischen, lernendenzentrierten Perspektive auf die TPACK-Facetten. Das ICAP-Modell mit seiner Differenzierung in beobachtbare passive, aktive, konstruktive und interaktive Lernaktivitäten könnte hierfür ein vielversprechendes ergänzendes Rahmenmodell darstellen (vgl. Argumentation in Fachartikel I). Jedoch beleuchteten Studien im Kontext des ICAP-Modells bisher nur die Zusammenhänge von Lernaktivitäten und dem domänenspezifischen Wissenserwerb, nicht aber dem Erwerb von 21st Century Skills bzw. domänenübergreifenden Fertigkeiten.

Vor dem Hintergrund dieser Forschungslücken wurde auf Basis des ICAP-Modells eine Rezeption bisheriger Studien vorgenommen, die den Einsatz digitaler Medien im Hochschulkontext untersuchten (vgl. Marcelo-García et al., 2015; Newman et al., 2018; Sailer et al., 2018; U. Schmid et al., 2017). Die Befunde legen nahe, dass Lehrerbildner*innen nur eingeschränkt in der Lage zu sein scheinen, die Potenziale digitaler Medien zu nutzen, d.h. digitale Medien

dazu zu verwenden, Studierende zu hochwertigen Lernaktivitäten anzuregen. Die in den Studien fehlenden intraindividuellen Vergleiche technologiegestützter und nicht-technologiegestützter Lehr-Lernphasen ermöglichen jedoch keine letztliche Einschätzung, inwiefern Lehrerbildner*innen in technologiegestützten Lehr-Lernphasen Studierende zu höherwertigen Lernaktivitäten anregen als in ihrer nicht-technologiegestützten Lehrpraxis. Nur eine internationale Studie mit Lehrkräften deutet an, dass Lehrpersonen, wenn sie digitale Medien in ihrem Unterricht einsetzen, ihren Unterricht im Vergleich zu ihrer allgemeinen Unterrichtspraxis tendenziell stärker konstruktivistisch gestalten (vgl. Law & Chow, 2008).

Hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen den ICAP-Lernaktivitäten und dem domänenspezifischen Wissenserwerb weisen Reanalysen bisheriger Studien (z.B. Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014) sowie erste auf dem ICAP-Modell basierte Studien (z.B. Henderson, 2019; Menekse et al., 2013; Xu Wang et al., 2016) darauf hin, dass die gefundenen Effekte in nicht-technologiegestützten und technologiegestützten Lehr-Lernsettings im Großen und Ganzen im Einklang mit der ICAP-Hypothese zu bringen sind. Allerdings fehlt es bisher an Studien, die die Effekte aller vier Lernaktivitätsmodi auf den Lernerfolg von Studierenden auch in natürlichen Lehr-Lernsettings untersuchen. Zudem lässt sich auf Basis metaanalytischer Befunde zu den Effekten problemorientierten Lernens (z.B. Leary, 2012) und CSCL (z.B. Chen et al., 2018; Lou et al., 2001) auf den domänenspezifischen Fertigkeitserwerb von Lernenden erwarten, dass die ICAP-Hypothese auch auf den domänenspezifischen Fertigkeitserwerb anzuwenden ist.

Folgende Fragestellungen waren deshalb von Interesse: (1) Inwiefern intendieren Lehrerbildner*innen in technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lehr-Lernphasen unterschiedliche Lernaktivitäten? Auf Basis der Ergebnisse von Law und Chow (2008) wurde die Hypothese aufgestellt, dass Lehrerbildner*innen in technologiegestützten Lehr-Lernphasen mehr konstruktive und interaktive Lernaktivitäten und weniger passive und aktive Lernaktivitäten als in nicht-technologiegestützten Lehr-Lernphasen intendieren. (2) Inwiefern sind die von Lehrerbildner*innen intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten passiven, aktiven, konstruktiven und interaktiven Lernaktivitäten mit dem Erwerb von domänenspezifischem Wissen und domänenübergreifenden Fertigkeiten der Studierenden assoziiert? Basierend auf den Ergebnissen der ICAP-Forschung (vgl. Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014; Henderson, 2019; Menekse et al., 2013; Xu Wang et al., 2016), der Forschung zu problemorientiertem Lernen (vgl. Leary, 2012) und CSCL (vgl. Chen et al., 2018; Lou et al., 2001) wurde angenommen, dass die Stärke der Zusammenhänge zwischen technologiegestützten und nicht-

technologiegestützten Lernaktivitäten auf der einen Seite und dem Erwerb domänenspezifischen Wissens sowie domänenübergreifenden Fertigkeiten auf der anderen Seite von passiven über aktive und konstruktive zu interaktiven Lernaktivitäten zunimmt.

6.2.2 Methode

Es nahmen $N = 381$ Lehramtsstudierende aus dreißig verschiedenen Lehrveranstaltungen an der Studie teil, die im Rahmen einer Lehrveranstaltungsevaluation am Ende des Semesters durchgeführt wurde. Neben demographischen Angaben wurden die Studierenden gebeten, anhand von 21 auf Basis des ICAP-Modells entwickelten Likert-skalierten Items die Häufigkeit zu bewerten, mit der sie sich in Lehrveranstaltungen zu bestimmten Lernaktivitäten angeregt fühlten. Die Items waren jeweils für technologiegestützte Lehr-Lernphasen und für nicht-technologiegestützte Lehr-Lernphasen zu bearbeiten. Auf Basis einer Expert*inneneinschätzung wurden fünf Items ausgeschlossen. Aus den 16 verbleibenden Items adressierten drei Items passive Lernaktivitäten (z.B. „Inhalte lesen“), vier Items aktive Lernaktivitäten (z.B. „Textstellen unterstreichen“), fünf Items konstruktive Lernaktivitäten (z.B. „Inhalte vergleichen“) und vier Items interaktive Lernaktivitäten (z.B. „sich Inhalte gegenseitig erklären“). Eine konfirmatorische Faktorenanalyse konnte die Faktorenstruktur bestätigen.

Zur Erfassung des domänenspezifischen Wissenserwerbs wurden in Anlehnung an die Lernzieltaxonomie von Krathwohl (2002) vier Likert-skalierte Items verwendet, die tiefergehende Lernziele (d.h. Analyse, Evaluation, Entwicklung von Inhalten) abbilden sollten (z.B. „Ich wurde durch diese Lehrveranstaltung dazu befähigt, die wichtigsten Lehrinhalte analysieren zu können.“). Ebenfalls sollten die Studierenden ihren domänenübergreifenden Fertigkeitserwerb beurteilen. Hierzu wurden jeweils fünf Likert-skalierte Items entwickelt, die den metakognitiven Strategieerwerb (z.B. „Ich habe in dieser Lehrveranstaltung gelernt, wie man sich selbst Lernziele setzt.“), den motivationalen Strategieerwerb (z.B. „Ich habe durch diese Lehrveranstaltung gelernt, wie ich Lerninhalte für mich selbst interessant gestalten kann.“) sowie den Erwerb von Kollaborationsstrategien (z.B. „In Diskussionen für den eigenen Standpunkt argumentieren zu können, habe ich in dieser Veranstaltung gelernt.“) fokussierten. Die Faktorstruktur des domänenspezifischen Wissenserwerb und des domänenübergreifenden Fertigkeitserwerb konnte ebenfalls bestätigt werden.

Zur Untersuchung der Fragestellungen wurde aufgrund der genesteten Datenstruktur eine Zweiebenenmodellierung mit Mplus 8 (Muthén & Muthén, 2017) vorgenommen. Hierbei wurden Wald χ^2 -Tests eingesetzt, um Unterschiede in der Häufigkeit der intendierten techno-

logiegestützten und nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten identifizieren zu können. Regressionsmodelle kamen zum Einsatz, um die Effekte der unterschiedlichen Lernaktivitäten auf den domänenspezifischen Wissenserwerb und den Erwerb von metakognitiven, motivationalen und Kollaborationsstrategien zu bestimmen. Dabei wurden jeweils vier Modelle (passive, aktive, konstruktive und interaktive Lernaktivitäten) für technologiegestützte und vier Modelle für nicht-technologiegestützte Lernaktivitäten erstellt. Aufgrund der niedrigen ICC2-Werte wurden nicht nur die Lernerfolgsmaße, sondern auch die Lernaktivitäten bzw. Prädiktoren auf Individualebene in die Modelle integriert.

6.2.3 *Ergebnisse*

Zur ersten Fragestellung zeigten die Wald χ^2 -Tests, dass passive, aktive und konstruktive Lernaktivitäten in technologiegestützten Lehr-Lernphasen signifikant häufiger von Hochschullehrenden intendiert wurden als in nicht-technologiegestützten Lehr-Lernphasen. Für interaktive Lernaktivitäten waren keine signifikanten Unterschiede zwischen technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lehr-Lernphasen zu beobachten.

Hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen intendierten Lernaktivitäten und Lernerfolg (Fragestellung 2) waren technologiegestützte und nicht-technologiegestützte passive Lernaktivitäten weder ein signifikanter Prädiktor für den Erwerb von domänenspezifischem Wissen noch von domänenübergreifenden Fertigkeiten. Hingegen konnten technologiegestützte aktive Lernaktivitäten als signifikante Prädiktoren für den domänenspezifischen und domänenübergreifenden Lernerfolg identifiziert werden, während nicht-technologiegestützte aktive Lernaktivitäten nur prädiktiv für den Erwerb metakognitiver Strategien waren. Technologiegestützte und nicht-technologiegestützte konstruktive und interaktive Lernaktivitäten stellten sich als die zuverlässigsten Prädiktoren für die verschiedenen Lernerfolgsmaße heraus (mit Ausnahme von Kollaborationsstrategien im Falle von nicht-technologiegestützten konstruktiven Lernaktivitäten und motivationalen Strategien im Falle von nicht-technologiegestützten interaktiven Lernaktivitäten).

Basierend auf dem Vergleich der 95%-Konfidenzintervalle der Regressionsgewichte war weiterhin zu erkennen, dass technologiegestützte aktive Lernaktivitäten den Erwerb von metakognitiven und motivationalen Strategien signifikant besser vorhersagten als passive Lernaktivitäten. Eine Zunahme der prädiktiven Kraft von technologiegestützten passiven zu konstruktiven Lernaktivitäten zeigte sich für motivationale Strategien. Die Regressionsgewichte von technologiegestützten interaktiven Lernaktivitäten waren für den Erwerb aller drei domänenübergreifenden Fertigkeiten signifikant größer als die von technologiegestützten passiven

Lernaktivitäten. Hinsichtlich der nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten konnte nur ein signifikanter größerer Zusammenhang von interaktiven Lernaktivitäten und dem Erwerb von Kollaborationsstrategien im Vergleich zu passiven und aktiven Lernaktivitäten gefunden werden. Alle anderen Unterschiede waren nicht signifikant.

6.2.4 Diskussion

Mit Blick auf die erste Fragestellung scheinen Lehrerbildner*innen digitale Medien in ihren Lehrveranstaltungen im Vergleich zu nicht-technologiegestützten Lehr-Lernphasen in besonderem Maße zu nutzen, um Lehramtsstudierende zu konstruktiven Lernaktivitäten anzuregen, was mit Blick auf die Annahmen des ICAP-Modells als vielversprechend verstanden werden kann. Ein ähnliches Muster wurde für interaktive Lernaktivitäten nicht gefunden. Entsprechend kann die aufgestellte Hypothese, dass der Einsatz von digitalen Medien mit höherwertigen intendierten konstruktiven und interaktiven Lernaktivitäten einhergeht, teilweise bestätigt werden und ist zu einem gewissen Grad in Einklang mit den Befunden von Law und Chow (2008) aus dem Schulkontext zu bringen. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass sich die Studie von Law und Chow (2008) nicht an den ICAP-Lernaktivitäten orientierte und sehr viel breitere Erfassungskategorien nutzte. Gleichzeitig kann auch der unterschiedliche Bildungskontext in der Studie von Law und Chow (2008) und dieser Studie eine Rolle gespielt haben. So gaben die Hochschullehrenden in den Studien von Marcelo-García et al. (2015) und U. Schmid et al. (2017) eine ausgeprägte lehrpersonseitige Nutzung von digitalen Präsentationen (die häufig zu passiven Lernaktivitäten anregt) sowie die lernendenseitige Nutzung digitaler Software zu Bearbeitung von Lernprodukten (die häufig zu konstruktiven Lernaktivitäten anregt) an. Dieser Umstand könnte auch die vergleichsweise häufig genannten technologiegestützten passiven und konstruktiven Lernaktivitäten in der vorliegenden Studie erklären. Außerdem könnte dieser Befund möglicherweise auch in Zusammenhang mit der weiterhin sehr stark auf lehrendenzentrierte Vorlesungsformate und auf eine individuelle (statt einer kollaborativen) Nutzung zugeschnittenen digitalen Infrastruktur sowie dem eingeschränkten IT-Support an Hochschulen stehen (Sailer et al., 2018).

Die gefundenen Zusammenhänge von intendierten Lernaktivitäten und dem Erwerb domänenspezifischen Wissens und domänenübergreifender Fertigkeiten (Fragestellung 2) scheinen trotz der nicht in allen Fällen signifikanten Unterschiede zwischen den Lernaktivitätsmodi im Großen und Ganzen die ICAP-Hypothese zu unterstützen und stehen sowohl im Einklang mit auf das ICAP-Modell bezogenen Studien (Henderson, 2019; Menekse et al., 2013; Xu Wang et al., 2016), als auch mit Studien zum problemorientierten Lernen und zu CSCL (Chen

et al., 2018; Leary, 2012). Interessant war jedoch, dass sich mehr signifikante Zusammenhänge zwischen technologiegestützten Lernaktivitäten und dem Lernerfolg zeigten im Vergleich zu nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten. Außerdem waren diese Zusammenhänge zumindest deskriptiv zumeist stärker. Diese Beobachtung könnte darauf zurückzuführen sein, dass Studierende digitalen Medien generell eine hohe Effektivität für ihr eigenes Lernen zuschreiben (Brooks, 2016; Brooks & Pomerantz, 2017; R. F. Schmid et al., 2014), was möglicherweise die Zusammenhänge moderierte. Die Annahmen von Studierenden über die Effektivität von digitalen Medien sollten deshalb in Folgestudien als Variable integriert werden.

Auf Basis der Befunde zu den sehr häufig intendierten technologiegestützten passiven Lernaktivitäten und mit Blick auf die replizierten Hauptaussagen des ICAP-Modells erscheint es notwendig, dass Lehrerbildner*innen durch ihre Hochschulen in vielfältiger Weise unterstützt werden (Fabian, Clayes & Kelly, 2019), um in ihren Lehrveranstaltungen höherwertige Lernaktivitäten mithilfe digitaler Medien anregen zu können. Dabei könnten sich insbesondere auch Förderansätze aus der TPACK-Forschung, die über ein einzelnes Onlinemodul zum ICAP-Modell hinausgehen (vgl. Chi et al., 2018) und auf einem konstruktivistischen, kollaborativen Ansatz beruhen, als vielversprechend erweisen (vgl. Learning Technology by Design-Ansatz: Koehler, Mishra, Hershey & Peruski, 2004; Koehler & Mishra, 2005).

6.3 Fachartikel III zur Studie Förderung von TPK

Fachartikel III beleuchtet die Effekte von Lernen durch Mapping und Lernen aus Lösungsbeispielen auf die Form- und Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht von Lehramtsstudierenden im Kontext einer fallbasierten Onlinelernumgebung. Der Fachartikel wurde 2021 unter dem Titel „Fostering Pre-service Teachers‘ Situation-Specific Technological Pedagogical Knowledge – Does Learning by Mapping and Learning from Worked Examples Help?“ in der referierten, internationalen Fachzeitschrift *Computers in Human Behavior* veröffentlicht. Erstautorin des Fachartikels ist Christina Wekerle, Zweitautor ist Ingo Kollar. Die Konzeption, Durchführung, Auswertung und die Manuskripterstellung wurde hauptverantwortlich durch die Erstautorin umgesetzt. Der Zweitautor übernahm für alle Teilschritte die Funktion des Beraters. Das akzeptierte Manuskript ist in Anhang C zu finden.

6.3.1 Theoretischer Hintergrund und Fragestellungen

Das TPACK-Rahmenmodell (Koehler & Mishra, 2008, 2009; Mishra & Koehler, 2006) hat in der Lehrer*innenbildung und Forschung bisher große Beachtung erfahren (Herring, Koehler et al., 2016), wenn es darum geht zu definieren, was Lehrpersonen benötigen, um digitale Medien

in Lehr-Lernkontexten effektiv einsetzen zu können. Während die TPACK-Facetten im Sinne von konzeptuellem Wissen bereits intensiv erforscht wurden (Willermark, 2018), so fehlt es bisher an Erkenntnissen dazu, wie die TPACK-Facetten im Sinne von situationsspezifischen Reflexionsfertigkeiten theoretisch zu konzeptualisieren sind (Harris et al., 2017).

Forschung zu professioneller Unterrichtswahrnehmung, in der die professionellen Reflexionsprozesse von Lehrpersonen auf Basis der Expertiseforschung (vgl. Berliner, 2001; Borko & Livingston, 1989; Carter et al., 1988) definiert werden, kann hierzu einen wichtigen Beitrag leisten. Dabei wird in vielen Modellen professioneller Unterrichtswahrnehmung zwischen dem Noticing (d.h. Erkennen von relevanten Unterrichtssituationen) und Knowledge-Based Reasoning (d.h. wissensbasierte Reflexion relevanter Unterrichtssituationen) unterschieden (König et al., 2014; Sherin et al., 2011). Knowledge-Based Reasoning wird wiederum häufig in die Subkomponenten Beschreiben, Erklären und Generieren von Handlungsalternativen bzw. Lösen unterteilt. Letztere beide Subkomponenten werden als zentrale Indikatoren für professionelle Unterrichtswahrnehmung verstanden (van Es & Sherin, 2002; van Es, 2011). Auch wenn verschiedene Modelle professioneller Unterrichtswahrnehmung ähnliche Komponenten bzw. Subkomponenten untersuchen, so unterscheiden sie sich in ihrem Fokus. Während sich manche Modelle professioneller Unterrichtswahrnehmung für die Formqualität interessieren und messen, welche bzw. wie adäquat Lehrpersonen bestimmte Subkomponenten von Knowledge-Based Reasoning umsetzen (z.B. Sherin & van Es, 2009; van Es & Sherin, 2008), wird in anderen Modellen (auch) die Inhaltsqualität beleuchtet und gefragt, zu welchem Ausmaß relevante Unterrichtsaspekte erkannt werden (z.B. Sherin & van Es, 2009; van Es & Sherin, 2008) und inwiefern wissenschaftliches Wissen beim Knowledge-Based Reasoning angemessen angewendet wird (z.B. Gold & Holodynski, 2017; Meschede et al., 2017; Stürmer & Seidel, 2015). In der vorliegenden Arbeit wird dafür plädiert, beide Dimensionen zu berücksichtigen, um die professionelle Unterrichtswahrnehmung technologiegestützten Unterrichts zu bestimmen.

Studien machen deutlich, dass insbesondere bei Lehramtsstudierenden die Form- und Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von (technologiegestütztem) Unterricht eher gering ausgeprägt ist (z.B. Csanadi et al., 2020; König & Kramer, 2016; Kramarski & Michalsky, 2009; Meschede et al., 2017; Santagata & Angelici, 2010; Seidel & Prenzel, 2007; Yeh & Santagata, 2015). Zur Förderung der professionellen Wahrnehmung von Lehramtsstudierenden kann entsprechend fallbasiertes Lernen einen vielversprechenden Ansatz darstellen (Kolodner et al., 2003; Sherin, 2004; van Es et al., 2014). Um die Potenziale fallbasierten Lernens zu nutzen, sollten allerdings weitere instruktionale Unterstützungsmaßnahmen eingesetzt werden

(Kirschner et al., 2006). Bisher wurden diese in der Forschung zu TPACK und professioneller Unterrichtswahrnehmung aber kaum unabhängig von kompletten, längerfristigen Trainingsmaßnahmen und nur selten experimentell untersucht (Gold et al., 2013; N. Janssen & Lazonder, 2016; Seidel et al., 2017).

Zur Förderung der Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht sollte dabei das Lernen durch Mapping (Fiorella & Mayer, 2016) zielführend sein, um den für die Entwicklung der Inhaltsqualität notwendigen Erwerb einer fundierten konzeptuellen bildungswissenschaftlichen Wissensbasis (PK) bereits in der Wissenserwerbsphase *vor* der Fallarbeit zu unterstützen (Seidel et al., 2013). Lernen durch Mapping bezieht sich auf eine Reihe an Techniken, die Lernende nutzen, um eine Struktur an Begriffen zu entwickeln, die räumlich miteinander in Verbindung gesetzt werden (Fiorella & Mayer, 2015). Die positiven Effekte von Lernen durch Mapping auf den Wissenserwerb im Vergleich zu anderen Lernbedingungen konnten sowohl in Einzelstudien als auch in einem Studienreview und einer Metaanalyse bestätigt werden (Fiorella & Mayer, 2015; Ponce & Mayer, 2014; Schroeder et al., 2018). Erklärungen für die Wirksamkeit des Ansatzes gehen auf das ICAP-Modell (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014) und das Select-Organize-Integrate Rahmenmodell (Mayer, 2014) zurück. Beispielsweise wird Lernen durch Mapping im ICAP-Modell als eine beobachtbare konstruktive Lernaktivität verstanden, von der angenommen wird, dass sie die Entwicklung von neuem Wissen durch Inferenzbildung unterstützt. Allerdings weisen Befunde (z.B. Scheiter et al., 2017) darauf hin, dass Lernende nicht generell von der Lernstrategie profitieren, sondern dass die Qualität der von Lernenden entwickelten Visualisierung entscheidend für ihren Lernerfolg ist, was als *Prognostic Drawing Effect* bezeichnet wird (Schwamborn et al., 2010).

Eine zweite Fördermaßnahme, die Lernende insbesondere *während* des eigentlichen fallbasierten Lernens bei der Entwicklung der Form- und Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht unterstützen sollte, ist das Lernen aus Lösungsbeispielen (Atkinson et al., 2000; Renkl, 2014; Sweller et al., 1998). Lösungsbeispiele bestehen aus einer Problembeschreibung, Lösungsschritten und einer (korrekten) Lösung. Die positiven Effekte dieser instruktionalen Maßnahme sind in vielfältigen Domänen gut belegt (vgl. Metaanalyse von Crissman, 2006) und konnten auch bereits im Kontext des evidenzorientierten Denkens, der sehr viele Überschneidungen zur Forschung zu professioneller Unterrichtswahrnehmung aufweist, gefunden werden. Zur Erklärung wird sehr häufig die Cognitive Load Theory (Sweller et al., 1998, 2019) herangezogen: Während das unangeleitete Problemlösen zur einer hohen sachfremden kognitiven Belastung führen kann, können Lösungsbeispiele

die Entwicklung abstrakter Lösungsstrategien und somit lernrelevante kognitive Belastung fördern. Ein zentraler Aspekt, der die Effekte von Lösungsbeispielen auf den Lernerfolg moderieren kann, sind die Selbsterklärungen der Lösungsschritte durch die Lernenden (Hilbert & Renkl, 2009; Renkl, 2014). Entsprechend erscheint es vielversprechend, Lehramtsstudierende mithilfe von Prompts zur Selbsterklärung von Lösungsbeispielen anzuregen.

In der Studie wurden zwei Fragestellungen untersucht: (1) Inwiefern zeigen sich positive Effekte von Lernen durch Mapping in der Phase der Vorbereitung auf das fallbasierte Lernen und der Qualität der Maps auf PK und die Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht? Basierend auf den positiven Effekten von Lernen durch Mapping (vgl. Ponce & Mayer, 2014; Schroeder et al., 2018) wurde angenommen, dass die Erstellung von Maps zu bildungswissenschaftlichen Texten im Vergleich zum einfachen Lesen dieser Texte in mehr PK und einer höheren Inhaltsqualität bei der Analyse einer Unterrichtsvignette resultiert. Außerdem wurde vor dem Hintergrund des Prognostic Drawing Effects (Scheiter et al., 2017; Schmeck et al., 2014; Schwamborn et al., 2010) ein positiver Zusammenhang zwischen der Qualität der von den Teilnehmer*innen generierten Maps, ihrem PK und der Inhaltsqualität bei der Analyse einer Unterrichtsvignette erwartet. (2) Inwiefern zeigen sich positive Effekte von Lernen aus Lösungsbeispielen in der Phase der Fallarbeit auf die Form- und Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht? Auf Basis der Forschung zum Lösungsbeispieleffekt (Sweller et al., 1998, 2019) und empirischen Befunden von Klopp und Stark (2018) wurde die Hypothesen aufgestellt, dass Lernen aus Lösungsbeispielen im Vergleich zu angeleitetem Problemlösen zu einer besseren Formqualität und zu einer höheren Inhaltsqualität bei der Analyse einer Unterrichtsvignette führt.

6.3.2 Methode

Es nahmen $N = 252$ Lehramtsstudierende an der onlinebasierten Studie teil, die einer von vier Bedingungen zugeteilt wurden: Lesen plus Problemlösen ($N = 59$), Lesen plus Lösungsbeispiele ($N = 63$), Mapping plus Problemlösen ($N = 62$) und Lesen plus Lösungsbeispiele ($N = 68$). Die Studie fand in zwei aufeinanderfolgenden Wochen statt. In der ersten Session wurde neben der Erhebung demographischer Fragen zu Beginn ein Pretest durchgeführt, bei dem die Teilnehmer*innen gebeten wurden, ein Problem in einer schriftlich dargebotenen, kurzen Unterrichtsvignette in einem offenen Antwortformat schriftlich zu reflektieren. Ebenfalls wurde das Vorwissen (PK) der Studierenden mithilfe von Multiple Choice-Items getestet. In der ersten Interventionsphase (Phase vor der Fallarbeit) erhielten die Studierenden drei Zusammenfassungen evidenzbasierter Theorien (ICAP-Modell: Chi & Wylie, 2014; Cognitive Load Theory:

Sweller et al., 2019; Qualitätsdimensionen von Unterricht: Kunter & Voss, 2011) und sollten diese entweder (mehrmals) lesen oder wurden gebeten, diese Theoriezusammenfassungen zu lesen und zusätzlich eine Mindmap auf Basis der drei Texte zu erstellen. In beiden Bedingungen hatten die Studierenden 20 Minuten dafür Zeit. Vor der zweiten Interventionsphase (Fallarbeitsphase) erhielten alle Studierende eine kurze Beschreibung, wie die Reflexion basierend auf Modellen professioneller Unterrichtswahrnehmung (vier Schritte: Noticing, Beschreiben, Erklären, Lösen) einer Unterrichtsvignette aussehen sollte. In der Fallarbeitsphase wurden den Studierenden dann entweder zwei längere Unterrichtsvignetten präsentiert, über die sie erneut schriftlich reflektieren sollten oder sie erhielten die identischen zwei Unterrichtsvignetten sowie zusätzliche Lösungsbeispiele mit Selbsterklärungsprompts, die ihnen schrittweise präsentiert wurden. In der zweiten Session beschäftigten sich die Studierenden mit einer dritten Unterrichtsvignette, die sie ebenfalls entweder schriftlich reflektierten oder sich mit einem Lösungsbeispiel hierzu auseinandersetzten. Der abschließende Posttest bestand aus einer Unterrichtsvignette, in der alle Studierenden gebeten wurden, drei Probleme ohne weitere Hilfestellung schriftlich zu reflektieren. Außerdem wurde das Instrument zur Messung von PK aus dem Pretest eingesetzt.

In den eingesetzten Unterrichtsvignetten wurde jeweils eine Lehrkraft beschrieben, wie sie unterschiedliche digitale Medien in ihrem Unterricht implementierte. Unterrichtsinhalte wurden dabei nicht thematisiert, da der Fokus auf der Förderung von TPK und nicht TPACK lag. Im Einklang mit den drei bildungswissenschaftlichen Theorien (ICAP-Modell, Cognitive Load Theory, Qualitätsdimensionen von Unterricht) wurden in allen Unterrichtsvignetten (abgesehen von der Pretest-Vignette) zehn bis zwölf problematische Lehrkrafthandlungen bei der Implementation digitaler Medien im Unterricht beschrieben.

Zur Messung des PK wurden zwölf Multiple Choice-Fragen eingesetzt, die sich auf das ICAP-Modell, die Cognitive Load Theory und die Dimensionen von Unterrichtsqualität bezogen. Die Erfassung der Form- und Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht erfolgte auf Basis der offenen Antworten der Studierenden zur Unterrichtsvignette im Posttest. Dazu wurden nach einer erfolgreichen Segmentierung (entlang der analysierten Probleme) die Knowledge-Based Reasoning-Komponenten Beschreiben, Erklären und Lösen mithilfe eines Kodierschemas für die Formqualität identifiziert. Allerdings wurde die Beschreibung eines Problems nicht weiter berücksichtigt, da diese Subkomponente im Vergleich zu Erklären und Lösen im engeren Sinne nicht als Qualitätsindikator für professionelle Unterrichtswahrnehmung gilt. Für die weiteren Analysen wurde ein kombinierter Punktwert für Erklären und Lösen genutzt. Die Inhaltsqualität wurde ebenfalls mithilfe dreier Kodierschemata

analysiert. Eines diente zur Messung des Noticing relevanter Probleme auf Basis einer an den Theorien orientierten Expert*innenlösung, eines zur Messung der adäquaten Anwendung der Theorien zur Erklärung eines Problems und eines zur Messung der adäquaten Anwendung der Theorien zur Lösung eines Problems. Auch die Qualität der Maps wurde anhand dreier an den Theorien orientierten Kodierschemata eingeschätzt, die den Grad der Vollständigkeit abbilden sollten. Als Kontrollvariable kam erstens das Vorwissen zu den Theorien (PK) zum Einsatz, das mit den gleichen Multiple Choice-Fragen gemessen wurde wie PK im Nachtest. Zweitens wurde anhand der offenen Antworten zur Unterrichtsvignette im Pretest entsprechend dem Vorgehen im Posttest die Formqualität gemessen. Für alle Kodierungen waren die Interraterübereinstimmungen akzeptabel bis sehr gut.

Um die Hypothesen zu testen, wurden in Mplus 8 (Muthén & Muthén, 2017) Strukturgleichungsmodellierungen mit manifesten Variablen durchgeführt.

6.3.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Strukturgleichungsmodellierung zeigten, dass Lernen durch Mapping nur als signifikanter Prädiktor für Noticing fungierte, allerdings war der Effekt negativ. Weder PK noch die Inhaltsqualität von Erklären und Lösen im Posttest konnten durch Lernen durch Mapping in einem signifikanten Ausmaß vorhergesagt werden. Auch die Qualität der Maps stellte sich nur für PK als signifikanter, positiver Prädiktor heraus, allerdings nicht für die drei Inhaltsqualitätskomponenten Noticing, Erklären und Lösen.

Außerdem fungierte Lernen aus Lösungsbeispielen als signifikanter positiver Prädiktor für die drei Inhaltsqualitätskomponenten Noticing, Erklären und Lösen im Posttest. Ein positiver Effekt auf die Formqualität konnte nicht festgestellt werden.

6.3.4 Diskussion

Die Ergebnisse zu den nicht signifikanten bzw. im Falle von Noticing sogar negativen Effekten von Lernen durch Mapping können die Annahmen zur Wirksamkeit des Lernens durch Mapping als eine konstruktive Lernaktivität (Chi & Wylie, 2014; Mayer, 2014) nicht bestätigen. Allerdings erwarben Lehramtsstudierende zumindest mehr PK, wenn sie qualitativ höherwertige Maps erstellten, konnten dies aber nicht in die adäquate Anwendung dieses Wissens in ihrer Unterrichtsreflexion übersetzen. Entsprechend ist dies zumindest teilweise im Einklang mit dem Prognostic Drawing Effect (Scheiter et al., 2017; Schmeck et al., 2014; Schwamborn et al., 2010) zu verstehen. Unabhängig davon illustrieren die deskriptiven Befunde, dass die Lehramtsstudierenden möglicherweise Schwierigkeiten hatten, qualitativ hochwertige Maps zu

erstellen und deshalb detailliertere Hinweise zur und Hilfestellung bei der Umsetzung des Lernens durch Mappings benötigen (vgl. Hilbert & Renkl, 2009), um die Potenziale konstruktiver Lernaktivitäten bei dieser Form des Lernens zu nutzen.

Im Vergleich zum Lernen durch Mapping bestätigen die positiven Effekte des Lernens aus Lösungsbeispielen auf die Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht bisherige Befunde aus der Forschung zum Lösungsbeispieleffekt (vgl. Crissman, 2006; Klopp & Stark, 2018; Sweller et al., 1998, 2019). Im Vergleich zu bisherigen Studien (z.B. Gold et al., 2013; Kramarski & Michalsky, 2009, 2010), in denen die Trainingszeit bis zu 60 Stunden betrug, muss vor allem die Effizienz der Unterstützungsmaßnahme hervorgehoben werden. Die relativ hohe Varianz der Posttestwerte verdeutlicht allerdings, dass die Auseinandersetzung der Studierenden mit den Lösungsbeispielen möglicherweise gerade im Hinblick auf die getätigten Selbsterklärungen sehr unterschiedlich ausgesehen haben könnte. Deshalb wäre es in Folgestudien ratsam, die Studierenden zu schriftlichen Selbsterklärungen anzuregen (vgl. Hefter et al., 2015; Heitzmann, Fischer & Fischer, 2018; Renkl, 2014; Schworm & Renkl, 2007). Hinsichtlich des nicht vorhandenen differenziellen Effekts des Lernens aus Lösungsbeispielen auf die Formqualität deuten die deskriptiven Befunde an, dass die einführenden Informationen zu den Reflexionsschritten, die alle Studierenden erhalten haben, bereits zur Förderung der Formqualität hinreichend waren. Folglich scheinen weniger komplexe Interventionen wie ein Prompting hierfür ebenfalls adäquat sein (vgl. Santagata & Angelici, 2010; Santagata & Guarino, 2011; van Es & Sherin, 2002).

7 Gesamtdiskussion

Eine Zusammenfassung der in den drei Fachartikeln diskutierten Befundmuster erfolgte in Kapitel 6. In diesem Kapitel soll der Fokus darauf liegen, auf Basis der theoretischen Annahmen, Methodik und Befunde der drei vorgestellten Fachartikel in Kapitel 7.1 weiterführende theoriebezogene Interpretationen und Schlussfolgerungen anzustellen, in Kapitel 7.2 methodische Stärken, Limitationen und Implikationen zu diskutieren, in Kapitel 7.3 Schlussfolgerungen für die pädagogische Praxis zu ziehen und in Kapitel 7.4 einen Ausblick zu geben.

7.1 Integration der Befunde in die theoretischen Modelle

In diesem Teilkapitel soll ein Fokus darauf liegen, die Ergebnisse der drei Studien vor dem Hintergrund des TPACK-Rahmenmodells und der Konzeptualisierung relevanter Konstrukte rund um das Modell zu interpretieren und daraus Schlussfolgerungen für deren Weiterentwicklung zu ziehen. Außerdem werden die Ergebnisse in einem zweiten Schritt mit Blick auf das ICAP-Modell und Modelle professioneller Unterrichtswahrnehmung gedeutet und Forschungsdesiderata identifiziert. Hinsichtlich der Modelle professioneller Unterrichtswahrnehmung sollen dabei auf Basis der Ergebnisse auch Schlüsse zur Wirksamkeit der beiden Förderansätze Lernen durch Mapping und Lernen aus Lösungsbeispielen gezogen werden.

7.1.1 Integration der Befunde in das TPACK-Rahmenmodell

Das TPACK-Rahmenmodell diene in der vorliegenden Arbeit dazu, die mediendidaktischen Wissens-, Fertigungs- und Performanzfacetten von Lehrpersonen zu konzeptualisieren, Zusammenhänge zu lehrperson- und lernendenseitigen Konstrukten herzustellen und diese im Sinne von Bedingungen und Effekten zu untersuchen.

Die Ergebnisse der ersten Studie zum Forschungsschwerpunkt *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften* (siehe grüne Felder in Abbildung 11) zeigten einen positiven Effekt von medienbezogener Lehrexpertise (*Lehrerfahrung, Erfahrung mit digitalen Medien, PK*) auf *TPK als situationsspezifische Fertigkeit*. Konkret nannten medienerfahrene Lehrkräfte in ihren Unterrichtsplänen mehr hochwertige technologiegestützte *Lernaktivitäten* als Lehramtsstudierende. Allerdings war dies für nicht-technologiegestützte Lernaktivitäten nicht der Fall. Da bisherige TPACK-basierte Studien hauptsächlich die Zusammenhänge zwischen lehrpersonseitigen Einflussfaktoren und selbsteingeschätztem *TPACK als Wissen* untersuchten (z.B. Cheng & Xie, 2018; Koh et al., 2014; Lee & Tsai, 2010; Liang et al., 2013; Liu et al., 2015), stellt dies eine relevante Erkenntnis dar. Die Ergebnisse stehen auch im Einklang mit ersten TPACK-

basierten Studien, in denen Effekte von Expertise auf performanznähere TPACK-Facetten wie die instruktionale Qualität von Unterrichtsplänen festgestellt wurden (z.B. Backfisch et al., 2020; Krauskopf et al., 2012). Außerdem ermöglichte die *interindividuelle Betrachtung* technologiegestützter und nicht-technologiegestützter Lernaktivitäten in den Unterrichtsplänen der Lehramtsstudierenden und Lehrkräften weitere Einblicke in die Beschaffenheit von *TPK als situationsspezifischer Fertigkeit* aus konstruktivistischer Perspektive. Wie bereits erläutert, konnten zwar Effekte von medienbezogener Lehrexpertise auf die Nennung höherwertiger technologiegestützter Lernaktivitäten beobachtet werden, jedoch war dies für in den Unterrichtsplänen aufgeführten nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten nicht der Fall. Auf Basis dieser Befunde kann angenommen werden, dass mit ausgeprägterer medienbezogener Lehrexpertise digitalen Medien Potenziale für höherwertige Lernprozesse zugesprochen werden, sich für das Verständnis zu den Potenzialen analogen Unterrichts für das Lernen aber kaum Veränderungen ergeben. Um in zukünftigen Studien detailliertere Einblicke in die Entwicklung bzw. den Förderbedarf von *TPK als situationsspezifische Fertigkeit* von Lehrpersonen zu erhalten, wird deshalb eine differenzierte Untersuchung empfohlen, indem die Fertigkeiten im Umgang mit den Potenzialen digitaler sowie analoger Medien erhoben wird.

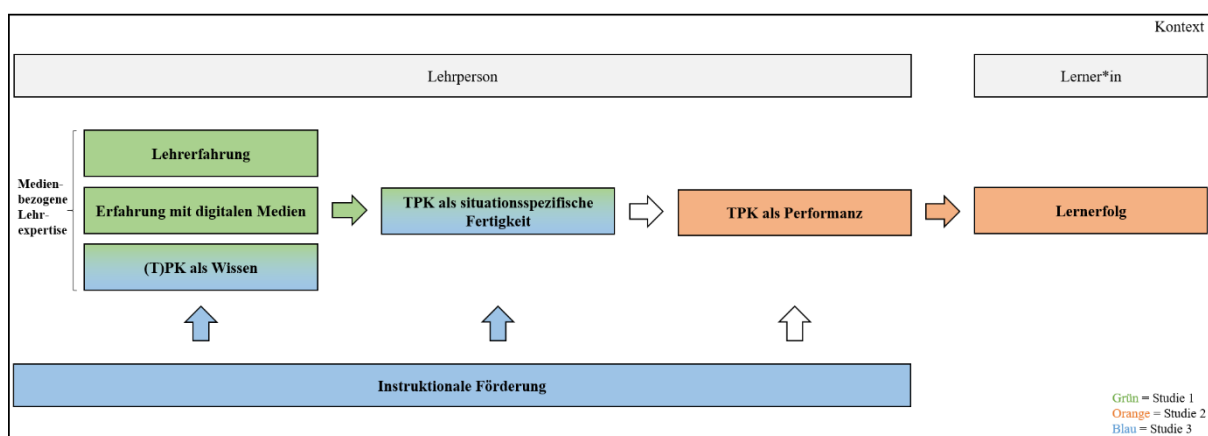


Abbildung 11. Überblick über die untersuchten Zusammenhänge in den drei Studien.

In der zweiten Studie *TPK und Lernerfolg* (siehe orangene Felder in Abbildung 11) war mit Blick auf *TPK als Performanz* zu erkennen, dass Lehrerbildner*innen in ihrer universitären Lehre technologiegestützte und nicht-technologiegestützte *Lernaktivitäten* jeweils zu einem unterschiedlichen Ausmaß anvisierten. Folglich ist zu erwarten, dass bei Lehrpersonen nicht nur interindividuelle Unterschiede (vgl. erste Studie), sondern auch *intraindividuelle Unterschiede* in der Ausgestaltung von *TPK als Performanz* in Abhängigkeit der Art des Medieneinsatzes vorliegen. Konkret könnte das heißen, dass Lehrpersonen unabhängig von ihrer Expertise distinkte Vorstellungen zu den Potenzialen technologiegestützter und nicht-technologiegestützter

Lehr-Lernphasen für das Lernen besitzen. Ein enges Verständnis von TPK im Sinne von Wissen über die angemessene instruktionale Implementation von digitalen Medien, wie dies in vielen Konzeptionen TPACK-Konzeptionen vertreten wird (Voogt et al., 2013), würde deshalb zu kurz greifen, wenn natürliche, nicht rein onlinebasierte Lehr-Lernkontexte in ihrer Gesamtheit untersucht werden und deren Bedeutung für die Lernaktivitäten und Lernprozesse von Lernenden von Interesse ist. Um diese Annahmen zu bestätigen, sollten jedoch in Folgestudien intra-individuelle Unterschiede für weitere Gruppen von Lehrpersonen untersucht und Lehrpersonen konkret zu ihren jeweiligen Gründen für die Durchführung von technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lehr-Lernphasen befragt werden.

Des Weiteren konnte mit dieser zweiten Studie gezeigt werden, dass ein aus konstruktivistischer Perspektive hochwertigeres *TPK als Performanz* von Lehrpersonen im Großen und Ganzen mit einem höheren *Lernerfolg* auf Seiten der Lernenden einhergeht. Gerade dieses Ergebnis stellt für die TPACK-Forschung einen wichtigen Schritt dar, da die hier berichtete Studie damit zu den ersten empirischen Studien zählt (vgl. Endberg, 2019; Koh et al., 2017), die den Versuch unternehmen, den prädiktiven Wert des TPACK-Rahmenmodells bzw. die Effekte von TPACK-Facetten in Zusammenhang mit Lernerfolgsmaßen zu untersuchen.

Das Interesse TPACK-basierter Studien an den Effekten instruktionaler Fördermaßnahmen auf die TPACK-Facetten lag bisher vorrangig auf längerfristig angelegten Trainingsmaßnahmen, die mehrere instruktionale Elemente enthielten und kaum in experimentellen Settings untersucht wurden (N. Janssen & Lazonder, 2016). Entsprechend leistet die dritte Studie *Förderung von TPK* (siehe blaue Felder in Abbildung 11) den wichtigen Beitrag, mithilfe eines systematischen, quasi-experimentellen Designs differenziertere Aussagen über die Effekte unterschiedlicher *instruktionaler Fördermaßnahmen* auf *TPK als situationsspezifische Fertigkeit* treffen zu können. So ließen sich in der vorliegenden Studie für das Lernen aus Lösungsbeispielen stabile Effekte auf TPK bzw. die verschiedenen Facetten der Inhaltsqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht finden, jedoch nicht für das Lernen durch Mapping. Folglich ist weitere Forschung notwendig, um festzustellen, unter welchen Bedingungen Lernen durch Mapping effektiv für die TPK-Entwicklung sein kann.

7.1.2 Integration der Befunde in das ICAP-Modell

Hinsichtlich der Bemühungen um die Spezifikation des TPACK-Rahmenmodells aus einer konstruktivistischen Perspektive erwies sich das ICAP-Modell von Chi und Wylie (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014) als fruchtbarer Ansatz. Aufgrund der Kategorisierung von (intendierten)

Lernaktivitäten bietet das ICAP-Modell die Möglichkeit, das TPK von Lehrpersonen auf Basis von beobachtbaren Indikatoren auf sein konstruktivistisches Potenzial hin zu beurteilen.

In der ersten Studie *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften* zeigten die Ergebnisse, dass medienerfahrene Lehrkräfte in technologiegestützten Unterrichtsphasen in höherem Maße auf eine Stimulierung konstruktiver und interaktiver, jedoch weniger passiver Lernaktivitäten auf Seiten der Schüler*innen abzielten als Lehramtsstudierende. Vergleichbare Unterschiede zwischen den beiden Gruppen konnten für nicht-technologiegestützte Unterrichtsphasen nicht gefunden werden: Lehramtsstudierende wie Lehrkräfte intendierten hier ein hohes Maß an passiven Lernaktivitäten. Interpretiert man diese Ergebnisse auf Basis des ICAP-Modells, so wären vermutlich sowohl die von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften insgesamt am häufigsten intendierten passiven Lernaktivitäten als kritisch zu betrachten. Allerdings macht das ICAP-Modell keine konkrete Aussage dazu, wie die Ausgestaltung einer Lehr-Lernumgebung mit Blick auf die Zusammensetzung von Lernaktivitätsmodi idealerweise aussehen sollte bzw. inwiefern es realistisch ist, dass im Unterricht ausschließlich die hochwertigsten interaktiven Lernaktivitäten angestrebt werden. Eine dezidierte Untersuchung der Effekte unterschiedlicher Kombinationen von Lernaktivitäten auf den Lernerfolg wäre hier ein möglicher Ansatz, um diese offenen Fragen beantworten zu können. Chi und Wylie (2014) geben jedoch auch an, dass die ICAP-Hypothese nicht in jeder Domäne bzw. für jedes Thema zum Tragen kommen muss, insbesondere dann, wenn den Lernenden notwendige Schemata fehlen oder keine logische Herleitung bestimmter Sachverhalte möglich ist. Dies scheint zu implizieren, dass zum Erreichen bestimmter inhaltlicher Lernziele höherwertige Lernaktivitäten nicht zwangsläufig einen Mehrwert versprechen müssen. Für Folgestudien bedeutet dies, dass auch die inhaltlichen Lernziele von Lehrpersonen explizit untersucht werden sollten, um die Lernziele als Indikator für den minimal notwendigen angestrebten Lernaktivitätsmodus zu nutzen und so die Passung von Lernaktivität und Lernziel überprüfen zu können. Gleichzeitig wird mit Blick auf das ICAP-Hypothese empfohlen, diese möglichen Limitationen theorieseitig weiter zu spezifizieren, um Lehrpersonen konkretere Anhaltspunkte für die angemessene theoriebasierte Unterrichtsplanung zu geben.

In der zweiten Studie *TPK und Lernerfolg* ist mit Blick auf das ICAP-Modell relevant, dass sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen intendierten passiven (nicht-)technologiegestützten Lernaktivitäten und dem Erwerb domänenspezifischen Wissens und domänenübergreifender Fertigkeiten zeigten, diese für interaktive und konstruktive Lernaktivitäten aber relativ zuverlässig waren und auch für aktive Lernaktivitäten teilweise verhältnismäßig große Zusammenhänge gefunden werden konnten. Zudem nahm die Stärke der Zusammenhänge von

passiven zu höherwertigen Lernaktivitäten in einigen Fällen signifikant zu, in vielen anderen allerdings nicht. Im Großen und Ganzen sind diese Befunde in Einklang mit der ICAP-Hypothese zu bringen. Aufgrund der nahezu fehlenden signifikanten Unterschiede zwischen aktiven, konstruktiven und interaktiven Lernaktivitäten in dieser Studie stellt sich allerdings die Frage der differenziellen Wirksamkeit dieser Lernaktivitäten für den Lernerfolg und inwiefern eine Differenzierung in passive und nicht-passive Lernaktivitäten möglicherweise für die Untersuchung natürlicherer Lehr-Lernumgebungen wie universitäre Veranstaltungen angemessener wäre.

Neben der Bestätigung der ICAP-Hypothese im Kontext des technologiegestützten Lehrens und Lernens war in der zweiten Studie auch die Bedeutung des ICAP-Modells für den Erwerb von 21st Century Skills von Interesse. Dass sich Unterschiede zwischen passiven Lernaktivitäten auf der einen Seite und aktiven, konstruktiven und interaktiven Lernaktivitäten auf der anderen Seite insbesondere für den domänenübergreifenden Fertigkeitserwerb zeigten, steht im Einklang mit Befunden der Forschung zum problemorientierten Lernen und der CSCL-Forschung (z.B. Chen et al., 2018; Leary, 2012; Lou et al., 2001). Die Studie kann somit als ein erster vielversprechender Versuch gewertet werden, die Aussagen des ICAP-Modells nicht nur für den domänenspezifischen Wissenserwerb, sondern auch für den bisher noch nicht erforschten domänenübergreifenden Fertigkeitserwerb zu validieren.

7.1.3 *Integration der Befunde in Modelle professioneller Unterrichtswahrnehmung*

Neben dem ICAP-Modell, das eine Beurteilung von TPK auf Basis konstruktivistischer Vorstellungen von hochwertigen intendierten Lernaktivitäten ermöglicht, stellen Modelle professioneller Unterrichtswahrnehmung Indikatoren zur Verfügung, um TPK auf Basis adäquater Reflexionsprozesse feststellen zu können.

Dabei bestätigen die Ergebnisse der dritten Studie *Förderung von TPK* die Notwendigkeit einer Unterscheidung in die Form- und Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung. Diese wurde bisher im Kontext professioneller Unterrichtswahrnehmung nicht explizit vorgenommen. So weisen die eher geringen bis kaum vorhandenen Korrelationen zwischen der Formqualität und Inhaltsqualitätsfacetten auf zwei distinkte Konstrukte hin. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Wekerle und Kollar (im Druck), die die Zusammenhänge zwischen vergleichbaren Form- und Inhaltskomponenten untersuchten. Gleichzeitig weisen auch die differenziellen Effekte des Lernens aus Lösungsbeispielen für die Form- und Inhaltsqualität auf die Notwendigkeit einer Unterscheidung dieser beiden Dimensionen hin und legen nahe, dass es zur Förderung der Form- und Inhaltsqualität unterschiedlicher Maßnahmen bedarf.

Fallbasiertes Lernen scheint vielfältige Potenziale zur Förderung der professionellen Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts zu haben. Mit Blick auf die Wirksamkeit von instruktionalen Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung der professionellen Wahrnehmung technologiegestützten Unterrichts von Lehramtsstudierenden lässt sich jedoch kein durchweg positives Fazit ziehen. So machen die nicht signifikanten bzw. eher negativen Zusammenhänge von *Lernen durch Mapping* und PK sowie der Inhaltsqualität deutlich, dass konträr zu den theoretischen Annahmen von Mayer (2014) zumindest die Gefahr besteht, dass Lernen durch Mapping negative Konsequenzen für den Lernerfolg hat. Entsprechend scheint das festgestellte relativ hohe durchschnittliche Vorwissen (PK) der Lehramtsstudierenden nicht zwangsläufig die Effektivität des Lernens durch Mapping begünstigt zu haben, wie dies von Stull und Mayer (2007) postuliert wurde. Ein Indiz dafür könnte beispielsweise die durchschnittlich nur mittelmäßige Qualität der Maps der Studierenden sein. Einerseits könnte dies darauf hinweisen, dass sich Studierende mehr mit der Frage der Gestaltung der Map als mit den Theorieinhalten selbst beschäftigten, dies zu einer erhöhten sachfremden kognitiven Belastung und folglich weniger tiefen Verarbeitung der Theorieinhalte beitrug (vgl. Stull & Mayer, 2007). Andererseits kann eine wenig elaborierte Map auch als ein Zeichen von Expertise verstanden werden, d.h. dass die Studierenden die Inhalte bereits mental repräsentiert hatten und für sie keine Notwendigkeit einer detaillierteren Ausgestaltung der Map bestand (vgl. Johnstone & Otis, 2006) bzw. die Gestaltung der Map sogar zu einer nicht mehr lernförderlichen kognitiven Belastung bei den Studierenden führte (vgl. Expertise Reversal Effect; Kalyuga et al., 2003). Da in der dritten Studie ein Zusammenhang zwischen Qualität der Maps und PK gefunden wurde (Prognostic Drawing Effect), erscheint erstere Interpretation allerdings wahrscheinlicher und weist zumindest auf das theoretische Potenzial des Lernens durch Mapping für den deklarativen Wissenserwerb (PK) von Lehramtsstudierenden hin. Deshalb sollte in Folgestudien eine explizite Unterstützung des Lernstrategieerwerbs erfolgen (Fiorella & Mayer, 2016).

Für die instruktionale Unterstützung in Form des *Lernens aus Lösungsbeispielen* mit Selbsterklärungsprompts konnte für alle drei Komponenten (Noticing, Erklären, Lösen) der Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung signifikante, positive Effekte gefunden werden. Dieser Befund steht im Einklang mit weiteren empirisch basierten Erkenntnissen zu den positiven Effekten von Lösungsbeispielen in schlecht strukturierten Domänen wie dem wissenschaftlichen Denken und Argumentieren (z.B. Hefter et al., 2014; Klopp & Stark, 2018; Schworm & Renkl, 2007). Gleichzeitig weisen diese positiven Ergebnisse auf die Fruchtbarkeit des Lernens aus Lösungsbeispielen für die weitere Forschung zur Förderung professioneller Unterrichtswahrnehmung und TPK hin, in der dieser Ansatz bisher noch nicht implementiert

wurde. Allerdings zeigten sich positive Effekte des Lernens aus Lösungsbeispielen nur für die Inhaltsqualität, aber nicht die Formqualität professioneller Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht. Ein möglicher Grund für den fehlenden positiven Effekt für die Formqualität könnte die Bereitstellung grundsätzlicher Informationen zu den Formkomponenten professioneller Unterrichtswahrnehmung darstellen, die alle Studierenden erhielten, unabhängig davon, ob sie sich mit Lösungsbeispielen beschäftigten oder nicht. Diese grundsätzlichen Informationen zu den Formkomponenten professioneller Unterrichtswahrnehmung mögen für die Lehramtsstudierenden zur Verbesserung der Formqualität hinreichend gewesen sein, wie die hohen Pretestwerte und der Zuwachs der Formqualität in beiden Gruppen anhand der deskriptiven Werte illustrieren. Entsprechend erscheint es notwendig, in zukünftigen Studien ein größeres Augenmerk auf die Förderung der Inhaltsqualität als auf die Förderung der Formqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung zu legen. Da das Erkenntnisinteresse dieser Studie vorrangig auf der prinzipiellen Wirksamkeit von Lernen aus Lösungsbeispielen für die Entwicklung professioneller Wahrnehmung im Kontext des technologiegestützten Unterrichts lag, muss einschränkend allerdings darauf hingewiesen werden, dass auf Basis dieser Studie keine expliziten Schlüsse zur differenziellen Wirksamkeit der Integration von Selbsterklärungsprompts in Lösungsbeispiele gezogen werden können. In Folgestudien gilt es deshalb des Weiteren zu klären, inwiefern diese Maßnahmen den Effekt von „einfachen“ Lösungsbeispielen tatsächlich verstärken. Vor dem Hintergrund der Annahmen des ICAP-Modells wäre es dabei besonders gewinnbringend zu untersuchen, ob Selbsterklärungsprompts, die in der vorliegenden Studie bei Lernenden nur mit passiven Lernaktivitäten einhergingen (Aufforderung zu mentaler Auseinandersetzung mit Prompts) zu ähnlichen Effekten führen wie Selbsterklärungsprompts, bei welchen Lernende zu aktiven oder konstruktiven Lernaktivitäten aufgefordert werden (z.B. Auswahl oder Formulieren von Antworten auf Prompts) und die in Lösungsbeispielstudien vorrangig eingesetzt werden (z.B. Hefter et al., 2014; Heitzmann et al., 2018; Renkl, 2014).

7.1.4 Fazit zum theoretischen Verständnis mediendidaktischer Wissens-, Fertigungs- und Performanzfacetten

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die in dieser Arbeit vorgenommene Konzeptualisierung der relevanten Konstrukte rund um das TPACK-Rahmenmodell einen erweiterten Blick auf das Modell bzw. mediendidaktische Wissens-, Fertigungs- und Performanzfacetten zulässt. Es wurden dafür explizit weitere Faktoren und ihre Zusammenhänge dargestellt, die im ursprünglichen Modell von Koehler und Mishra (vgl. Koehler & Mishra, 2008) nur als „Kontexte“ benannt

wurden. Diese angenommen Zusammenhänge von (1) medienbezogener Lehrexpertise und TPK, (2) TPK und Lernerfolg sowie (3) instruktionalen Fördermaßnahmen und TPK konnten größtenteils bestätigt werden.

Trotz der im Rahmen dieser Arbeit vorgenommenen Erweiterung des TPACK-Rahmenmodells bleiben jedoch die Implikationen der drei Studien für das TPACK-Rahmenmodell auf einem eher hohen Abstraktionsniveau. Entsprechend erscheint der Mehrwert des TPACK-Rahmenmodells für die medienbezogene Lehrer*innenbildung und Forschung sehr stark von den Interpretations- und Spezifikationsbemühen von Lehrerbildner*innen und Forscher*innen abzuhängen. Eine Spezifikation wurde in der vorliegenden Arbeit mithilfe des ICAP-Modells und Modellen professioneller Unterrichtswahrnehmung vorgenommen. Die beiden Ansätze leisteten einen wichtigen Beitrag zur theoretischen Konzeptualisierung mediendidaktischer Wissens-, Fertigungs- und Performanzfacetten aus einer konstruktivistischen Perspektive und auf Basis von Erkenntnissen über qualitativ hochwertige Reflexionsprozesse. Auch wenn sie damit eine Ausdifferenzierung von TPK bzw. mediendidaktischen Wissens-, Fertigungs- und Performanzfacetten ermöglichen, erscheint es notwendig, dass weitere theoretische Konzepte integriert werden, um der Komplexität dieser Facetten gerecht zu werden.

7.2 Methodische Stärken, Limitationen und Implikationen

Nachdem im vorherigen Teilkapitel Konsequenzen für die weitere Theoriebildung diskutiert wurden, soll an dieser Stelle für alle drei Studien jeweils ein Fazit zur methodischen Umsetzung gezogen werden. Dabei werden mögliche Stärken und Limitationen benannt und Empfehlungen für zukünftige Studien gegeben.

Hinsichtlich der ersten Studie *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften* lässt sich festhalten, dass die Unterschiede zwischen den Unterrichtsplänen von Lehramtsstudierenden und von medienerfahrenen Lehrkräften als Validierung der Einteilung in zwei Gruppen verstanden werden können. Außerdem hat sich die Orientierung an einem *relativen Experten-Novizen-Paradigma* (Chi, 2006) im Vergleich zu einem in der TPACK-Forschung gängigen korrelativen Ansatz (vgl. 2.3.3.1) als hilfreich erwiesen, um mögliche Ansatzpunkte zur Förderung der TPK-Entwicklung von Lehramtsstudierenden zu identifizieren. So sollten Lehramtsstudierende vor allem dabei unterstützt werden, konstruktive und interaktive technologiegestützte Lernaktivitäten in ihrem Unterricht anzuvisieren. Gleichzeitig stellt sich auf Basis der Erkenntnis, dass auch Expertenlehrkräfte zu einem relativ hohen Anteil passive Lernaktivitäten anstre-

ben, die Frage, inwiefern es der Erhebung weiterer qualitativer Daten wie etwa einer individuellen Kommentierung der Unterrichtspläne (z.B. Koh, 2013; Valtonen et al., 2020) und der Erfassung von Kontextmerkmalen bedurft hätte. Sie könnten dazu beitragen, mögliche einstellungs- und kontextbezogene Einflussfaktoren auf die Unterrichtspläne der Lehrkräfte und Lehramtsstudierenden zu identifizieren und könnten in der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Entsprechend wird für Folgestudien vorgeschlagen, Lehrkräfte und Lehramtsstudierende zu bitten, die Lernaktivitäten nicht nur zu benennen, sondern auch ihre Beweggründe für die Wahl bestimmter Lernaktivitäten zu schildern (individuelle Kommentierung) und Fragen zur medialen Ausstattung und den Unterstützungsstrukturen an ihrer (Hoch)Schule (Kontextmerkmale) zu beantworten.

Auch die Umsetzung eines *Mixed-Methods-Ansatzes* zur Analyse von Unterrichtsplänen erwies sich für diese Studie als aufschlussreich. Dabei ermöglichte das für diese Studie entwickelte ICAP-basierte Kodierschema, sowohl Unterrichtspläne von Lehramtsstudierenden als auch Lehrkräften unabhängig von Fachinhalten mit Blick auf die von ihnen intendierten technologiegestützten und nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten zu beurteilen. Die vertiefte qualitative Analyse ausgewählter Unterrichtspläne von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften trug dazu bei, nicht nur aggregierte Unterschiede für die intendierten Lernaktivitätsmodi (z.B. aktiv), sondern auch einzelne, zentrale technologiegestützte intendierte Lernaktivitäten der jeweiligen Unterrichtspläne identifizieren zu können (z.B. Onlinequizfragen bearbeiten). Ebenso konnten auf Basis dieser Analyse weitere zentrale Merkmale der Unterrichtspläne von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften beobachtet werden, die über die Ebene der Lernaktivitäten hinausreichten, und zwar die intendierten Aktivitäten der Lehrkraft und die anvisierten Arten von digitalen Medien.

Allerdings weist diese Herangehensweise auch Limitationen auf. Erstens deuten Vergleiche zwischen den Intentionen von Lehrkräften in Form von Unterrichtsplänen und ihrem tatsächlichen Lehrverhalten im Unterricht (vgl. Chi et al., 2018) darauf hin, dass die in Unterrichtsplänen intendierten Lernaktivitäten eine eher optimistische Approximation der im Unterricht tatsächlich geprompteten Lernaktivitäten darstellen. Dies mag insbesondere für interaktive Lernaktivitäten gelten, deren adäquate Umsetzung an mehrere Bedingungen geknüpft ist (Kaendler, Wiedmann, Rummel & Spada, 2015; vgl. auch 3.1.1), die von Lehrkräften in der Praxis möglicherweise nur eingeschränkt berücksichtigt werden (Chi et al., 2018). Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, in Folgestudien beispielsweise dem Modell von Heitink et al. (2016) zu folgen, in dem Lehrpersonen nicht nur um einen Unterrichtsplan, sondern auch um einen Videoausschnitt aus ihrer eigenen Lehre gebeten werden, der die Umsetzung dieses Plans

präsentiert. Allerdings wird sich dies für Lehramtsstudierende aufgrund ihrer eingeschränkten Unterrichtsgelegenheiten schwierig gestalten (Harris et al., 2010). Zweitens erscheint eine Datenanalyse in Form von aufwändigen Kodierprozessen von Unterrichtsplänen zu Forschungszwecken zwar adäquat, allerdings muss die Tauglichkeit dieses Instruments für die pädagogische Praxis kritisch hinterfragt werden (Brantley-Dias & Ertmer, 2013). Hier könnte die Entwicklung eines automatisierten Kodiersystems, das auf für die ICAP-Lernaktivitätsmodi spezifischen Schlagwörter basiert, eine zukunftsweisende Richtung darstellen (vgl. Rosé et al., 2008).

Um in der zweiten Studie *TPK und Lernerfolg* die *intendierten technologiegestützten* und *nicht-technologiegestützten Lernaktivitäten* von Lehrerbildner*innen zu untersuchen, wurde ein ICAP-basiertes, *Likert-skaliertes Instrument* entwickelt. Die Stärke dieses Instruments liegt darin, dass eine ganze Bandbreite an (intendierten) Lernaktivitäten jedes Lernaktivitätsmodus (z.B. Lesen, Anhören und Anschauen als passive Lernaktivitäten) erhoben werden kann, und nicht nur der Lernaktivitätsmodus (z.B. passiv; Lohr, Stadler et al., 2021; Sailer et al., 2018) oder einzelne Lernaktivitäten im Fokus stehen (z.B. Notizen machen; Barlow, 2019). Die Faktorstruktur dieses Instruments konnte mithilfe eines Expert*innenratings und einer konfirmatorischen Faktorenanalyse bestätigt werden. Auf Basis dieser Prüfung wird davon ausgegangen, dass es sich um ein vielversprechendes Instrument handelt, um das TPK (als Performanz) von Hochschullehrenden abzubilden. Herauszustellen ist dabei, dass mit diesem Instrument im Einklang mit Annahmen zur Zuverlässigkeit von Lernendenurteilen der Instruktionsqualität (E. Fischer & Hänze, 2019) die Lernendeneinschätzung erfasst wurde. Die niedrigen ICC2s, d.h. die große Varianz auf Individualebene, legen jedoch nahe, dass Studierende bei ihrer retrospektiven Einschätzung entweder selektiv vorgehen (z.B. nur die vergangenen drei Seminarsitzungen statt des ganzen Seminars berücksichtigen) oder bestimmte Items unterschiedlich interpretierten. Da diese Varianz möglicherweise auch zu einer Unterschätzung der Zusammenhänge der intendierten Lernaktivitäten und Lernerfolgsvariablen geführt haben könnte, wird eine Weiterentwicklung des Instruments in zweierlei Hinsicht vorgeschlagen: Erstens erscheint es notwendig, eine spezifische, zeitlich umgrenzte Referenzierung vorzunehmen. Ideal wäre vermutlich, dass Studierende gebeten werden, pro Lehreinheit (z.B. Seminarsitzung) jeweils eine Einschätzung abzugeben. Zweitens wird angenommen, dass die Trennschärfe der Items erhöht werden könnte, wenn Lernenden eine kurze Definition der ICAP-Lernaktivitätsmodi gegeben wird (vgl. Lohr, Stadler et al., 2021; Sailer et al., 2018) und die einzelnen Items entlang der Lernaktivitätsmodi präsentiert werden.

Die Untersuchung des *Lernerfolgs* der Lehramtsstudierenden wurde in der zweiten Studie ebenfalls anhand eines *Likert-skalierten, selbstberichts-basierten Messinstruments* umgesetzt. Auch hier konnte eine konfirmatorische Faktorenanalyse die Struktur der Lernerfolgsmaße bestätigen. Gleichzeitig konnten Zusammenhänge zwischen den ICAP-Lernaktivitätsmodi und den Lernerfolgsmaßen gefunden werden, die im Großen und Ganzen im Einklang mit der ICAP-Hypothese stehen. Diese Befunde weisen auf das Potenzial dieses Instruments für den standardisierten, ökonomischen Einsatz in natürlichen Lehr-Lernsettings wie universitären Lehrveranstaltungen hin, die durch eine große Diversität an Lernzielen, Lerninhalten und Lernerfolgsmessungen gekennzeichnet sind. Nichtsdestotrotz muss einschränkend festgehalten werden, dass es sich bei Selbsteinschätzungsinstrumenten bzgl. der Messung von Lernerfolg möglicherweise mehr um einen Indikator für die Selbstwirksamkeit als das tatsächliche Wissen bzw. die Fertigkeiten handelt (Lawless & Pellegrino, 2007; Scherer et al., 2017). Deshalb sollten in Folgestudien zusätzliche objektive Tests zur Messung des Wissens- und Fertigkeitserwerbs von Lernenden eingesetzt werden, um die Konstruktvalidität dieses Instruments weiter zu prüfen.

Die dritte Studie *Förderung von TPK* war als quasi-experimentelle Studie angelegt, in der die *Form- und Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung* auf Basis einer *schriftlichen Unterrichtsvignette* im Posttest gemessen wurde, die die Lehramtsstudierenden ohne weitere Hilfestellung schriftlich analysieren sollten. Im Vergleich zu ratingbasierten Instrumenten (z.B. Hellermann et al., 2015; Meschede et al., 2017; Stürmer & Seidel, 2015), deren Items durch ihre Vorgaben bereits als eine Art von Prompting verstanden werden können (Waldis et al., 2019), stellt diese Art der Erfassung ein ökologisch valideres Verfahren dar. So war es möglich, nicht nur die Inhaltsqualität des Noticing von Lehramtsstudierenden, sondern auch das Knowledge-Based Reasoning in Form ihrer Reflexionsprozesse abzubilden. Trotzdem ist diese Herangehensweise nicht frei von Kritik, da sie eine subjektive Interpretation der Daten notwendig macht. Auch wenn die Interraterübereinstimmungsmaße eine intersubjektiv vergleichbare Interpretation der Daten nahelegten, zeigte der Prozess der Datenkodierung, dass diese Art der Erfassung möglicherweise die Inhaltsqualität bzw. die Nutzung der Informationen aus den Theoriezusammenfassungen unterschätzt. Wenn Studierende sich also auf Informationen aus den Theoriezusammenfassungen bezogen, diese aber nur sehr verallgemeinert oder in ihr Erfahrungswissen integriert darstellten, konnte und wurde dies von den Kodierer*innen nicht als Theorienutzung kodiert (werden). Für zukünftige Studien wird deshalb empfohlen, ein

weiteres Maß einzuführen, dass nicht nur die konkrete Anwendung von Theorien und Befunden, sondern auch den Einklang des Knowledge-Based Reasoning mit theoretischen Annahmen und empirischen Befunden im Sinne einer Theorie- bzw. Befundkonformität abbildet.

Die Untersuchung des *Lernens durch Mapping* war auf den Erwerb von Wissen über drei empirisch fundierte Lerntheorien und deren Anwendung auf technologiegestützten Unterricht fokussiert. Hierzu erhielten alle Lehramtsstudierenden drei schriftliche Theoriezusammenfassungen. Außerdem wurden alle Studierenden unabhängig von der Bedingung durch die Onlinelernumgebung angehalten, sich 20 Minuten mit den Materialien zu beschäftigen. Diese Versuchsanordnung gewährleistete eine Vergleichbarkeit in Bezug auf zur Verfügung gestellte Materialien und die *Bearbeitungszeit*. Gerade letzteres wurde in vorherigen Studien allerdings oft nicht berichtet (z.B. Hayati & Shariatifar, 2009; C. X. Wang & Dwyer, 2006) oder die festgestellten Unterschiede nicht in die Kalkulation der Effekte einbezogen (z.B. Colliot & Jamet, 2018; Stull & Mayer, 2007). So wäre es möglich, dass die positiven Effekte des Lernens durch Mapping in den Studien von Hayati und Shariatifar (2009) und C. X. Wang und Dwyer (2006) auch auf die Dauer der Beschäftigung mit dem Material zurückgingen. Allerdings konnten in den Studien von Colliot und Jamet (2018) und Stull und Mayer (2007) trotz einer längeren Bearbeitungszeit der Experimentalgruppe keine positiven Effekte des Lernens durch Mapping im Vergleich zum Lesen von Texten gefunden werden (vgl. Colliot & Jamet, 2018; Stull & Mayer, 2007). Um zuverlässigere Aussagen zu den Effekten des Lernens durch Mapping treffen zu können, erscheint es deshalb notwendig, entweder die Bearbeitungszeit konstant zu halten oder sie in den Effekten zu berücksichtigen.

Ein weiterer Faktor, der hinsichtlich der methodischen Umsetzung des Lernens durch Mapping diskutiert werden sollte, ist die *Art der Instruktion*. So wurden die Studierenden in der vorliegenden Studie nur zur Verwendung der Mapping-Lernstrategie gepromptet, ohne ihnen weitere Hinweise zur adäquaten Umsetzung zu geben. Im Vergleich zu bisherigen Studien, die sich größtenteils durch den Einsatz von Pretrainings zum Erwerb der Mappingstrategie auszeichneten (z.B. Colliot & Jamet, 2018; Hayati & Shariatifar, 2009; Stull & Mayer, 2007; C. X. Wang & Dwyer, 2006), konnte so untersucht werden, inwiefern ein Prompting (bei Studierenden mit einem relativen hohen Vorwissen) bereits ausreichend sein kann, um ihren Wissenserwerb zu unterstützen. Mit Blick auf die Annahmen des SOI-Modells (Mayer, 2014) und des ICAP-Modells (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014) wäre zu erwarten gewesen, dass die Lernenden auf diese Weise zu generativen bzw. schlussfolgernden Prozessen angeregt werden, unabhängig davon, in welcher Art von Visualisierung das Prompting resultierte. Da die Ergebnisse diese Annahme nicht zu bestätigen scheinen, sollten konsequenterweise in Folgestudien neben der

bereits erfolgten Kodierung der Qualität der Maps auch Maße zum Grad des kognitiven Engagements und zu den Vorerfahrungen mit Mapping als mögliche Einflussfaktoren integriert werden.

Die Ergebnisse zu den positiven Effekten des *Lernens aus Lösungsbeispielen* auf die Inhaltsqualität professioneller Unterrichtswahrnehmung lassen prinzipiell den Schluss zu, dass *TPK als situationsspezifische Fertigkeit* durch diesen Ansatz gefördert werden kann. Im Vergleich zur Studie von Klopp und Stark (2018), die die größte inhaltlichen Nähe zu der vorliegenden dritten Studie aufwies, konnte außerdem die Überlegenheit von Lösungsbeispielen mit einer „stärkeren“ *Kontrollbedingung* gezeigt werden. So erhielten die Lehramtsstudierenden der Kontrollgruppe in Studie 3 die gleichen Theorietexte als Grundlage zur Reflexion der Unterrichtsfälle, beschäftigen sich mit den gleichen Unterrichtsfällen und erhielten gleiche grundlegende Informationen zur Analyse von Unterrichtsfällen wie die Studierenden, die mit den Lösungsbeispielen arbeiteten. Außerdem ist mit Blick auf andere Studien, in denen vergleichbare Fertigkeiten gefördert werden sollten (z.B. Gold et al., 2013; Kramarski & Michalsky, 2009, 2010), die relativ kurze Interventionsdauer herauszustellen. Während diese in anderen Studien bis zu 60 Stunden beanspruchte, waren in Studie 3 für die Beschäftigung mit den Lösungsbeispielen in etwa 50 Minuten vorgesehen. Dies illustriert, dass das Lernen aus Lösungsbeispielen nicht nur hinsichtlich der Effektivität, sondern auch der Effizienz Vorteile gegenüber anderen Förderansätzen bietet. Trotzdem machten die optionalen schriftlichen Rückmeldungen der Lehramtsstudierenden zur Lernumgebung deutlich, dass sie die zeitlich festgelegte, schrittweise *Präsentation der Lösungsbeispiele* entlang der Analyseschritte aus motivationaler Sicht nicht als hilfreich empfanden. So konnten die Studierenden nicht selbstbestimmt agieren und mit dem nächsten Teilschritt fortfahren, wenn sie das Gefühl hatten, den vorherigen Teilschritt ausreichend elaboriert zu haben. In zukünftigen Studien wird deshalb empfohlen, Lernenden hier mehr Handlungsspielräume zu eröffnen, dabei allerdings die Dauer der Beschäftigung mit den Lösungsbeispielen bei der Interpretation der Effekte zu berücksichtigen.

Insgesamt konnte in den drei Studien demonstriert werden, dass sich das TPK von Lehrpersonen nicht nur über in der TPACK-Forschung übliche Selbsteinschätzungsinstrumente, sondern auch mithilfe von verhaltensnäheren Instrumenten als situationsspezifische Fertigkeit und als Performanz gut abbilden lässt. Um jedoch die Validität der Messinstrumente noch besser sicherstellen zu können, wird vorgeschlagen, in zukünftigen Studien zusätzliche, alternative Instrumente einzusetzen.

7.3 Praktische Implikationen

In diesem abschließenden Teilkapitel werden auf Basis der Erkenntnisse aus den drei empirischen Studien Empfehlungen für die pädagogische Praxis abgeleitet.

Der Vergleich der Unterrichtspläne von Lehramtsstudierenden und medienerfahrenen Lehrkräften im Rahmen der Studie *TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften* ist für die Entwicklung von Curricula bzw. Lehrangeboten für die Lehrer*innenausbildung von großer Relevanz. Die Unterrichtspläne der medienerfahrenen Lehrkräfte machen deutlich, dass Lehramtsstudierende im Rahmen der Lehrer*innenbildung dazu ermutigt werden sollten, in technologiegestützten Unterrichtssettings weniger passive, dafür mehr konstruktive und interaktive Lernaktivitäten anzustreben. Auf Basis eines Vergleichs der qualitativen Merkmale der Unterrichtspläne ausgewählter Lehramtsstudierender und medienerfahrener Lehrkräfte sollten Lehramtsstudierende dabei vor allem darin unterstützt werden, offene technologiegestützte Aufgabenstellungen zu entwickeln, die die Selbstregulation von Lernenden erfordern, gleichzeitig aber auch ein ausreichendes Maß an Unterstützung der Lernenden vorsehen. Dies bedeutet, dass Lehramtsstudierenden im Rahmen ihres Studiums ausreichend Lerngelegenheiten gegeben werden sollten, um einerseits ein tiefes Verständnis für die Bedeutung technologiegestützter konstruktivistischer, selbstregulierter Lehr-Lernumgebungen entwickeln zu können und sich andererseits ihrer wichtigen Rolle als Lernunterstützter*innen bewusst zu werden. Hierzu würde sich beispielsweise ein fallbasierter Ansatz eignen, der die professionelle Unterrichtswahrnehmung der Lehramtsstudierenden fokussiert, wie dies in der dritten Studie erfolgte.

Für eine nachhaltige Implementation eines derartigen Ansatzes zur Umsetzung dieser Ziele sind allerdings zwei Voraussetzungen zu schaffen: Erstens verlangt dies, dass für die pädagogisch-didaktische Reflexion der Nutzung digitaler Medien im Unterricht ein expliziter „Platz“ im Sinne einer verpflichtenden mediendidaktischen Grundausbildung im Curriculum vorgesehen wird (Initiative D21 e.V., 2021; Lohr, Sailer et al., 2021). Zweitens sollten universitäre Lehrerbildner*innen vor dem Hintergrund der positiven Zusammenhänge der erlebten Art des Medieneinsatzes im Studium und des eigenen Einsatzes von digitalen Medien im Lehrberuf in ihren Lehrveranstaltungen als Vorbilder agieren (Goktas et al., 2009; Sailer et al., 2017; Tondeur et al., 2012), unabhängig davon, ob sie an solch einer Grundausbildung mitwirken oder nicht.

Die Ergebnisse der Studie *TPK und Lernerfolg* weisen darauf hin, dass Lehrerbildner*innen dieser Funktion als Vorbilder in gewissem Maße gerecht werden können und Lehramtsstudierende mithilfe digitaler Medien zumindest verstärkt zu aktiven und konstruktiven

Lernaktivitäten anzuregen scheinen, wenn auch nicht in ähnlichem Maße zu interaktiven Lernaktivitäten. Gleichzeitig illustrieren die Ergebnisse, dass technologiegestützte und nicht-technologiegestützte Lehr-Lernumgebungen, die zu höherwertigen Lernaktivitäten anregen, größere Potenziale für den Lernerfolg von Lehramtsstudierenden aufweisen als solche, die nur zu passiven Lernaktivitäten auffordern. Gerade technologiegestützte passive Lernaktivitäten nahmen in den untersuchten universitären Lehrveranstaltungen aber den größten Raum ein, was auch bereits in anderen Studien demonstriert wurde (z.B. Marcelo-García et al., 2015; Sailer et al., 2018; U. Schmid et al., 2017). So scheint es nicht verwunderlich, dass Lehrerbildner*innen bei sich selbst einen großen Weiterbildungsbedarf hinsichtlich der Nutzung digitaler Medien zur Förderung von 21st Century Skills identifizieren und ihr Interesse an dem Erlernen neuer Instruktionsansätze äußern (Czerniawski, Guberman & MacPhail, 2017). Vor diesem Hintergrund wird angeregt, nicht nur die Entwicklung von Curricula bzw. Maßnahmen zur Ausbildung von Lehramtsstudierenden anzugehen, sondern in gleichem Maße auch eine effektive Förderung der Hochschullehrenden in der Lehramtsausbildung anzustreben (Fabian et al., 2019). Nachhaltige Weiterbildungsmaßnahmen sind hierbei ein wichtiger Baustein (Tondeur et al., 2012). Um deren Wirksamkeit sicherzustellen, sollten die möglicherweise nicht adäquaten Vorstellungen der Lehrerbildner*innen von interaktiven Lernaktivitäten (z.B. dass eine Anweisung, in Gruppen zu arbeiten, automatisch zu kollaborativem Verhalten führt) explizit adressiert werden (Chi et al., 2018). Außerdem erscheint es naheliegend, das ICAP-Modell und seine Annahmen selbst als Ausgangspunkt für das didaktische Design einer Maßnahme zu wählen. Eine Orientierung kann dabei der im Kontext der TPACK-Forschung entwickelte Learning Technology by Design-Ansatz (Koehler et al., 2004; Koehler & Mishra, 2005) sein, der eine kollaborative Entwicklung von technologiegestützten Lehrveranstaltungen durch Hochschullehrende und Studierende vorsieht. Neben Weiterbildungsmaßnahmen empfiehlt sich auf institutioneller Ebene die Schaffung weiterer Rahmenbedingungen, die sich als Erfolgsfaktoren zur Förderung der TPACK-Facetten von Lehramtsstudierenden herauskristallisiert haben, und zwar die Implementation eines kooperativ entwickelten Strategieplans aller an der Lehrer*innenbildung beteiligten Akteur*innen, eine hochschulinterne und schulbezogene Kooperation sowie der angemessene Zugang von Lehrerbildner*innen zu digitalen Ressourcen (Tondeur et al., 2012). In den institutionellen Planungen sollten dabei insbesondere von Hochschullehrenden benannte Hürden wie fehlende Anreizsysteme für technologiegestützte Lehre und fehlende zeitliche Ressourcen Berücksichtigung finden (Mercader & Gairín, 2020).

In der dritten Studie *Förderung von TPK* konnten positive Effekte des fallbasierten Lernens mit Hilfe von ausgearbeiteten Lösungsbeispielen auf die Inhaltsqualität professioneller

Wahrnehmung von technologiegestütztem Unterricht gefunden werden. Auch wenn sich keine differenziellen Effekte des Lernens aus Lösungsbeispielen für die Formqualität zeigten, konnte bei den Studierenden unabhängig von der Interventionsbedingung eine Verbesserung der Formqualität beobachtet werden. Deshalb wird eine Umsetzung des Lernens aus Lösungsbeispielen in der medienbezogenen Lehrer*innenausbildung empfohlen. Dabei sollte insbesondere die kurze Dauer dieser Maßnahme dazu beitragen, dass eine Integration in reguläre Lehrveranstaltungen ohne großen Aufwand stattfinden kann. Gleichzeitig könnten längere Interventionen möglicherweise zu noch größeren Effekten führen. Auch die Konzeption als Online-Lernumgebung sollte in Zeiten der COVID-19 Pandemie vorteilhaft für die praktische Implementation sein. Um jedoch die bereits in 7.2 thematisierte Akzeptanz der Studierenden zu erhöhen, sollte darauf geachtet werden, dass eine stärker selbstbestimmte Beschäftigung mit den Lösungsbeispielen erfolgen kann. Dies könnte beispielsweise mithilfe eines durch die Lernenden adaptierbaren Fading (vgl. Xinghua Wang, Kollar & Stegmann, 2017) von Lösungsschritten erreicht werden, das sich in einer Onlinelernumgebung relativ einfach umsetzen ließe.

Ähnliche Effekte zum Lernen durch Mapping konnten nicht gefunden werden, weshalb davon auszugehen ist, dass zumindest das alleinige Prompting dieser Lernstrategie im Zuge des fallbasierten Lernens zur Förderung des Wissenserwerbs nicht ausreichend zu sein scheint. Deshalb sollten in der pädagogischen Praxis vermutlich umfangreichere Unterstützungsmaßnahmen zum Erwerb der Mapping-Lernstrategie eingesetzt werden, um deren Potenziale nutzen zu können (vgl. Hilbert & Renkl, 2009). Gleichzeitig muss allerdings berücksichtigt werden, dass die Vorteile einer zeitlich umgrenzten, einfachen Implementation entsprechend verloren gehen könnten.

Insgesamt legen die praktischen Implikationen nahe, dass sich aus den drei Studien vielfältige Ansatzpunkte zur Förderung der mediendidaktischen Wissens-, Fertigkeits- und Performanzfacetten von Lehramtsstudierenden in der pädagogischen Praxis ergeben. Zentral ist hierfür, dass Lehrerbildner*innen ihre Vorbildfunktion und Hochschulen ihre Funktion als institutionelles Unterstützungssystem von Hochschullehrenden erkennen und wahrnehmen.

7.4 Ausblick

Neben den bereits für die einzelnen empirischen Studien gezogenen theoretischen, methodischen und praktischen Implikationen gilt es, den Blick auch auf übergreifende Forschungsdesiderata zu legen, die in zukünftigen Studien adressiert werden könnten.

Allen voran soll hier die weitere Konzeptualisierung der TPACK-Facetten genannt werden. Während das ICAP-Modell und Modelle professioneller Unterrichtswahrnehmung das

Verständnis der TPACK-Facetten aus einer konstruktivistischen und reflexionsorientierten Perspektive präzisieren und erweitern können, informierten die beiden Ansätze in den vorliegenden Studien vorrangig die Erfassung von TPK. Entsprechend wäre es in einem nächsten Schritt notwendig, die vorliegenden Ergebnisse zu den Zusammenhängen der Komponenten inhaltspezifisch, d.h. für TPACK zu replizieren bzw. mögliche fachspezifische Unterschiede konkret zu untersuchen. Hierfür könnten weitere theoretische Ansätze herangezogen werden, die aus einer fachwissenschaftlichen Perspektive heraus entwickelt wurden.

Außerdem stellt sich vor dem Hintergrund der Komplexität des Themas „Lehren und Lernen mit digitalen Medien“ die Frage nach der Notwendigkeit eines umfassenderen Modells, das das Lehren und Lernen mit digitalen Medien nicht nur aus der hier erfolgten lehrpersonenzentrierten Sichtweise betrachtet, sondern weitere kontextuelle und lernendenbezogene Wirkfaktoren in Lehr-Lernumgebungen abbildet. So machten die erfolgten COVID-19-bedingten Schließungen von Bildungseinrichtungen deutlich, wie heterogen sich die Voraussetzungen von Lernenden und Lehrpersonen für digitales Lehren und Lernen jeweils gestalten (Lohr, Sailer et al., 2021). Deshalb sollten in Folgestudien die Voraussetzung der Lernenden genauso wie die infrastrukturellen und Unterstützungsstrukturen in den jeweiligen Bildungskontexten stärkere Berücksichtigung finden (Sailer, Schultz-Pernice & Fischer, 2021).

Trotz der benannten Forschungsdesiderata, die es in zukünftigen Studien zu beleuchten gilt, konnten die drei durchgeführten empirischen Studien einen wichtigen Beitrag dazu leisten, ein besseres Verständnis für *TPK als Wissen*, *TPK als situationsspezifische Fertigkeit* und *TPK als Performanz* aus einer konstruktivistischen und reflexionsorientierten Perspektive zu gewinnen. Außerdem ermöglichten die empirischen Studien, Aussagen zu den Zusammenhängen dieser Komponenten mit lehrpersonseitigen und instruktionalen Einflussfaktoren sowie dem Lernerfolg von Lernenden zu treffen, die in Zukunft genutzt werden können, um Lehrerbildner*innen, Lehramtsstudierende und Lehrkräfte in der Weiterentwicklung ihrer mediendidaktischen Kompetenzen zu unterstützen.

8 Literaturverzeichnis

- Accenture. (2020). *Technology vision 2020. We, the post-digital people*. Retrieved from https://www.accenture.com/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF-2/Accenture-Technology-Vision-2020-Full-Report.pdf
- Aktionsrat Bildung. (2018). *Digitale Souveränität und Bildung. Gutachten* (1. Auflage). Münster: Waxmann.
- Akyuz, D. (2018). Measuring technological pedagogical content knowledge (TPACK) through performance assessment. *Computers & Education*, 125, 212–225. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.012>
- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J. & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1–18. <https://doi.org/10.1037/a0021017>
- Altrichter, H., Durdel, A., Fischer-Münnich, C., Fittkau, J., Morgenstern, J., Mühleib, M. et al. (2020). *Evaluation der "Qualitätsoffensive Lehrerbildung". Abschlussbericht*. Berlin. Verfügbar unter: https://www.qualitaetsoffensive-lehrerbildung.de/files/Qualitätssoffensive-Lehrerbildung_Abschlussbericht_der_Evaluation_barrierefrei.pdf
- Alvermann, D. E. (1981). The compensatory effect of graphic organizers on descriptive text. *The Journal of Educational Research*, 75(1), 44–48. <https://doi.org/10.1080/00220671.1981.10885354>
- Angeli, C. & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT–TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52(1), 154–168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.006>
- Archambault, L. M. (2016). Exploring the use of qualitative methods to examine TPACK. In M. C. Herring, M. J. Koehler & P. Mishra (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (2nd ed., pp. 65–86). New York, NY: Routledge.
- Archambault, L. M. & Barnett, J. H. (2010). Revisiting technological pedagogical content knowledge. Exploring the TPACK framework. *Computers & Education*, 55(4), 1656–1662. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.009>
- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A. & Wortham, D. (2000). Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. *Review of Educational Research*, 70(2), 181–214. <https://doi.org/10.3102/00346543070002181>

- Atkinson, R. K., Renkl, A. & Merrill, M. M. (2003). Transitioning from studying examples to solving problems: Effects of self-explanation prompts and fading worked-out steps. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 774–783. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.4.774>
- Auerbach, A. J., Higgins, M., Brickman, P. & Andrews, T. C. (2018). Teacher knowledge for active-learning instruction: Expert-novice comparison reveals differences. *CBE Life Sciences Education*, 17(1), ar12. <https://doi.org/10.1187/cbe.17-07-0149>
- Ayres, P. & Sweller, J. (2014). The split-attention principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 206–226). Cambridge: Cambridge University Press.
- Backfisch, I., Lachner, A., Hische, C., Loose, F. & Scheiter, K. (2020). Professional knowledge or motivation? Investigating the role of teachers' expertise on the quality of technology-enhanced lesson plans. *Learning and Instruction*, 66, 101300. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101300>
- Baker, J. P., Goodboy, A. K., Bowman, N. D. & Wright, A. A. (2018). Does teaching with PowerPoint increase students' learning? A meta-analysis. *Computers & Education*, 126, 376–387. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.08.003>
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Barlow, A. J. (2019). *An investigation of student cognitive engagement in the STEM classroom – A compilation of faculty and student perspectives*. Oregon State University, Corvallis, OR. Retrieved from https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/gf06g8717
- Barth, V. L. (2016). *Professionelle Wahrnehmung von Störungen im Unterricht*. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-16371-6>
- Batdi, V. (2015). A meta-analysis study of mind mapping techniques and traditional learning methods. *The Anthropologist*, 20(1-2), 62–68. <https://doi.org/10.1080/09720073.2015.11891724>
- Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29–53). Münster: Waxmann.

- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A. et al. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180. <https://doi.org/10.3102/0002831209345157>
- Beck, R. J., King, A. & Marshall, S. K. (2002). Effects of videocase construction on preservice teachers' observations of teaching. *The Journal of Experimental Education*, 70(4), 345–361. <https://doi.org/10.1080/00220970209599512>
- Becker, H. J. & Ravitz, J. (1999). The influence of computer and internet use on teachers' pedagogical practices and perceptions. *Journal of Research on Computing in Education*, 31(4), 356–384. <https://doi.org/10.1080/08886504.1999.10782260>
- Benson, S. N. K. & Ward, C. L. (2013). Teaching with technology: Using TPACK to understand teaching expertise in online higher education. *Journal of Educational Computing Research*, 48(2), 153–172. <https://doi.org/10.2190/EC.48.2.c>
- Bergner, M. (2018). *Analyse und Förderung wissenschaftlichen Denkens bei Lehramtsstudierenden*. Dissertation. Universität Oldenburg, Oldenburg. Verfügbar unter: <https://oops.uni-oldenburg.de/id/eprint/3517>
- Berkowitz, M. W. (1980). The role of transactive discussion in moral development: The history of a six-year program of research – Part 2. *Moral Education Forum*, (5), 13–26.
- Berliner, D. C. (2001). Learning about and learning from expert teachers. *International Journal of Educational Research*, 35(5), 463–482. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(02\)00004-6](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(02)00004-6)
- Berliner, D. C. (2004). Describing the behavior and documenting the accomplishments of expert teachers. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24(3), 200–212. <https://doi.org/10.1177/0270467604265535>
- Berthold, K., Eysink, T. H. S. & Renkl, A. (2009). Assisting self-explanation prompts are more effective than open prompts when learning with multiple representations. *Instructional Science*, 37(4), 345–363. <https://doi.org/10.1007/s11251-008-9051-z>
- Bisra, K., Liu, Q. [Qing], Nesbit, J. C., Salimi, F. & Winne, P. H. (2018). Inducing self-explanation: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 30(3), 703–725. <https://doi.org/10.1007/s10648-018-9434-x>
- Bitkom Research. (2018). *Social Media & Social Messaging 2018*. Verfügbar unter: https://www.bitkom-research.de/system/files/document/Social_Media_und_Social_Messaging_2018.pdf
- Blomberg, G., Renkl, A., Sherin, M. G., Borko, H. & Seidel, T. (2013). Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. *Journal for Educational Research*

- Online, 5(1), 90–114. Retrieved from https://www.pedocs.de/volltexte/2013/8021/pdf/JERO_2013_1_Blomberg_et_al_Five_research_based_heuristics.pdf
- Blomberg, G., Sherin, M. G., Renkl, A., Glogger, I. & Seidel, T. (2014). Understanding video as a tool for teacher education: Investigating instructional strategies to promote reflection. *Instructional Science*, 42(3), 443–463. <https://doi.org/10.1007/s11251-013-9281-6>
- Blomberg, G., Stürmer, K. & Seidel, T. (2011). How pre-service teachers observe teaching on video: Effects of viewers' teaching subjects and the subject of the video. *Teaching and Teacher Education*, 27(7), 1131–1140. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.04.008>
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond dichotomies. Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, (223), 3–13. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194>
- BMBF. (2016). *Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft. Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung*. Verfügbar unter: https://www.bmbf.de/files/Bildungsoffensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf
- Borko, H. & Livingston, C. (1989). Cognition and improvisation. Differences in mathematics instruction by expert and novice teachers. *American Educational Research Journal*, 26(4), 473–498. <https://doi.org/10.3102/00028312026004473>
- Borko, H., Livingston, C. & Shavelson, R. J. (1990). Teachers' thinking about instruction. *Remedial and Special Education*, 11(6), 40–49. <https://doi.org/10.1177/074193259001100609>
- Bower, M. & Vlachopoulos, P. (2018). A critical analysis of technology-enhanced learning design frameworks. *British Journal of Educational Technology*, 49(6), 981–997. <https://doi.org/10.1111/bjet.12668>
- Bramwell-Lalor, S. & Rainford, M. (2014). The effects of using concept mapping for improving advanced level biology students' lower- and higher-order cognitive skills. *International Journal of Science Education*, 36(5), 839–864. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.829255>
- Brantley-Dias, L. & Ertmer, P. A. (2013). Goldilocks and TPACK. Is the construct 'just right?'. *Journal of Research on Technology in Education*, 46(2), 103–128. <https://doi.org/10.1080/15391523.2013.10782615>
- Brantley-Dias, L., Kinuthia, W., Shoffner, M. B., de Castro, C. & Rigole, N. J. (2007). Developing pedagogical technology integration content knowledge in preservice teachers: A case study approach. *Journal of Computing in Teacher Education*, 23(4), 143–150. <https://doi.org/10.1080/10402454.2007.10784574>

- Brooks, D. C. (2016). *ECAR study of undergraduate students and information technology, 2016. Research report*. Louisville, CO: ECAR. Retrieved from <https://library.educause.edu/-/media/files/library/2016/10/ers1605.pdf>
- Brooks, D. C. & Pomerantz, J. (2017). *ECAR study of undergraduate students and information technology, 2017. Research report*. Louisville, CO: ECAR. Retrieved from <https://library.educause.edu/-/media/files/library/2017/10/studentitstudy2017.pdf>
- Buzan, T. & Buzan, B. (2006). *The mind map book*. Essex: BBC Active.
- Cañas, A. J., Novak, J. D. & Reiska, P. (2012). Freedom vs. restriction of content and structure during concept mapping – possibilities and limitations for construction and assessment. In A. J. Cañas, J. D. Novak & J. Vanhear (Eds.), *Concept maps: Theory, methodology, technology. Proceedings of the fifth international conference on concept mapping* (pp. 247–257). Valletta: University of Malta. Retrieved from <http://cmc.ihmc.us/cmc2012Papers/cmc2012-p192.pdf>
- Carter, K., Cushing, K., Sabers, D., Stein, P. & Berliner, D. C. (1988). Expert-novice differences in perceiving and processing visual classroom information. *Journal of Teacher Education*, 39(3), 25–31. <https://doi.org/10.1177/002248718803900306>
- Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., López-Valpuesta, L., Sanz-Díaz, M. T. & Yñiguez, R. (2016). Measuring the effect of ARS on academic performance: A global meta-analysis. *Computers & Education*, 96, 109–121. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.007>
- Chai, C. S., Koh, J. H. L. & Tsai, C.-C. (2010). Facilitating preservice teachers' development of technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK). *Journal of Educational Technology & Society*, 13(4), 63–73. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.13.4.63>
- Chai, C. S., Koh, J. H. L. & Tsai, C.-C. (2011). Exploring the factor structure of the constructs of technological, pedagogical, content knowledge (TPACK). *The Asia-Pacific Education Researcher*, 20(3), 595–603. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10497/4790>
- Chai, C. S., Koh, J. H. L. & Tsai, C.-C. (2013). A review of technological pedagogical content knowledge. *Educational Technology & Society*, 16(2), 31–51. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.16.2.31>
- Chai, C. S., Koh, J. H. L. & Tsai, C.-C. (2016). A review of the quantitative measures of technological pedagogical content knowledge (TPACK). In M. C. Herring, M. J. Koehler & P. Mishra (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (2nd ed., pp. 87–106). New York, NY: Routledge.

- Chai, C. S., Koh, J. H. L., Tsai, C.-C. & Tan, L. L. W. (2011). Modeling primary school pre-service teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) for meaningful learning with information and communication technology (ICT). *Computers & Education*, 57(1), 1184–1193. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.01.007>
- Chase, C. C., Marks, J., Malkiewich, L. J. & Connolly, H. (2019). How teacher talk guidance during invention activities shapes students' cognitive engagement and transfer. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 1–22. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0170-7>
- Chauhan, S. (2017). A meta-analysis of the impact of technology on learning effectiveness of elementary students. *Computers & Education*, 105, 14–30. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.005>
- Chen, J., Wang, M., Kirschner, P. A. & Tsai, C.-C. (2018). The role of collaboration, computer use, learning environments, and supporting strategies in CSCL: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 88(6), 799–843. <https://doi.org/10.3102/0034654318791584>
- Cheng, S.-L. & Xie, K. (2018). The relations among teacher value beliefs, personal characteristics, and TPACK in intervention and non-intervention settings. *Teaching and Teacher Education*, 74, 98–113. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.04.014>
- Cheung, A. C. & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 88–113. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.001>
- Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining expository texts: The dual processes of generating inferences and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Educational desing and cognitive science* (Advances in instructional psychology, vol. 5, S. 161–238). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Chi, M. T. H. (2006). Two approaches to the study of experts' characteristics. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp. 21–30). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816796.002>
- Chi, M. T. H. (2009). Active-constructive-interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in Cognitive Science*, 1(1), 73–105. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2008.01005.x>
- Chi, M. T. H., Adams, J., Bogusch, E. B., Bruchok, C., Kang, S., Lancaster, M. et al. (2018). Translating the ICAP theory of cognitive engagement into practice. *Cognitive Science*, 42(6), 1777–1832. <https://doi.org/10.1111/cogs.12626>

- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P. & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13(2), 145–182. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(89\)90002-5](https://doi.org/10.1016/0364-0213(89)90002-5)
- Chi, M. T. H., Glaser, R. & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (S. 7–75). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chi, M. T. H. & Menekse, M. (2015). Dialogue patterns in peer collaboration that promote learning. In L. B. Resnick, C. S. C. Asterhan & S. N. Clarke (Eds.), *Socializing intelligence through academic talk and dialogue* (pp. 263–274). Washington, DC: American Educational Research Association. https://doi.org/10.3102/978-0-935302-43-1_21
- Chi, M. T. H. & Wylie, R. (2014). The ICAP framework. Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- Chien, Y.-T., Chang, Y.-H. & Chang, C.-Y. (2016). Do we click in the right way? A meta-analytic review of clicker-integrated instruction. *Educational Research Review*, 17, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.10.003>
- Clark, D. B., Tanner-Smith, E. E. & Killingsworth, S. S. (2016). Digital games, design, and learning: A systematic review and meta-analysis. *Review of Educational Research*, 86(1), 79–122. <https://doi.org/10.3102/0034654315582065>
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research*, 53(4), 445–459. <https://doi.org/10.3102/00346543053004445>
- Clark, R. E. (1994). Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 21–29. <https://doi.org/10.1007/BF02299088>
- Colliot, T. & Jamet, É. (2018). Does self-generating a graphic organizer while reading improve students' learning? *Computers & Education*, 126, 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.028>
- Copeland, W. D., Birmingham, C., DeMeulle, L., D'Emidio-Caston, M. & Natal, D. (1994). Making meaning in classrooms. An investigation of cognitive processes in aspiring teachers, experienced teachers, and their peers. *American Educational Research Journal*, 31(1), 166–196. <https://doi.org/10.3102/00028312031001166>
- Cortina, K. S., Miller, K. F., McKenzie, R. & Epstein, A. (2015). Where low and high inference data converge: Validation of CLASS assessment of mathematics instruction using mobile eye tracking with expert and novice teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(2), 389–403. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9610-5>

- Cress, U. (2008). The need for considering multilevel analysis in CSCL research—An appeal for the use of more advanced statistical methods. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 3(1), 69–84. <https://doi.org/10.1007/s11412-007-9032-2>
- Crissman, J. K. (2006). *The design and utilization of effective worked examples: A meta-analysis*. Dissertation. University of Nebraska, Lincoln, NE. Retrieved from <https://digitalcommons.unl.edu/dissertations/AAI3208114/>
- Csanadi, A., Kollar, I. & Fischer, F. (2020). Pre-service teachers' evidence-based reasoning during pedagogical problem-solving: Better together? *European Journal of Psychology of Education*. <https://doi.org/10.1007/s10212-020-00467-4>
- Cuban, L., Kirkpatrick, H. & Peck, C. (2001). High access and low use of technologies in high school classrooms: Explaining an apparent paradox. *American Educational Research Journal*, 38(4), 813–834. <https://doi.org/10.3102/00028312038004813>
- Czerniawski, G., Guberman, A. & MacPhail, A. (2017). The professional developmental needs of higher education-based teacher educators: An international comparative needs analysis. *European Journal of Teacher Education*, 40(1), 127–140. <https://doi.org/10.1080/02619768.2016.1246528>
- Dall'Alba, G. & Sandberg, J. (2006). Unveiling professional development: A critical review of stage models. *Review of Educational Research*, 76(3), 383–412. <https://doi.org/10.3102/00346543076003383>
- Darling-Hammond, L. & Snyder, J. (2000). Authentic assessment of teaching in context. *Teaching and Teacher Education*, 16(5-6), 523–545. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(00\)00015-9](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(00)00015-9)
- Deiglmayr, A., Rummel, N. & Loibl, K. (2015). The mediating role of interactive learning activities in CSCL: An input-process-outcome model. In O. Lindwall, P. Häkkinen, T. Koschman, P. Tchounikine & S. Ludvigsen (Eds.), *Exploring the material conditions of learning: The computer supported collaborative learning (CSCL) conference 2015* (pp. 518–522). Gothenburg, Sweden: The International Society of the Learning Sciences. Retrieved from <https://repository.isls.org/bitstream/1/457/1/252.pdf>
- Deloitte. (2020). *Tech trends 2020*. Retrieved from https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/technology/Deloitte_TechTrends2020_full-report.pdf
- DeMonbrun, M., Finelli, C. J., Prince, M., Borrego, M., Shekhar, P., Henderson, C. et al. (2017). Creating an instrument to measure student response to instructional practices. *Journal of Engineering Education*, 106(2), 273–298. <https://doi.org/10.1002/jee.20162>

- Dexter, S. L., Anderson, R. E. & Becker, H. J. (1999). Teachers' views of computers as catalysts for changes in their teaching practice. *Journal of Research on Computing in Education*, 31(3), 221–239. <https://doi.org/10.1080/08886504.1999.10782252>
- Doering, A. H. & Roblyer, M. D. (2009). *Integrating educational technology into teaching* (4. Aufl.). Upper Saddle River, NJ: Allyn & Bacon.
- Döhrmann, M., Kaiser, G. & Blömeke, S. (2012). The conceptualisation of mathematics competencies in the international teacher education study TEDS-M. *ZDM*, 44(3), 325–340. <https://doi.org/10.1007/s11858-012-0432-z>
- Dreyfus, H. L. & Dreyfus, S. E. (1986). *Mind over machine. The power of human intuition and expertise in the era of the computer*. New York: Free Press.
- Dreyfus, S. E. (2004). The five-stage model of adult skill acquisition. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24(3), 177–181. <https://doi.org/10.1177/0270467604264992>
- Drummond, A. & Sweeney, T. (2017). Can an objective measure of technological pedagogical content knowledge (TPACK) supplement existing TPACK measures? *British Journal of Educational Technology*, 48(4), 928–939. <https://doi.org/10.1111/bjet.12473>
- Dubovi, I. (2019). Online computer-based clinical simulations: The role of visualizations. *Clinical Simulation in Nursing*, 33, 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2019.04.009>
- Endberg, M. (2019). *Professionswissen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht. Eine Untersuchung auf Basis einer repräsentativen Lehrerbefragung*. Münster: Waxmann.
- Endberg, M. & Lorenz, R. (2017). Selbsteinschätzung medienbezogener Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich und im Trend von 2016 bis 2017. In R. Lorenz, W. Bos, M. Endberg, B. Eickelmann, S. Grafe, Vahrenhold et al. (Hrsg.), *Schule digital - der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesvergleich und Trends von 2015 bis 2017* (S. 151–177). Münster: Waxmann.
- Eppler, M. J. (2006). A comparison between concept maps, mind maps, conceptual diagrams, and visual metaphors as complementary tools for knowledge construction and sharing. *Information Visualization*, 5(3), 202–210. <https://doi.org/10.1057/palgrave.ivs.9500131>
- Ertmer, P. A. & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(3), 255–284. <https://doi.org/10.1080/15391523.2010.10782551>
- European Commission. 2018. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee of the Regions on the digital*

- education action plan*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0022>
- Fabian, K., Clayes, E. & Kelly, L. (2019). Putting design into practice: An investigation of TPACK scores of lecturers in a networked institution. *Research in Learning Technology*, 27. <https://doi.org/10.25304/rlt.v27.2296>
- Feierabend, S., Rathgeb, T. & Reutter, T. (2020). *JIM 2019. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland*. Verfügbar unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2019/JIM_2019.pdf
- Ferguson, D. (2001). Technology in a constructivist classroom. *Information Technology in Childhood Education Annual*, (1), 45–55. Retrieved from <https://www.learntechlib.org/primary/p/8502/>
- Figg, C. & Jaipal, K. (2009). Unpacking TPACK: TPK characteristics supporting successful implementation. In I. Gibson, R. Weber, K. McFerrin, R. Carlsen & D. Willis (Eds.), *SITE 2009 – Society for Information Technology & Teacher Education international conference* (pp. 4069–4073). Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education.
- Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2015). *Learning as a generative activity. Eight learning strategies that promote understanding*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2016). Eight ways to promote generative learning. *Educational Psychology Review*, 28(4), 717–741. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9348-9>
- Fischer, E. & Hänze, M. (2019). Bias hypotheses under scrutiny: Investigating the validity of student assessment of university teaching by means of external observer ratings. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 44(5), 772–786. <https://doi.org/10.1080/02602938.2018.1535647>
- Fischer, F., Kollar, I., Stegmann, K. & Wecker, C. (2013). Toward a script theory of guidance in computer-supported collaborative learning. *Educational Psychologist*, 48(1), 56–66. <https://doi.org/10.1080/00461520.2012.748005>
- Gaudin, C. & Chaliès, S. (2015). Video viewing in teacher education and professional development: A literature review. *Educational Research Review*, 16, 41–67. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.06.001>
- Gerhard, K., Kaspar, K., RÜth, M., Kramer, C., Jäger-Biela, Daniela, J. et al. (2020). Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung technologisch-pädagogischen Wissens von Lehrpersonen. In K. Kaspar, M. Becker-Mrotzek, S. Hofhues, J. König & D. Schmeinek (Hrsg.), *Bildung, Schule, Digitalisierung* (S. 364–369). Münster: Waxmann.

- Gijbels, D., van de Watering, G., Dochy, F. & van den Bossche, P. (2006). New learning environments and constructivism: The students' perspective. *Instructional Science*, 34(3), 213–226. <https://doi.org/10.1007/s11251-005-3347-z>
- Glaser, R. & Chi, M. T. H. (2014). Overview. In M. T. H. Chi, R. Glaser & M. J. Farr (Eds.), *The nature of expertise* (pp. xv–xxviii). London: Psychology Press.
- Goktas, Y., Yildirim, S. & Yildirim, Z. (2009). Main barriers and possible enablers of ICTs integration into pre-service teacher education programs. *Journal of Educational Technology & Society*, 12(1), 193–204. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/10.2307/jeduc-techsocio.12.1.193>
- Gold, B., Förster, S. & Holodyski, M. (2013). Evaluation eines videobasierten Trainingsseminars zur Förderung der professionellen Wahrnehmung von Klassenführung im Grundschulunterricht. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 27(3), 141–155. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000100>
- Gold, B. & Holodyski, M. (2017). Using digital video to measure the professional vision of elementary classroom management: Test validation and methodological challenges. *Computers & Education*, 107, 13–30. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.012>
- Goldsmith, L. T. & Seago, N. (2011). Using classroom artifacts to focus teachers' noticing. Affordances and opportunities. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing. Seeing through teachers' eyes* (pp. 167–187). New York, NY: Routledge.
- Goodwin, C. (1994). Professional vision. *American Anthropologist*, 96(3), 606–633. <https://doi.org/10.1525/aa.1994.96.3.02a00100>
- Greenhow, C., Dexter, S. L. & Hughes, J. E. (2008). Teacher knowledge about technology integration: An examination of inservice and preservice teachers' instructional decision-making. *Science Education International*, 19(1), 9–25.
- Guastello, E. F., Beasley, T. M. & Sinatra, R. C. (2000). Concept mapping effects on science content comprehension of low-achieving inner-city seventh graders. *Remedial and Special Education*, 21(6), 356–364. <https://doi.org/10.1177/074193250002100605>
- Harris, J. B., Grandgenett, N. & Hofer, M. (2010). Testing a TPACK-based technology integration assessment rubric. In D. Gibson & B. Dodge (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education international conference 2010* (pp. 3833–3840). Waynesville, NC: Association for the Advancement of Computing in Education. Retrieved from <https://www.learntechlib.org/primary/p/33978/>

- Harris, J. B., Mishra, P. & Koehler, M. J. (2009). Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(4), 393–416. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782536>
- Harris, J. B., Phillips, M., Koehler, M. J. & Rosenberg, J. M. (2017). TPACK/TPACK research and development: Past, present, and future directions. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3). <https://doi.org/10.14742/ajet.3907>
- Häuptle, E. (2006). *Notebook-Klassen an einer Hauptschule. Eine Einzelfallstudie zur Wirkung eines Notebook-Einsatzes auf Unterricht, Schüler und Schule*. Universität Augsburg, Augsburg. Verfügbar unter: https://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/496/file/Haeuptle_Notebook.pdf
- Hay, D., Kinchin, I. & Lygo-Baker, S. (2008). Making learning visible: The role of concept mapping in higher education. *Studies in Higher Education*, 33(3), 295–311. <https://doi.org/10.1080/03075070802049251>
- Hayati, A. M. & Shariatifar, S. (2009). Mapping strategies. *Journal of College Reading and Learning*, 39(2), 53–67. <https://doi.org/10.1080/10790195.2009.10850318>
- Hefter, M. H., Berthold, K., Renkl, A., Riess, W., Schmid, S. & Fries, S. (2014). Effects of a training intervention to foster argumentation skills while processing conflicting scientific positions. *Instructional Science*, 42(6), 929–947. <https://doi.org/10.1007/s11251-014-9320-y>
- Hefter, M. H., Renkl, A., Riess, W., Schmid, S., Fries, S. & Berthold, K. (2015). Effects of a training intervention to foster precursors of evaluativist epistemological understanding and intellectual values. *Learning and Instruction*, 39, 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.05.002>
- Heitink, M., Voogt, J., Verplanken, L., van Braak, J. & Fisser, P. (2016). Teachers' professional reasoning about their pedagogical use of technology. *Computers & Education*, 101, 70–83. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.009>
- Heitzmann, N., Fischer, F. & Fischer, M. R. (2018). Worked examples with errors: When self-explanation prompts hinder learning of teachers diagnostic competences on problem-based learning. *Instructional Science*, 46(2), 245–271. <https://doi.org/10.1007/s11251-017-9432-2>
- Hellermann, C., Gold, B. & Holodyski, M. (2015). Förderung von Klassenführungsfähigkeiten im Lehramtsstudium. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 47(2), 97–109. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000129>

- Henderson, J. B. (2019). Beyond “active learning”: How the ICAP framework permits more acute examination of the popular peer instruction pedagogy. *Harvard Educational Review*, 89(4), 611–634. <https://doi.org/10.17763/1943-5045-89.4.611>
- Herring, M. C., Koehler, M. J., Mishra, P., Rosenberg, J. M. & Teske, J. (2016). Introduction to the second edition of the TPACK handbook. In M. C. Herring, M. J. Koehler & P. Mishra (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (2nd ed., pp. 1–8). New York, NY: Routledge.
- Herring, M. C., Meacham, S. & Mourlam, D. (2016). TPACK development in higher education. In M. C. Herring, M. J. Koehler & P. Mishra (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (2nd ed., pp. 207–223). New York, NY: Routledge.
- Hilbert, T. S. & Renkl, A. (2009). Learning how to use a computer-based concept-mapping tool: Self-explaining examples helps. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.006>
- Hill, H. C., Rowan, B. & Ball, D. L. (2005). Effects of teachers’ mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371–406. <https://doi.org/10.3102/00028312042002371>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning. A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Horton, P. B., McConney, A. A., Gallo, M., Woods, A. L., Senn, G. J. & Hamelin, D. (1993). An investigation of the effectiveness of concept mapping as an instructional tool. *Science Education*, 77(1), 95–111. <https://doi.org/10.1002/sce.3730770107>
- Housner, L. D. & Griffey, D. C. (1985). Teacher cognition. Differences in planning and interactive decision making between experienced and inexperienced teachers. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 56(1), 45–53. <https://doi.org/10.1080/02701367.1985.10608430>
- Hsu, P.-S. (2012). Examining the impact of educational technology courses on pre-service teachers’ development of technological pedagogical content knowledge. *Teaching Education*, 23(2), 195–213. <https://doi.org/10.1080/10476210.2011.622041>

- Hübner, S., Nückles, M. & Renkl, A. (2010). Writing learning journals: Instructional support to overcome learning-strategy deficits. *Learning and Instruction*, 20(1), 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.12.001>
- Hughes, J. E., Cheah, Y. H., Shi, Y. & Hsiao, K.-H. (2020). Preservice and inservice teachers' pedagogical reasoning underlying their most-valued technology-supported instructional activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 1–20. <https://doi.org/10.1111/jcal.12425>
- Hunsu, N. J., Adesope, O. & Bayly, D. J. (2016). A meta-analysis of the effects of audience response systems (clicker-based technologies) on cognition and affect. *Computers & Education*, (94), 102–119. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.013>
- Initiative D21 e.V. (2021). *D21-Digital-Index 2020/2021. Jährliches Lagebild zur digitalen Gesellschaft*. Verfügbar unter: https://initiatived21.de/app/uploads/2021/02/d21-digital-index-2020_2021.pdf
- Jacobs, V. R., Lamb, L. L. C. & Philipp, R. A. (2010). Professional noticing of children's mathematical thinking. *Journal for Research in Mathematics Education*, 41(2), 169–202.
- Jahn, G., Stürmer, K., Seidel, T. & Prenzel, M. (2014). Professionelle Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden: Eine Scaling-up Studie des Observe-Projekts. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 46(4), 171–180. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000114>
- Jang, S.-J. & Tsai, M.-F. (2013). Exploring the TPACK of Taiwanese secondary school science teachers using a new contextualized TPACK model. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(4). <https://doi.org/10.14742/ajet.282>
- Janssen, J. & Bodemer, D. (2013). Coordinated computer-supported collaborative learning: Awareness and awareness tools. *Educational Psychologist*, 48(1), 40–55. <https://doi.org/10.1080/00461520.2012.749153>
- Janssen, N. & Lazonder, A. W. (2016). Supporting pre-service teachers in designing technology-infused lesson plans. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(5), 456–467. <https://doi.org/10.1111/jcal.12146>
- Jen, T.-H., Yeh, Y.-F., Hsu, Y.-S., Wu, H.-K. & Chen, K.-M. (2016). Science teachers' TPACK-Practical: Standard-setting using an evidence-based approach. *Computers & Education*, 95, 45–62. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.009>
- Johnstone, A. H. & Otis, K. H. (2006). Concept mapping in problem based learning: A cautionary tale. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 84–95. <https://doi.org/10.1039/B5RP90017D>

- Jonassen, D. H. (2000a). Revisiting activity theory as a framework for designing student-centered learning environments. In D. H. Jonassen & S. M. Land (Eds.), *Theoretical foundations of learning environments* (pp. 89–121). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jonassen, D. H. (2000b). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48(4), 63–85. <https://doi.org/10.1007/BF02300500>
- Jonassen, D. H., Davidson, M., Collins, M., Campbell, J. & Haag, B. B. (1995). Constructivism and computer-mediated communication in distance education. *American Journal of Distance Education*, 9(2), 7–26. <https://doi.org/10.1080/08923649509526885>
- Kaendler, C., Wiedmann, M., Rummel, N. & Spada, H. (2015). Teacher competencies for the implementation of collaborative learning in the classroom: A framework and research review. *Educational Psychology Review*, 27(3), 505–536. <https://doi.org/10.1007/s10648-014-9288-9>
- Kafyulilo, A. C., Fisser, P. & Voogt, J. (2015). Supporting teachers learning through the collaborative design of technology-enhanced science lessons. *Journal of Science Teacher Education*, 26(8), 673–694. <https://doi.org/10.1007/s10972-015-9444-1>
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P. & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38(1), 23–31. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_4
- Kersting, N. B., Givvin, K. B., Sotelo, F. L. & Stigler, J. W. (2010). Teachers' analyses of classroom video predict student learning of mathematics: Further explorations of a novel measure of teacher knowledge. *Journal of Teacher Education*, 61(1-2), 172–181. <https://doi.org/10.1177/0022487109347875>
- Kersting, N. B., Givvin, K. B., Thompson, B. J., Santagata, R. & Stigler, J. W. (2012). Measuring usable knowledge: Teachers' analyses of mathematics classroom videos predict teaching quality and student learning. *American Educational Research Journal*, 49(3), 568–589. <https://doi.org/10.3102/0002831212437853>
- Kierner, K. & Kollar, I. (under review). Scaffolding evidence-informed reasoning about problematic classroom situations by way of activity prompts. *Australian Educational Research Journal*.
- Kirkwood, A. & Price, L. (2013). Examining some assumptions and limitations of research on the effects of emerging technologies for teaching and learning in higher education. *British Journal of Educational Technology*, 44(4), 536–543. <https://doi.org/10.1111/bjet.12049>

- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work. An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Klein, M., Wagner, K., Klopp, E. & Stark, R. (2015). Förderung anwendbaren bildungswissenschaftlichen Wissens bei Lehramtsstudierenden anhand fehlerbasierten kollaborativen Lernens: Eine Studie zur Replikation bisheriger Befunde sowie zur Nachhaltigkeit und Erweiterung der Trainingsmaßnahmen. *Unterrichtswissenschaft*, 43(3), 225–244.
- Klopp, E. & Stark, R. (2018). Learning scientific explanations by means of worked examples – Promoting psychology students’ explanation competence. *Psychology Learning & Teaching*, 17(2), 144–165. <https://doi.org/10.1177/1475725718757171>
- Koc, M. (2012). Pedagogical knowledge representation through concept mapping as a study and collaboration tool in teacher education. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(4). <https://doi.org/10.14742/ajet.833>
- 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. (2008). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? In AACTE Committee on Innovation and Technology (Ed.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (S. 3–29). New York, NY: Routledge.
- Koehler, M. J. & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70. Retrieved from <https://www.learntechlib.org/primary/d/29544>
- Koehler, M. J., Mishra, P., Hershey, K. & Peruski, 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. Retrieved from <https://www.learntechlib.org/primary/p/14636/>
- Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S. & Graham, C. R. (2014). The technological pedagogical content knowledge framework. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (4th ed., pp. 101–111). New York, NY: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_9

- Koehler, M. J., Shin, T. S. & Mishra, P. (2012). How do we measure TPACK? Let me count the ways. In R. N. Ronau, C. R. Rakes & M. Niess (Eds.), *Educational technology, teacher knowledge, and classroom impact. A research handbook on frameworks and approaches* (vol. 9, pp. 16–31). Hershey, PA: IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60960-750-0.ch002>
- Koh, J. H. L. (2013). A rubric for assessing teachers' lesson activities with respect to TPACK for meaningful learning with ICT. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(6), 887–900. <https://doi.org/10.14742/ajet.228>
- Koh, J. H. L., Chai, C. S. & Lim, W. Y. (2017). Teacher professional development for TPACK-21CL: Effects on teacher ICT integration and student outcomes. *Journal of Educational Computing Research*, 55(2), 172–196. <https://doi.org/10.1177/0735633116656848>
- Koh, J. H. L., Chai, C. S. & Tsai, C.-C. (2014). Demographic factors, TPACK constructs, and teachers' perceptions of constructivist-oriented TPACK. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(1), 185–196. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/10.2307/jeduc-techsociety.17.1.185>
- Koh, J. H. L. & Divaharan, H. (2011). Developing pre-Service teachers' technology integration expertise through the TPACK-developing instructional model. *Journal of Educational Computing Research*, 44(1), 35–58. <https://doi.org/10.2190/EC.44.1.c>
- Kollar, I. & Fischer, F. (2019). Lehren und Unterrichten. In D. Urhahne, M. Dresel & F. Fischer (Hrsg.), *Psychologie für den Lehrberuf* (S. 333–351). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55754-9_17
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J. et al. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting Learning by Design™ into practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495–547. Retrieved from www.jstor.org/stable/1466914
- König, J. & Blömeke, S. (2010). *Pädagogisches Unterrichtswissen: Dokumentation der Kurzfassung des TEDS-M-Testinstruments zur Kompetenzmessung in der ersten Phase der Lehrerausbildung*. Berlin: Humboldt-Universität.
- König, J., Blömeke, S., Klein, P., Suhl, U., Busse, A. & Kaiser, G. (2014). Is teachers' general pedagogical knowledge a premise for noticing and interpreting classroom situations? A video-based assessment approach. *Teaching and Teacher Education*, 38, 76–88. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.11.004>

- König, J. & Kramer, C. (2016). Teacher professional knowledge and classroom management: On the relation of general pedagogical knowledge (GPK) and classroom management expertise (CME). *ZDM*, 48(1-2), 139–151. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0705-4>
- König, J. & Lebens, M. (2012). Classroom Management Expertise (CME) von Lehrkräften messen: Überlegungen zur Testung mithilfe von Videovignetten und erste empirische Befunde. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 5(1), 3–28. <https://doi.org/10.25656/01:1472>
- König, J. & Pflanzl, B. (2016). Is teacher knowledge associated with performance? On the relationship between teachers' general pedagogical knowledge and instructional quality. *European Journal of Teacher Education*, 39(4), 419–436. <https://doi.org/10.1080/02619768.2016.1214128>
- Kopcha, T. J., Ottenbreit-Leftwich, A., Jung, J. [Jiyeon] & Baser, D. (2014). Examining the TPACK framework through the convergent and discriminant validity of two measures. *Computers & Education*, 78, 87–96. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.05.003>
- Kozma, R. B. (1991). Learning with media. *Review of Educational Research*, 61(2), 179–211. <https://doi.org/10.3102/00346543061002179>
- Kozma, R. B. (1994). Will media influence learning? Reframing the debate. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 7–19. <https://doi.org/10.1007/BF02299087>
- Kramarski, B. & Michalsky, T. (2009). Three metacognitive approaches to training pre-service teachers in different learning phases of technological pedagogical content knowledge. *Educational Research and Evaluation*, 15(5), 465–485. <https://doi.org/10.1080/13803610903444550>
- Kramarski, B. & Michalsky, T. (2010). Preparing preservice teachers for self-regulated learning in the context of technological pedagogical content knowledge. *Learning and Instruction*, 20(5), 434–447. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.05.003>
- Kramer, C., König, J., Kaiser, G., Ligtvoet, R. & Blömeke, S. (2017). Der Einsatz von Unterrichtsvideos in der universitären Ausbildung: Zur Wirksamkeit video- und transkriptgestützter Seminare zur Klassenführung auf pädagogisches Wissen und situationsspezifische Fähigkeiten angehender Lehrkräfte. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 20(1), 137–164. <https://doi.org/10.1007/s11618-017-0732-8>
- Kramer, C., König, J., Strauß, S. & Kaspar, K. (2020). Classroom videos or transcripts? A quasi-experimental study to assess the effects of media-based learning on pre-service teachers' situation-specific skills of classroom management. *International Journal of Educational Research*, 103, 101624. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101624>

- Kramer, M., Förtsch, C., Aufleger, M. & Neuhaus, B. J. (2019). Der Einsatz digitaler Medien im gymnasialen Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 131–160. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00096-5>
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory Into Practice*, 41(4), 212–218. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2
- Krauskopf, K., Zahn, C. & Hesse, F. W. (2012). Leveraging the affordances of Youtube. The role of pedagogical knowledge and mental models of technology functions for lesson planning with technology. *Computers & Education*, 58(4), 1194–1206. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.12.010>
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M. et al. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 716–725. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.3.716>
- Kultusministerkonferenz. (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2016/2016_12_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf
- Kultusministerkonferenz. (2019). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019*.
- Kunina-Habenicht, O., Maurer, C., Wolf, K., Holzberger, D., Schmidt, M., Dicke, T. et al. (2020). Der BilWiss-2.0-Test. *Diagnostica*, 66(2), 80–92. <https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000238>
- Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster: Waxmann.
- Lachner, A., Backfisch, I. & Stürmer, K. (2019). A test-based approach of modeling and measuring technological pedagogical knowledge. *Computers & Education*, 142, 103645. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103645>
- LaDage, L. D., Tornello, S. L., Vallejera, J. M., Baker, E. E., Yan, Y. & Chowdhury, A. (2018). Variation in behavioral engagement during an active learning activity leads to differential knowledge gains in college students. *Advances in Physiology Education*, 42(1), 99–103. <https://doi.org/10.1152/advan.00150.2017>

- Lam, R. & Muldner, K. (2017). Manipulating cognitive engagement in preparation-to-collaborate tasks and the effects on learning. *Learning and Instruction*, 52, 90–101. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.05.002>
- Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P. & Simon, H. A. (1980). Models of competence in solving physics problems. *Cognitive Science*, 4(4), 317–345. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0404_1
- Law, N. & Chow, A. (2008). Teacher characteristics, contextual factors, and how these affect the pedagogical use of ICT. In N. Law & T. Plomp (Eds.), *Pedagogy and ICT use* (pp. 181–219). Dordrecht: Springer.
- Lawless, K. A. & Pellegrino, J. W. (2007). Professional development in integrating technology into teaching and learning: Knowns, unknowns, and ways to pursue better questions and answers. *Review of Educational Research*, 77(4), 575–614. <https://doi.org/10.3102/0034654307309921>
- Lazonder, A. W. & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Leary, H. M. (2012). *Self-directed learning in problem-based learning versus traditional lecture-based learning: A meta-analysis*. Dissertation. Utah State University, Logan, UT. Retrieved from <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2177&context=etd>
- Lee, M.-H. & Tsai, C.-C. (2010). Exploring teachers' perceived self efficacy and technological pedagogical content knowledge with respect to educational use of the World Wide Web. *Instructional Science*, 38(1), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s11251-008-9075-4>
- Leinhardt, G. & Greeno, J. G. (1986). The cognitive skill of teaching. *Journal of Educational Psychology*, 78(2), 75–95. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.78.2.75>
- Liang, J.-C., Chai, C. S., Koh, J. H. L., Yang, C.-J. & Tsai, C.-C. (2013). Surveying in-service preschool teachers' technological pedagogical content knowledge. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(4). <https://doi.org/10.14742/ajet.299>
- Lin, H. (2014). Establishing an empirical link between computer-mediated communication (CMC) and SLA: A meta-analysis of the research. *Language, Learning & Technology*, 18(3), 120–147. Retrieved from <https://www.lltjournal.org/item/2873>
- Littell, J. H., Corcoran, J. & Pillai, V. (2008). *Systematic reviews and meta-analysis*. New York, NY: Oxford University Press.
- Liu, Q. [Qingtang], Zhang, S. & Wang, Q. (2015). Surveying chinese in-service K12 teachers' technology, pedagogy, and content knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 53(1), 55–74. <https://doi.org/10.1177/0735633115585929>

- Lohr, A., Sailer, M. [Michael], Schultz-Pernice, F., Vejvoda, J., Murböck, J., Heitzmann, N. et al. (2021). *Digitale Bildung an bayerischen Schulen vor und während der Corona-Pandemie*. München: vbw. Verfügbar unter: https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugang-englische-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2021/Downloads/Bi-174-001_Digitale-Bildung-an-bayerischen-Schulen-vor-und-während-der-Corona-Pandemie_17.03.2021.pdf
- Lohr, A., Stadler, M., Schultz-Pernice, F., Chernikova, O., Sailer, M. [Maximilian], Fischer, F. et al. (2021). On powerpointers, clickerers, and digital pros: Investigating the initiation of digital learning activities by teachers in higher education. *Computers in Human Behavior*, 119, 106715. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106715>
- Lotz, M., Gabriel, K. & Lipowsky, F. (2013). Niedrig und hoch inferente Verfahren der Unterrichtsbeobachtung. Analysen zu deren gegenseitiger Validierung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 59(3), 357–380. Verfügbar unter: https://www.pedocs.de/volltexte/2016/11942/pdf/ZfPaed_2013_3_Lotz_ua_Niedrig_und_hoch_inferente_Verfahren.pdf
- Lou, Y., Abrami, P. C. & d'Apollonia, S. (2001). Small group and individual learning with technology: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 71(3), 449–521. <https://doi.org/10.3102/00346543071003449>
- Loyens, S. M. M. & Gijbels, D. (2008). Understanding the effects of constructivist learning environments: Introducing a multi-directional approach. *Instructional Science*, 36(5-6), 351–357. <https://doi.org/10.1007/s11251-008-9059-4>
- Lu, L. & Lei, J. (2012). Using live dual modeling to help preservice teachers develop TPACK. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 29(1), 14–22. <https://doi.org/10.1080/21532974.2012.10784699>
- Lysenko, L. V., Abrami, P. C., Bernard, R. M., Dagenais, C. & Janosz, M. (2014). Educational research in educational practice: Predictors of use. *Canadian Journal of Education/Revue Canadienne De L'Éducation*, 37(2), 1–26. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/canajeducrevucan.37.2.06>
- Marcelo-García, C., Yot-Domínguez, C. & Mayor-Ruiz, C. (2015). University teaching with digital technologies. *Comunicar*, 23(45), 117–124. <https://doi.org/10.3916/C45-2015-1>
- Margulieux, L. E. & Catrambone, R. (2019). Finding the best types of guidance for constructing self-explanations of subgoals in programming. *Journal of the Learning Sciences*, 28(1), 108–151. <https://doi.org/10.1080/10508406.2018.1491852>
- Matzen, N. J. & Edmunds, J. A. (2007). Technology as a catalyst for change. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(4), 417–430. <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782490>

- Mayer, R. E. (2014). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 43–71). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.005>
- Mayer, R. E. & Wittrock, M. C. (1996). Problem-solving transfer. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 47–62). New York, NY: MacMillan.
- Menekse, M. & Chi, M. T. H. (2019). The role of collaborative interactions versus individual construction on students' learning of engineering concepts. *European Journal of Engineering Education*, 44(5), 702–725. <https://doi.org/10.1080/03043797.2018.1538324>
- Menekse, M., Stump, G. S., Krause, S. & Chi, M. T. H. (2013). Differentiated overt learning activities for effective instruction in engineering classrooms. *Journal of Engineering Education*, 102(3), 346–374. <https://doi.org/10.1002/jee.20021>
- Mercader, C. & Gairín, J. (2020). University teachers' perception of barriers to the use of digital technologies: The importance of the academic discipline. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(4). <https://doi.org/10.1186/s41239-020-0182-x>
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W. & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, (70), 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Meschede, N., Fiebranz, A., Möller, K. & Steffensky, M. (2017). Teachers' professional vision, pedagogical content knowledge and beliefs: On its relation and differences between pre-service and in-service teachers. *Teaching and Teacher Education*, 66, 158–170. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.04.010>
- Meskill, C., Mossop, J., DiAngelo, S. & Pasquale, R. K. (2002). Expert and novice teachers talking technology: Precepts, concepts, and misconcepts. *Language Learning & Technology*, 6(3), 46–57. Retrieved from <https://www.lltjournal.org/item/2406>
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. Retrieved from <https://www.learntechlib.org/p/99246/>
- Moskaliuk, J. & Cress, U. (2018). Zukunftstrends Technologie: Vom Web 1.0 zum Web 4.0. In K. Scheiter & T. Riecke-Baulecke (Hrsg.), *Schule 4.0. Zukunftstrends, Rahmenbedingungen, Praxisbeispiele* (Schulmanagement-Handbuch, Bd. 165, S. 8–23). München: Cornelsen.

- Muthén, L. K. & Muthén, B. O. (2017). Mplus (Version 8) [Computer software]. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.
- The National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics.
- National Research Council. (1999). *Being fluent with information technology literacy. Computer science and telecommunications board commission on physical sciences, mathematics, and applications*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nelson, M. J., Voithofer, R., Cheng & Sheng-Lun. (2019). Mediating factors that influence the technology integration practices of teacher educators. *Computers & Education*, 128, 330–344. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.023>
- Nesbit, J. C. & Adesope, O. O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 76(3), 413–448. <https://doi.org/10.3102/00346543076003413>
- Newman, T. & Beetham, H. (2017). *Student digital experience tracker 2017: The voice of 22,000 UK learners*. Bristol: Jisc. Retrieved from <http://repository.jisc.ac.uk/6662/1/Jiscdigitalstudenttracker2017.pdf>
- Newman, T., Beetham, H. & Knight, S. (2018). *Digital experience insights survey 2018: Findings from students in UK further and higher education*. Bristol: Jisc. Retrieved from http://repository.jisc.ac.uk/6967/1/Digital_experience_insights_survey_2018.pdf
- Novak, J. D. (2010). *Learning, creating and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. New York, NY: Routledge.
- OECD. (2014). *TALIS 2013 results. An international perspective on teaching and learning*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264196261-en>
- Olofson, M. W., Swallow, M. J. C. & Neumann, M. D. (2016). TPACKing: A constructivist framing of TPACK to analyze teachers' construction of knowledge. *Computers & Education*, 95, 188–201. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.010>
- Otting, H. & Zwaal, W. (2007). The identification of constructivist pedagogy in different learning environments. In M. K. McCuddy, H. van den Bosch, W. B. Martz, A. V. Matveev & K. O. Morse (Eds.), *The challenges of educating people to lead in a challenging world* (pp. 171–196). Dordrecht: Springer.
- Palmer, D. J., Stough, L. M., Burdinski, J. T. K. & Gonzales, M. (2005). Identifying teacher expertise: An examination of researchers' decision making. *Educational Psychologist*, 40(1), 13–25. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4001_2

- Park, S., Suh, J. & Seo, K. (2018). Development and validation of measures of secondary science teachers' PCK for teaching photosynthesis. *Research in Science Education*, 48(3), 549–573. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9578-y>
- Partnership for 21st Century Learning. (2015). *P21 framework definitions*. Retrieved from http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Definitions_New_Logo_2015_9pgs.pdf
- Partnership for 21st Century Learning. (2019). *Framework for 21st century learning. A unified vision for learning to ensure student success in a world where change is constant and learning never stops*. Retrieved from http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Brief.pdf
- Pekrun, R. (2020). Self-report is indispensable to assess students' learning. *Frontline Learning Research*, 8(3), 185–193. <https://doi.org/10.14786/flr.v8i3.637>
- Peterson, P. L. & Comeaux, M. A. (1987). Teachers' schemata for classroom events: The mental scaffolding of teachers' thinking during classroom instruction. *Teaching and Teacher Education*, 3(4), 319–331. [https://doi.org/10.1016/0742-051X\(87\)90024-2](https://doi.org/10.1016/0742-051X(87)90024-2)
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 451–502). San Diego, CA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012109890-2/50043-3>
- Ponce, H. R. & Mayer, R. E. (2014). An eye movement analysis of highlighting and graphic organizer study aids for learning from expository text. *Computers in Human Behavior*, 41, 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.010>
- Pudelko, B., Young, M., Vincent-Lamarre, P. & Charlin, B. (2012). Mapping as a learning strategy in health professions education: A critical analysis. *Medical Education*, 46(12), 1215–1225. <https://doi.org/10.1111/medu.12032>
- Reimann, P. (1997). *Lernprozesse beim Wissenserwerb aus Beispielen: Analyse, Modellierung, Förderung*. Bern: Huber.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1997). Lehren im Erwachsenenalter. Auffassungen vom Lehren und Lernen, Prinzipien und Methoden. In F. E. Weinert & H. Mandl (Hrsg.), *Psychologie der Erwachsenenbildung* (Enzyklopädie der Psychologie, Bd. 4, S. 354–403). Göttingen: Hogrefe.
- Renkl, A. (1994). *Träges Wissen: Die "unerklärliche" Kluft zwischen Wissen und Handeln* (Forschungsbericht 41). München: Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Renkl, A. (1997). Learning from worked-out examples: A study on individual differences. *Cognitive Science*, 21(1), 1–29. [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(99\)80017-2](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(99)80017-2)

- Renkl, A. (2011). Aktives Lernen: Von sinnvollen und weniger sinnvollen theoretischen Perspektiven zu einem schillernden Konstrukt. *Unterrichtswissenschaft*, 39(3), 197–212.
- Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cognitive Science*, 38(1), 1–37. <https://doi.org/10.1111/cogs.12086>
- Renkl, A. & Atkinson, R. K. (2007). An example order for cognitive skill acquisition. In F. E. Ritter, J. Nerb, E. Lehtinen & T. O'Shea (Eds.), *In order to learn: How the sequence of topics influence learning* (pp. 95–105). Oxford: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195178845.003.0007>
- Renkl, A., Mandl, H. & Gruber, H. (1996). Inert knowledge: Analyses and remedies. *Educational Psychologist*, 31(2), 115–121. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3102_3
- Renkl, A. & Nückles, M. (2006). Lernstrategien der externen Visualisierung. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 135–147). Göttingen: Hogrefe.
- Rittle-Johnson, B., Loehr, A. M. & Durkin, K. (2017). Promoting self-explanation to improve mathematics learning: A meta-analysis and instructional design principles. *ZDM*, 49(4), 599–611. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0834-z>
- Rodríguez Moreno, J., Agreda Montoro, M. & Ortiz Colón, A. (2019). Changes in teacher training within the TPACK model framework: A systematic review. *Sustainability*, 11(7), 1–10. <https://doi.org/10.3390/su11071870>
- Rosé, C., Wang, Y.-C., Cui, Y., Arguello, J., Stegmann, K., Weinberger, A. et al. (2008). Analyzing collaborative learning processes automatically: Exploiting the advances of computational linguistics in computer-supported collaborative learning. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 3(3), 237–271. <https://doi.org/10.1007/s11412-007-9034-0>
- 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>
- Russell, M., Bebell, D., O'Dwyer, L. & O'Connor, K. (2003). Examining teacher technology use. *Journal of Teacher Education*, 54(4), 297–310. <https://doi.org/10.1177/0022487103255985>
- Sailer, M. [Michael], Murböck, J. & Fischer, F. (2017). *Digitale Bildung an bayerischen Schulen – Infrastruktur, Konzepte, Lehrerbildung und Unterricht*. München: vbw. Verfügbar unter: https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2017/Downloads/Bi-0146-001_vbw_Studie_Digitale-Bildung-an-bayerischen-Schulen.pdf

- Sailer, M. [Michael], Schultz-Pernice, F., Chernikova, O., Sailer, M. [Maximilian] & Fischer, F. (2018). *Digitale Bildung an bayerischen Hochschulen – Ausstattung, Strategie, Qualifizierung und Medieneinsatz*. München: vbw. Verfügbar unter: https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2018/Downloads/FINAL_Digitale_Bildung_an_bayerischen_Hochschulen_2.pdf
- Sailer, M. [Michael], Schultz-Pernice, F. & Fischer, F. (2021). Contextual facilitators for learning activities involving technology in higher education: The Cb-model. *Computers in Human Behavior*, 121, 106794. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106794>
- Sánchez-Prieto, J. C., Olmos-Migueláñez, S. & García-Peñalvo, F. J. (2017). MLearning and pre-service teachers: An assessment of the behavioral intention using an expanded TAM model. *Computers in Human Behavior*, 72, 644–654. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.09.061>
- Sandholtz, J., Ringstaff, C. & Dwyer, D. C. (1997). *Teaching with technology. Creating student-centered classrooms*. New York, NY: Teachers College Press.
- Santagata, R. & Angelici, G. (2010). Studying the impact of the lesson analysis framework on preservice teachers' abilities to reflect on videos of classroom teaching. *Journal of Teacher Education*, 61(4), 339–349. <https://doi.org/10.1177/0022487110369555>
- Santagata, R. & Guarino, J. (2011). Using video to teach future teachers to learn from teaching. *ZDM*, 43(1), 133–145. <https://doi.org/10.1007/s11858-010-0292-3>
- Santagata, R., Zannoni, C. & Stigler, J. W. (2007). The role of lesson analysis in pre-service teacher education: An empirical investigation of teacher learning from a virtual video-based field experience. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 10(2), 123–140. <https://doi.org/10.1007/s10857-007-9029-9>
- Schäfer, S. & Seidel, T. (2015). Noticing and reasoning of teaching and learning components by pre-service teachers. *Journal for Educational Research Online*, 7(2), 34–58. Retrieved from https://www.pedocs.de/volltexte/2015/11489/pdf/JERO_2015_2_Schaefer_Seidel_Noticing_and_reasoning.pdf
- Schaumburg, H. (2003). *Konstruktivistischer Unterricht mit Laptops? Eine Fallstudie zum Einfluss mobiler Computer auf die Methodik des Unterrichts*. Dissertation. Freie Universität Berlin, Berlin. Verfügbar unter: <https://refubium.fu-berlin.de/handle/fub188/1665>
- Scheiter, K. (2020). Embracing complexity in research on learning from examples and from problem solving. *Applied Cognitive Psychology*, 34(4), 906–911. <https://doi.org/10.1002/acp.3702>

- Scheiter, K., Schleinschok, K. & Ainsworth, S. (2017). Why sketching may aid learning from science texts: Contrasting sketching with written explanations. *Topics in Cognitive Science*, 9(4), 866–882. <https://doi.org/10.1111/tops.12261>
- Scherer, R., Tondeur, J. & Siddiq, F. (2017). On the quest for validity: Testing the factor structure and measurement invariance of the technology-dimensions in the technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK) model. *Computers & Education*, 112, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.012>
- Schmeck, A., Mayer, R. E., Opfermann, M., Pfeiffer, V. & Leutner, D. (2014). Drawing pictures during learning from scientific text: Testing the generative drawing effect and the prognostic drawing effect. *Contemporary Educational Psychology*, 39(4), 275–286. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2014.07.003>
- Schmid, R. F., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Tamim, R. M., Abrami, P. C., Surkes, M. A. et al. (2014). The effects of technology use in postsecondary education: A meta-analysis of classroom applications. *Computers & Education*, 72, 271–291. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.11.002>
- Schmid, U., Goertz, L., Radomski, S., Thom, S. & Behrens, J. (2017). *Monitor Digitale Bildung: Die Hochschulen im digitalen Zeitalter*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Schmidgall, S. P., Eitel, A. & Scheiter, K. (2019). Why do learners who draw perform well? Investigating the role of visualization, generation and externalization in learner-generated drawing. *Learning and Instruction*, (60), 138–153. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.01.006>
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J. & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123–149. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782544>
- Schmidt, H. G., Loyens, S. M. M., van Gog, T. & Paas, F. (2007). Problem-based learning is compatible with human cognitive architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 91–97. <https://doi.org/10.1080/00461520701263350>
- Schneider, J., Bohl, T., Kleinknecht, M., Rehm, M., Kuntze, S. & Syring, M. (2016). Unterricht analysieren und reflektieren mit unterschiedlichen Fallmedien: Eine Untersuchung der vermeintlichen Überlegenheit von Video gegenüber Text. *Unterrichtswissenschaft*, 44(4), 474–491.

- Schroeder, N. L., Nesbit, J. C., Anguiano, C. J. & Adesope, O. O. (2018). Studying and constructing concept maps: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 30(2), 431–455. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9403-9>
- Schwamborn, A., Mayer, R. E., Thillmann, H., Leopold, C. & Leutner, D. (2010). Drawing as a generative activity and drawing as a prognostic activity. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 872–879. <https://doi.org/10.1037/a0019640>
- Schwonke, R., Renkl, A., Krieg, C., Wittwer, J., Aleven, V. & Salden, R. (2009). The worked-example effect: Not an artefact of lousy control conditions. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 258–266. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.011>
- Schworm, S. & Renkl, A. (2007). Learning argumentation skills through the use of prompts for self-explaining examples. *Journal of Educational Psychology*, 99(2), 285–296. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.2.285>
- Seidel, T., Blomberg, G. & Renkl, A. (2013). Instructional strategies for using video in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 34, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.004>
- Seidel, T., Blomberg, G. & Stürmer, K. (2010). „Observer“ - Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. Projekt OBSERVE. In E. Klieme, D. Leutner & M. Kenk (Hrsg.), *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes* (Zeitschrift für Pädagogik Beiheft, Bd. 56, S. 296–306). Weinheim: Beltz.
- Seidel, T. & Prenzel, M. (2007). Wie Lehrpersonen Unterricht wahrnehmen und einschätzen – Erfassung pädagogisch-psychologischer Kompetenzen mit Videosequenzen. In M. Prenzel, I. Gogolin & H.-H. Krüger (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik* (Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft, Bd. 8, S. 201–216). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90865-6_12
- Seidel, T. & Stürmer, K. (2014). Modeling and measuring the structure of professional vision in preservice teachers. *American Educational Research Journal*, 51(4), 739–771. <https://doi.org/10.3102/0002831214531321>
- Seidel, T., Stürmer, K., Prenzel, M., Jahn, G. & Schäfer, S. (2017). Investigating pre-service teachers' professional vision within university-based teacher education. In D. Leutner, J. Fleischer, J. Grünkorn & E. Klieme (Eds.), *Competence assessment in education. Research, models and instruments* (pp. 93–109). Cambridge: Springer.

- Seidel, T., Stürmer, K., Schäfer, S. & Jahn, G. (2015). How preservice teachers perform in teaching events regarding generic teaching and learning components. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 47(2), 84–96. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000125>
- Sherin, M. G. (2004). New perspectives on the role of video in teacher education. In J. Brophy (Ed.), *Using video in teacher education* (S. 1–28). Amsterdam: Elsevier.
- Sherin, M. G. (2007). The development of teachers' professional vision in video clubs. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron & S. Derry (Eds.), *Video research in the learning sciences* (pp. 383–395). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Sherin, M. G. & Han, S. Y. (2004). Teacher learning in the context of a video club. *Teaching and Teacher Education*, 20(2), 163–183. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2003.08.001>
- Sherin, M. G., Jacobs, V. R. & Philipp, R. A. (2011). Introduction. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing. Seeing through teachers' eyes* (pp. 3–14). New York, NY: Routledge.
- Sherin, M. G. & van Es, E. A. (2005). Using video to support teachers' ability to notice classroom interactions. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 13(3), 475–491. Retrieved from <https://www.learntechlib.org/primary/p/4824/>
- Sherin, M. G. & van Es, E. A. (2009). Effects of video club participation on teachers' professional vision. *Journal of Teacher Education*, 60(1), 20–37. <https://doi.org/10.1177/0022487108328155>
- Shih, C.-L. & Chuang, H.-H. (2013). The development and validation of an instrument for assessing college students' perceptions of faculty knowledge in technology-supported class environments. *Computers & Education*, 63, 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.021>
- Shinas, V. H., Yilmaz-Ozden, S., Mouza, C., Karchmer-Klein, R. & Glutting, J. J. (2013). Examining domains of technological pedagogical content knowledge using factor analysis. *Journal of Research on Technology in Education*, 45(4), 339–360. <https://doi.org/10.1080/15391523.2013.10782609>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–23. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>

- Sitzmann, T. (2011). A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. *Personnel Psychology*, 64(2), 489–528. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2011.01190.x>
- Stark, R., Kopp, V. & Fischer, M. R. (2011). Case-based learning with worked examples in complex domains: Two experimental studies in undergraduate medical education. *Learning and Instruction*, 21(1), 22–33. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.10.001>
- Statistisches Bundesamt. (2019). *Bildung und Kultur. Prüfungen an Hochschulen*. Fachserie 11 Reihe 4.2. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung-Kultur/Hochschulen/Publikationen/Downloads-Hochschulen/pruefungen-hochschulen-2110420187004.pdf?__blob=publicationFile
- Statistisches Bundesamt. (2020). *Private Haushalte in der Informationsgesellschaft – Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien*. Fachserie 15 Reihe 4. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen-Konsum-Lebensbedingungen/IT-Nutzung/Publikationen/Downloads-IT-Nutzung/private-haushalte-ikt-2150400197004.pdf?__blob=publicationFile
- Steenbergen-Hu, S. & Cooper, H. (2014). A meta-analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on college students' academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 106(2), 331–347. <https://doi.org/10.1037/a0034752>
- Stull, A. T. & Mayer, R. E. (2007). Learning by doing versus learning by viewing: Three experimental comparisons of learner-generated versus author-provided graphic organizers. *Journal of Educational Psychology*, 99(4), 808–820. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.4.808>
- Stürmer, K., Könings, K. D. & Seidel, T. (2013). Declarative knowledge and professional vision in teacher education: Effect of courses in teaching and learning. *The British Journal of Educational Psychology*, 83(3), 467–483. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2012.02075.x>
- Stürmer, K., Könings, K. D. & Seidel, T. (2015). Factors within university-based teacher education relating to preservice teachers' professional vision. *Vocations and Learning*, 8(1), 35–54. <https://doi.org/10.1007/s12186-014-9122-z>
- Stürmer, K. & Seidel, T. (2015). Assessing professional vision in teacher candidates: Approaches to validating the observer extended research tool. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 54–63. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000200>

- Stürmer, K. & Seidel, T. (2017). Connecting generic pedagogical knowledge with practice. In S. Guerriero (Ed.), *Pedagogical knowledge and the changing nature of the teaching profession* (S. 137–149). Paris: OECD.
- Stürmer, K., Seidel, T. & Holzberger, D. (2016). Intra-individual differences in developing professional vision: Preservice teachers' changes in the course of an innovative teacher education program. *Instructional Science*, 44(3), 293–309. <https://doi.org/10.1007/s11251-016-9373-1>
- Stürmer, K., Seidel, T. & Kunina-Habenicht, O. (2015). Unterricht wissensbasiert beobachten. Unterschiede und erklärende Faktoren bei Referendaren zum Berufseinstieg. *Zeitschrift für Pädagogik*, 61(3), 345–360.
- Stürmer, K., Seidel, T. & Schäfer, S. (2013). Changes in professional vision in the context of practice. *Gruppendynamik und Organisationsberatung*, 44(3), 339–355. <https://doi.org/10.1007/s11612-013-0216-0>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/S15516709COG1202_4
- Sweller, J. & Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, 2(1), 59–89. https://doi.org/10.1207/s1532690xc0201_3
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Syring, M., Bohl, T., Kleinknecht, M., Kuntze, S., Rehm, M. & Schneider, J. (2016). Fallarbeit als Angebot – fallbasiertes Lernen als Nutzung. Empirische Ergebnisse zur kognitiven Belastung, Motivation und Emotionen bei der Arbeit mit Unterrichtsfällen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 62(1), 86–108. Verfügbar unter: https://www.pedocs.de/volltexte/2019/16707/pdf/ZfPaed_2016_1_Syring_et_al_Fallarbeit_als_Angebot.pdf
- Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C. & Schmid, R. F. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning. *Review of Educational Research*, 81(1), 4–28. <https://doi.org/10.3102/0034654310393361>

- 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>
- U.S. Department of Education. (2016). *Advancing educational technology in teacher preparation: Policy brief*. Retrieved from <https://tech.ed.gov/files/2016/12/Ed-Tech-in-Teacher-Preparation-Brief.pdf>
- Valtonen, T., Leppänen, U., Hyypiä, M., Sointu, E., Smits, A. & Tondeur, J. (2020). Fresh perspectives on TPACK: Pre-service teachers' own appraisal of their challenging and confident TPACK areas. *Education and Information Technologies*, 25(4), 2823–2842. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10092-4>
- Van den Kieboom, L. A., Magiera, M. T. & Moyer, J. C. (2017). Learning to notice student thinking about the equal sign: K-8 preservice teachers' experiences in a teacher preparation program. In E. O. Schack, M. H. Fisher & J. A. Wilhelm (Eds.), *Teacher noticing: Bridging and broadening perspectives, contexts, and frameworks* (Research in mathematics education, pp. 141–159). Cham: Springer.
- Van Es, E. A. (2011). A framework for learning to notice student thinking. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing. Seeing through teachers' eyes* (pp. 134–151). New York, NY: Routledge.
- Van Es, E. A. & Sherin, M. G. (2002). Learning to notice: Scaffolding new teachers' interpretations of classroom interactions. *Journal of Technology and Teacher Education*, 10(4), 571–596. Retrieved from <https://www.learntechlib.org/primary/p/9171/>
- Van Es, E. A. & Sherin, M. G. (2008). Mathematics teachers' "learning to notice" in the context of a video club. *Teaching and Teacher Education*, 24(2), 244–276. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.11.005>
- Van Es, E. A. & Sherin, M. G. (2010). The influence of video clubs on teachers' thinking and practice. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 13(2), 155–176. <https://doi.org/10.1007/s10857-009-9130-3>
- Van Es, E. A., Tunney, J., Goldsmith, L. T. & Seago, N. (2014). A framework for the facilitation of teachers' analysis of video. *Journal of Teacher Education*, 65(4), 340–356. <https://doi.org/10.1177/0022487114534266>
- Van Gog, T., Paas, F. & van Merriënboer, J. J. G. (2008). Effects of studying sequences of process-oriented and product-oriented worked examples on troubleshooting transfer efficiency.

- Learning and Instruction*, 18(3), 211–222. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.03.003>
- Van Gog, T., Rummel, N. & Renkl, A. (2019). Learning how to solve problems by studying examples. In J. Dunlosky & K. A. Rawson (Eds.), *The Cambridge handbook of cognition and education* (pp. 183–208). Cambridge: Cambridge University Press.
- Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Perspectives on problem solving and instruction. *Computers & Education*, 64, 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.025>
- Vogel, F., Kollar, I., Ufer, S., Reichersdorfer, E., Reiss, K. & Fischer, F. (2016). Developing argumentation skills in mathematics through computer-supported collaborative learning: The role of transactivity. *Instructional Science*, 44(5), 477–500. <https://doi.org/10.1007/s11251-016-9380-2>
- Vogel, F., Wecker, C., Kollar, I. & Fischer, F. (2017). Socio-cognitive scaffolding with computer-supported collaboration scripts: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 29(3), 477–511. <https://doi.org/10.1007/s10648-016-9361-7>
- Voogt, J., Fisser, P., Roblin, N. P., Tondeur, J. & van Braak, J. (2013). Technological pedagogical content knowledge – a review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(2), 109–121. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2012.00487.x>
- Voogt, J. & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299–321. <https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>
- Voss, T., Kunter, M., Seiz, J., Hoehne, V. & Baumert, J. (2014). Die Bedeutung des pädagogisch-psychologischen Wissens von angehenden Lehrkräften für die Unterrichtsqualität. *Zeitschrift für Pädagogik*, 60(2), 184–201. Verfügbar unter: https://www.pedocs.de/volltexte/2017/14653/pdf/ZfPaed_2014_2_Voss_Kunter_Seiz_et_a_Die_Bedeutung_des_paedagogisch_psychologischen_Wissens.pdf
- Wagner, K., Klein, M., Klopp, E. & Stark, R. (2014). Instruktionale Unterstützung beim Lernen aus advokatorischen Fehlern in der Lehramtsausbildung. Effekte auf die Anwendung wissenschaftlichen Wissens. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 61(4), 287. <https://doi.org/10.2378/peu2014.art23d>
- Waldis, M., Nitsche, M. & Wyss, C. (2019). Assessing pre-service history teachers' pedagogical content knowledge with a video survey using open-ended writing assignments and standardized rating items. *History Education Research Journal*, 16(1), 112–126. <https://doi.org/10.18546/HERJ.16.1.10>

- Wang, C. X. & Dwyer, F. M. (2006). Instructional effects of three concept mapping strategies in facilitating student achievement. *International Journal of Instructional Media*, 33(2), 135–151.
- 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. <https://doi.org/10.1080/21532974.2018.1498039>
- Wang, X. [Xinghua], Kollar, I. & Stegmann, K. (2017). Adaptable scripting to foster regulation processes and skills in computer-supported collaborative learning. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 12(2), 153–172. <https://doi.org/10.1007/s11412-017-9254-x>
- Wang, X. [Xu], Wen, M. & Rosé, C. P. (2016). Towards triggering higher-order thinking behaviors in MOOCs. In D. Gašević, G. Lynch, S. Dawson, H. Drachsler & C. Penstein Rosé (Eds.), *LAK '16 conference proceedings. The sixth international conference on learning analytics & knowledge* (pp. 398–407). New York, NY: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2883851.2883964>
- Webb, M. (2008). Impact of IT on science education. In J. Voogt & G. Knezek (Eds.), *International handbook of information technology in primary and secondary education* (pp. 133–148). Boston, MA: Springer.
- Weinstein, C. E., Acee, T. W. & Jung, J. [JaeHak]. (2011). Self-regulation and learning strategies. *New Directions for Teaching and Learning*, 2011(126), 45–53. <https://doi.org/10.1002/tl.443>
- Weinstein, C. E. & Mayer, R. E. (1986). The teaching of learning strategies. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research in teaching* (S. 315–327). New York, NY: MacMillan.
- Wekerle, C. & Kollar, I. (im Druck). Effekte individueller und kontextueller Faktoren auf die evidenz- und erfahrungsorientierte Reflexion mediengestützten Unterrichts von Lehramtsstudierenden. In A. Hartinger, M. Dresel, E. Matthes, U. E. Nett & K. Peuschel (Hrsg.), *Lehrkräfteprofessionalität im Umgang mit Heterogenität: Theoretische Konzepte, Förderansätze, empirische Befunde*. Münster: Waxmann.
- Wekerle, C. & Kollar, I. (2021). Fostering pre-service teachers' situation-specific technological pedagogical knowledge – Does learning by mapping and learning from worked examples help? *Computers in Human Behavior*, 115, 106617. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106617>

- Wiggins, B. L., Eddy, S. L., Grunspan, D. Z. & Crowe, A. J. (2017). The ICAP active learning framework predicts the learning gains observed in intensely active classroom experiences. *AERA Open*, 3(2), 1-14. <https://doi.org/10.1177/2332858417708567>
- Willermark, S. (2018). Technological pedagogical and content knowledge: A review of empirical studies published from 2011 to 2016. *Journal of Educational Computing Research*, 56(3), 315–343. <https://doi.org/10.1177/0735633117713114>
- Wittrock, M. C. (1974). Learning as a generative process. *Educational Psychologist*, 11(2), 87–95. <https://doi.org/10.1080/00461527409529129>
- Wittrock, M. C. (1989). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist*, 24(4), 345–376. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2404_2
- Wu, Y.-T. (2013). Research trends in technological pedagogical content knowledge (TPACK) research: A review of empirical studies published in selected journals from 2002 to 2011. *British Journal of Educational Technology*, 44(3), E73-E76. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2012.01349.x>
- Wylie, R. & Chi, M. T. H. (2014). The self-explanation principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 413–432). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.021>
- Yeh, C. & Santagata, R. (2015). Preservice teachers' learning to generate evidence-based hypotheses about the impact of mathematics teaching on learning. *Journal of Teacher Education*, 66(1), 21–34. <https://doi.org/10.1177/0022487114549470>
- Zee, M. & Koomen, H. M. Y. (2016). Teacher self-efficacy and its effects on classroom processes, student academic adjustment, and teacher well-being. *Review of Educational Research*, 86(4), 981–1015. <https://doi.org/10.3102/0034654315626801>
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20(1), 99–149. <https://doi.org/10.1006/drev.1999.0497>

Anhang A: Fachartikel I zur Studie TPK von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften

Titel des Fachartikels:	Using Technology to Promote Student Learning? An Analysis of Pre- and In-Service Teachers' Lesson Plans
Autor*innen:	Christina Wekerle & Ingo Kollar
Erstautorin:	Christina Wekerle
Eingereicht in:	Technology, Pedagogy & Education
Status:	publiziert

Referenz:

Wekerle, C., Kollar, I. (2022). Using technology to promote student learning? An analysis of pre- and in-service teachers' lesson plans. *Technology, Pedagogy and Education*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2022.2083669>

Using Technology to Promote Student Learning? An Analysis of Pre- and In-Service Teachers' Lesson Plans

This is an Accepted Manuscript of an article published by Taylor & Francis in *Technology, Pedagogy and Education* on 8 June 2022, available online: <https://www.tandfonline.com/10.1080/1475939X.2022.2083669>

Abstract

Technology may promote student engagement in high-level learning processes in the classroom. Yet whether teachers really exploit technology's potential to support student learning depends on their experience and knowledge of how to effectively integrate technology into the classroom. In order to draw conclusions on how to design curricula to help teachers acquire technology-related teaching knowledge, we contrasted pre-service and technology-experienced in-service teachers' reasoning about technology-enhanced lessons in the form of lesson plans. We assumed that technology-experienced teachers target student engagement in more high-level learning activities than pre-service teachers. We asked $N = 134$ pre-service and technology-experienced in-service teachers to plan an ideal technology-enhanced classroom lesson. We requested them to report the types of learning activities they would have students to engage in. The results supported our assumptions: In-service teachers were more likely to include higher-level technology-enhanced learning activities than pre-service teachers. However, we found no differences between the two groups in non-technology-enhanced learning activities. Based on these findings and further qualitative analyses of pre- and in-service teachers' lesson plans, implications for curriculum design are drawn.

Keywords: teaching expertise, TPACK, ICAP, lesson plans, learning activities

Problem

The use of digital technology is believed to facilitate diverse learning processes in the classroom (Sung et al., 2016). For example, audience response systems have been shown to enhance students' engagement in the classroom (Castillo-Manzano et al., 2016). In collaborative learning settings, group awareness tools may help learners better coordinate their collaborative activities (Janssen & Bodemer, 2013). However, evidence from meta-analyses shows rather small (albeit positive) and heterogeneous effects of digital technology on learning outcomes (e.g., Chauhan, 2017; Cheung & Slavin, 2013; Schmid, R. F. et al., 2014; Tamim et al., 2011). One potential explanation for the heterogeneity of these effects concerns how teachers implement digital technology in the classroom. For example, Tamim et al. (2011) found the effect of digital technology use on students' learning outcomes to be significantly larger when teachers used such technology primarily to support instruction (e.g., information and communication technology) rather than to implement instruction (e.g., computer-based instruction).

These and other results (e.g., Chien et al., 2016; Schmid, R. F. et al., 2014) highlight the importance of teachers' technology-related teaching knowledge and the ways in which they use technology at the instructional level to support student learning. A prominent approach that conceptualizes and measures this kind of teacher knowledge is the Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) model proposed by Koehler and Mishra (2006, see also 2009). Based on Shulman's (1986) conceptualization of pedagogical content knowledge and in order to promote student learning, the model highlights the necessity of productively integrating technological knowledge (TK), pedagogical knowledge (PK) and content knowledge (CK) resulting in combined knowledge components (PCK, TCK, TPK, TPACK).

Even before the COVID-19 pandemic, education policymakers had been increasingly asking teachers to acquire TPACK components in order to better exploit technologies' potential for teaching and learning and had articulated the need for more targeted pre-service teacher education programmes (e.g., U.S. Department of Education, 2016; Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs, 2019). We argue that the design of such teacher education curricula should be informed by comparative empirical research that contrasts pre-service teachers' and technology-experienced in-service teachers' TPACK components. Such comparisons might illustrate pre-service teachers' proposed trajectory by defining technology-experienced in-service teachers' TPACK as a possible target state. The results might thus help to better define learning objectives for pre-service teacher education curricula and understand the prerequisites for pre-service teachers' TPACK development (see Auerbach et al., 2018).

However, we suggest that the following two ideas be considered when assessing pre- and in-service teachers' TPACK components:

(1) Students' acquisition of 21st century skills such as creative thinking and collaborative learning is deemed increasingly central to ensuring that they are well-prepared for future challenges in today's interconnected world (Partnership for 21st Century Skills, 2019); however, such skills are not specifically addressed in the TPACK framework. Thus, the TPACK framework does not provide any guidance on what kind of appropriate learning activities students should be prompted to engage in by means of technology (Brantley-Dias & Ertmer, 2013). Given that constructivist approaches are often said to hold particular potential for the acquisition of such skills due to their greater focus on students' learning processes, many researchers suggest assessing TPACK from a learner-centered, constructivist perspective (Angeli & Valanides, 2009; Chai et al., 2013; Koh et al., 2017; Olofson et al., 2016). In this regard, the ICAP model (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014) might serve as a supplementary framework for evaluating pre-service teachers' TPACK components from a constructivist point of view by differentiating between more and less effective (technology-enhanced) learning activities and relating them to cognitive processes and learning outcomes.

(2) Self-assessment instruments are most commonly used to assess TPACK components in research (Willermark, 2018). However, self-assessment instruments are considered a good measure of teachers' confidence regarding a certain topic, but not their actual knowledge (Law et al., 2007; Scherer et al., 2017). Hence, an alternative might be to measure teachers' qualitative reasoning processes in typical teaching-related situations (Heitink et al., 2016) by analysing teachers' lesson plans, which represent a central teaching-related activity that may provide insight into teachers' cognition in the form of pedagogical decision-making (Harris et al., 2010; Willermark, 2018). Moreover, using lesson plans to measure TPACK components is particularly useful in pre-service teacher education, in which there are often limited opportunities for pre-service teachers to teach in real classroom settings (Harris et al., 2010). Finally, lesson plans not only help obtain more in-depth insights into teachers' reasoning concerning the deployment of digital technology, but also their reasoning about the interplay or consequences of technology-enhanced classroom activities for non-technology-enhanced activities. This should contribute to more comprehensive curricular design decisions that might help improve not only pre-service teachers' technology-enhanced teaching, but their teaching overall. Nevertheless, it should be noted that (pre-service) teachers' reasoning processes are only a very rough approximation of teachers' actual teaching with technology and tend to overestimate teachers' TPACK in practice (Heitink et al., 2016; Heitink et al., 2017).

Based on the outlined arguments, we aimed to identify relevant indicators for the development of curricular interventions to support pre-service teachers' TPACK development. In doing so, we decided to only focus on teachers' TPK in this study to be able to make more general assertions about the differences of pre- and in-service teachers' technology-related teaching knowledge independent of content-related factors (in terms of CK, PCK, TCK, TPACK). Consequently, we were interested in the kind of technology-enhanced and non-technology-enhanced learning activities pre-service teachers and in-service teachers envisioned in their lesson plans irrespective of subject matter. We first introduce the ICAP framework as a learner-centred model that helps to determine whether teachers' reasoning in lesson plans has promise to support students' cognitive processes and learning outcomes. Based on the ICAP model, we then discuss findings that point to possible characteristics of experienced in-service teachers' reasoning with respect to teaching with technology that might be distinguishable from pre-service teachers' reasoning.

Conceptualizing teachers' technology-related teaching knowledge from an ICAP perspective

One of teachers' most important tasks is to provide opportunities for students to engage in higher-order learning processes, i.e. cognitive processes that are closely related to knowledge acquisition (Seidel, et al., 2002). Of course, teachers are not able to directly observe which cognitive processes students in fact engage in when providing certain (technology-enhanced) learning opportunities. However, by facilitating certain observable (technology-enhanced) learning activities, teachers can at least increase the chance that students are engaging in high-quality knowledge construction processes.

This assumption was put forward by Chi and Wylie (2014) in their ICAP framework, which identifies four types of (visible) learning activities that are believed to be associated with (non-visible) cognitive processes and learning outcomes at different levels of elaboration: passive, active, constructive and interactive. The passive mode of engagement refers to learning activities in which students receive information without exhibiting any other type of overt learning behaviour (e.g., watching an online video). At the cognitive level, this typically leads to the rather isolated storage of information in students' knowledge bases, as prior knowledge is not actively triggered. Thus, such knowledge can often only be recalled in the same context. The active mode of engagement includes physical actions directed at a learning object (e.g., pausing or fast-forwarding an online video). At the cognitive level, this is believed to lead to the integration of new information with prior knowledge, as the deliberate emphasis students

place on certain aspects of the learning material might lead to an activation of prior knowledge. In turn, these processes might allow learners to more easily apply the newly acquired knowledge to similar situations. The constructive mode of engagement refers to learning activities in which learners create new learning output that goes beyond the initially provided learning content (e.g., drawing a digital concept map of the information presented in the online video). At the cognitive level, engagement in constructive activities leads students to infer new information based on their integrated knowledge. It also allows learners to transfer their knowledge to new situations and tasks. Finally, the interactive mode of engagement refers to learning activities that involve mutual exchange, in which learning partners build on each other's contributions (e.g., writing a review of the online video in a small group with the help of a collaborative text editor). Engagement in interactive activities, according to Chi and Wylie (2014), may result in co-inferring new information with the help of input or inferences from one's learning partners. Consequently, this might give rise to the co-creation of knowledge.

The ICAP hypothesis states that as the cognitive processes associated with the visible learning activities become increasingly elaborate, from "passive" to "interactive", higher domain-specific or content-related learning should result. In other words, engagement in interactive learning activities should lead to higher gains than constructive learning activities, which should in turn lead to higher learning gains than active learning activities. The learning gains associated with engagement in passive learning activities should be lowest.

Re-examinations of existing laboratory and classroom studies by Chi (2009) and Chi and Wylie (2014) as well as results by Menekse and colleagues (2013) seem to support the ICAP hypothesis. Menekse and colleagues (2013) analysed the effects of all four modes of engagement on learning outcomes. In the passive condition, they asked participants to read a text; in the active condition, to read and highlight passages from the text; in the constructive condition, to interpret a graph containing information from the text; in the interactive condition, to interpret a graph together with a partner. The results showed significant higher increases in students' content knowledge from pre- to post-test in the interactive compared to the constructive condition, the constructive compared to the active condition and the active compared to the passive condition.

Thus, based on the ICAP model, it would be interesting to determine to what extent pre-service teachers and technology-savvy in-service teachers reason about the use of digital technology to trigger students' engagement in the different modes of learning activities.

What can pre-service teachers learn from technology-experienced in-service teachers' reasoning?

How teachers reason and make use of digital technology in the classroom might be influenced by several factors. One important factor is teachers' teaching experience (Voogt et al., 2016). In order to better support pre-service teachers' development of TPK-based reasoning, applying the relative approach to expertise might be promising. In the relative approach to expertise, more knowledgeable persons in a domain are compared to less knowledgeable persons (Chi, 2006). Thus, novices such as pre-service teachers are expected to reach the level of expertise of experts such as technology-experienced in-service teachers (Chi, 2006). This relative approach might therefore point to goals to be achieved and prerequisites to be considered when seeking to facilitate pre-service teachers' TPK-based reasoning (see Auerbach et al., 2018).

Different measures can be used to determine a person's expertise. The most prominent indicators are length of experience (also frequency of technology use in the context of digital technology; see Lee & Tsai, 2010), formal qualification or social group membership, peer assessment/social recognition and knowledge or performance tests (Chi, 2006; Palmer, Stough, Burdinski & Gonzales, 2005). Regarding length of experience, it might take five to seven years to reach a high level of the relevant knowledge and skills (Berliner, 2004; Palmer et al., 2005).

Empirical studies comparing pre-service teachers' to experienced in-service teachers' reasoning about teaching with technology have found differences in several ICAP-related aspects. For example, in a qualitative study, Meskill et al. (2002) compared the reasoning of in-service teachers who were experienced in using technology in the classroom with that of pre-service teachers with no such experience. They found that pre-service teachers largely saw technology as the agent that is in control of and causes learning. In contrast, experienced in-service teachers understood students as the agents of learning, and technology merely as a helpful tool. Experienced in-service teachers' technology use focused on learning activities and the associated student learning rather than the teachers themselves, their plans or merely managing students' technology use. Thus, experienced teachers tended to focus more on students' learning processes rather than products, while the reverse was true of pre-service teachers. However, this study's data were exclusively from self-report interviews and Meskill et al. (2002) did not systematically distinguish between different types of learning activities or investigate the interplay of technology-enhanced and non-technology-enhanced activities to obtain a more complete picture of the consequences of technology-enhanced teaching in teachers' lesson planning. In addition, their data might be not representative of teachers' current teaching practices, as it was gathered almost 20 years ago.

In a more recent qualitative study, Hughes et al. (2020) interviewed pre- and in-service teachers on their most valued technologies for classroom teaching. Descriptions of the targeted student use of technology revealed that pre-service teachers mentioned passive learning activities (termed “passive hands-off learning” by Hughes et al., 2020) more often than in-service teachers. In contrast, active learning activities (termed “passive hands-on learning”) as well as constructive and interactive learning activities (categorized as “active hands-on learning”) were reported slightly more frequently by in-service teachers compared to pre-service teachers.

Backfisch et al. (2020) confirmed these results in a study investigating differences in lesson plans created by pre-service teachers, post-graduate trainee teachers and in-service teachers in the field of mathematics. They found not only in-service teachers’ but also trainee teachers’ lesson plans to be of higher instructional quality (in terms of cognitive activation and instructional support) than those of pre-service teachers.

However, the samples in the studies by Hughes et al. (2020) as well as Backfisch et al. (2020) consisted of in-service teachers with high levels of general teaching experience, but not necessarily high levels of technology-enhanced teaching experience. Thus, such teachers might not actually be relative experts on teaching with technology, which could lead to erroneous conclusion regarding pre-service teachers’ TPK development. Furthermore, both studies focused solely on teachers’ reasoning about teaching with technology, but did not examine teaching without technology. In addition, the study by Hughes et al. (2020) was characterized by a lack of standardization in data collection, as the reasoning prompts were generic in nature and differed for pre- and in-service teachers. Consequently, only around half of the sample even addressed students’ technology use. Finally, the study by Backfisch et al. (2020), although explicitly focused on lesson planning, only considered mathematics teachers and presented results on a rather abstract level (“instructional quality”), making it rather challenging to draw inferences for a broad range of teachers and concrete instructional intervention measures.

In conclusion, while these studies provide first indications for qualitative differences in teachers’ reasoning about teaching with technology by relative teaching expertise, a more standardised, fine-grained quantitative and qualitative investigation of differences between technology-experienced in-service teachers’ and pre-service teachers’ reasoning about technology-enhanced and non-technology-enhanced learning activities is needed.

Aims and research questions

The empirical study described in this article compared pre-service teachers’ and technology-experienced in-service teachers’ reasoning about technology-enhanced teaching by having

them develop lesson plans for an ideal technology-enhanced lesson. We investigated the technology-enhanced and non-technology-enhanced learning activities they included in a three-step mixed-methods approach based on open-ended data capturing participants' reasoning processes. First, we qualitatively analysed the data by applying coding categories derived from the ICAP framework. Second, we quantified the data in order to make statistical comparisons between pre-service teachers and technology-savvy in-service teachers (for more information on this approach, see Wecker et al., 2012). Third, we aimed to illustrate and interpret the quantitative findings and draw more fine-grained conclusions regarding how to design pre-service teacher education curricula by analysing exemplary qualitative single case analyses.

We sought to answer the following two research questions: To what extent do pre-service teachers' and technology-experienced in-service teachers' lesson plans differ with respect to the types of learning activities they intend students to engage in (1) during technology-enhanced classroom activities and (2) during non-technology-enhanced classroom activities? Based on Meskill et al. (2002), Hughes et al. (2020) and Backfisch et al. (2020), we hypothesized that technology-experienced in-service teachers would target less passive and more active, constructive and interactive technology-enhanced learning activities than pre-service teachers (H1). As we are the first study to empirically investigate teachers' targeted use of non-technology-enhanced learning activities in the context of technology-enhanced teaching, we investigated the second research question on an explorative basis.

Method

Sample

Our sample included $N = 134$ pre-service and in-service teachers. The pre-service teachers were $N = 99$ students at a German university who fulfilled the "novice" criterion of being in their first or second semester of studies in teacher education (semester of studies: $M = 1.26$, $SD = 0.44$). They had only limited formal learning opportunities to acquire professional (technology-related) teaching knowledge in university courses. 55.6% of the pre-service teachers were enrolled in a primary and 44.4% in a secondary school teacher education programme. In Germany, pre-service primary school teachers (55.6% of the total sample) as well as pre-service teachers in teacher education programmes for lower secondary school (grades 5-9; 15.2% of the total sample) are usually prepared to teach a wide range of subjects. Of the remaining 29.3% of our sample enrolled in more specialized training, 62.1% studied a language subject, 48.3% a STEM subject, 41.4% a social science subject and 10.3% an arts subject. Note that pre-service teachers were studying multiple subjects.

The technology-experienced in-service teacher group consisted of $N = 35$ in-service teachers who fulfilled the “expert” criterion of a minimum of five years of professional teaching experience (a criterion suggested by Berliner et al., 2004, and Palmer, 2005, as indicative of “teacher expertise”). In addition, the technology-experienced in-service teachers were participants in a professional development programme that prepared them to work as technology-related teaching advisors in schools (48.6%), had been nominated by their peers as particularly proficient with respect to the use of digital technologies in the classroom (31.4%), were currently working as technology-related teaching advisors in schools (11.4%), or had participated in general professional development courses on teaching with technology (8.6%). Thus, this group can be characterized as having collected extensive experience with regard to the practical implementation of technology in the classroom. On average, these teachers reported having taught professionally for 11 to 15 years. 20% of technology-experienced in-service teachers taught at a primary school and 80% taught at a secondary or other school (e.g., vocational school). Again, in-service teachers in primary schools (20%) and in-service teachers in lower secondary education (28.6% of our sample) taught a wide range of school subjects. Of the remaining 51.4% of our sample, 44.4% taught a language subject, 33.3% a STEM subject, 50% a social science subject and 11.1% an art subject. Note that teachers taught multiple subjects.

Participants were recruited in different environments: First-year pre-service teachers participated in the study as part of a psychology lecture course, which is a mandatory course for first-year pre-service teachers at the university in which the data was collected. Most of the technology-experienced in-service teachers were approached via a professional development programme for in-service teachers who were or wanted to become technology-related teaching advisors in schools. This professional development programme takes place over 8 weeks spread over 2.5 years, in which in-service teachers learn about instructional, technological and legal aspects of teaching with technology. The other technology-experienced in-service teachers were approached via a university-based teacher network. Participation was voluntary.

Procedure

Participants were asked to answer a three-part online questionnaire. The first part asked for demographic data and had items testing general pedagogical knowledge (PK). In the second part, participants were asked to describe an ideal technology-enhanced lesson for a school type, subject and grade level of their choice. They were to name the lesson activities they would include and define what the teacher and what students would do during each of these activities. Participants were given the opportunity to list up to eight lesson activities. Responses to these

questions were used to operationalize our dependent variables (see below). In the third part, participants were asked to answer Likert-based questions regarding their technological pedagogical knowledge (TPK) and their attitudes towards technology in the classroom. Overall, filling in the complete questionnaire took about $M = 54.51$ ($SD = 13.05$) minutes on average.

Dependent variables

We developed two coding schemes to measure the technology-enhanced and non-technology-enhanced learning activities participants included in their lesson plans. The coding schemes were applied to participants' open-ended answers with regard to the following task: 'Please draft the sequence of an ideal classroom lesson in which digital technologies are used effectively. Please describe the lesson activities and describe what the teacher and the students would do during each of these activities.' For each lesson activity, we provided participants with separate text boxes for (a) an overall description of the lesson activity, (b) a description of the teachers' action(s) during this activity and (c) a description of the students' actions during this activity. Participants were not prompted with regard to how many lesson activities they should include and how many should include the use of digital technologies.

Included types of learning activities

The first coding scheme differentiated between four types of student learning activities listed by the participants. The learning activity coding scheme consisted of four codes based on the ICAP framework (Chi & Wylie, 2014): (1) passive, (2) active, (3) constructive and (4) interactive (see Table 1). Coding examples were derived from a classroom study by Chi et al. (2018).

Table 1. Coding scheme for type of learning activity.

Code	Name	Examples
1	Passive	<i>'students attentively watch a video', 'students listen to a podcast', 'students read material'</i>
2	Active	<i>'students copy notes from the blackboard', 'online search for politician', 'students have to fill in gaps'</i>
3	Constructive	<i>'each student develops quiz questions', 'drawing a schema', 'students have to compare their results to worked example'</i>
4	Interactive	<i>'students develop ideas for a project in groups', 'experiment in groups', 'students prepare a presentation in pairs'</i>

As participants often mentioned several learning activities within the lesson activities they outlined, two independent coders performed content segmentation of each lesson activity using the coding categories to define segments. Only learning-relevant activities performed by

students were considered. Interrater agreement between two independent coders for the number of learning activities per listed lesson activity based on 36% of the data was good, ICC (2,1) = .74. The rest of the data was segmented by one coder. 33% of the segments were then coded by two independent coders with regard to the four different learning activities. Interrater reliability here was also sufficient, Cohen's κ = .76. The rest of the data was coded by one coder.

Technology support

The second coding scheme further differentiated the student activities mentioned by participants with respect to the degree to which they applied digital technology. The following categories were applied: (1) activities with no relation to digital technology, (2) activities enhanced with digital technology, (3) activities enhanced with both digital and non-digital technology, and (4) activities in which digital technology was the topic of discussion in the classroom (rather than actually used) (see Table 2). Note that if participants mentioned activities where it was not obvious that a digital tool would be used, these activities were coded as not enhanced with digital technology.

Table 2. Coding scheme for technology support.

Code	Name	Examples
1	No application of digital technology	<i>'students copy notes from the blackboard', 'teacher passes around pictures of different trees'</i>
2	Application of digital technology	<i>'teacher shows YouTube video', 'students perform an online search'</i>
3	Application of digital and non-digital technology	<i>'students can look at pictures, texts and watch videos', 'students copy a text from the whiteboard'</i>
4	Discussing/ talking about digital technology	<i>'results of an online search are presented', 'teacher scaffolds brainstorming on the topic presented in the video'</i>

In applying this classification, 22% of the segments were coded by two independent coders. An acceptable Cohen's κ of .77 was achieved. The remaining segments were coded by only one coder. For further analyses, the second and third categories were collapsed, as were the first and fourth categories. Thus, only the two categories 'non-technology-enhanced' (0) and 'technology-enhanced' (1) were included in the analyses. For the statistical analyses, we also calculated the frequency of each type of technology-enhanced (TE) and non-technology-enhanced (NTE) learning activity (passive-TE, passive-NTE, active-TE, active-NTE, constructive-TE, constructive-NTE, interactive-TE, interactive-NTE) relative to the total number of learning activities.

Control variables

In order to validate the distinction we drew between pre-service teachers and technology-experienced in-service teachers, we further measured (1) participants' general pedagogical knowledge (PK), (2) their self-reported technological pedagogical knowledge (TPK) and (3) their frequency of technology use (see Lee & Tsai, 2010). To test participants' PK, items from the short version of the TEDS-M test (König & Blömeke, 2010) were used. This test assesses knowledge on relevant quality dimensions of teaching, ranging from scaffolding, motivation and assessment to diversity. 22 items had a multiple-choice format (e.g., 'Which causal attribution is particularly beneficial for students' motivation?') and two questions had an open-response format. Participants had to provide three answers to the first and four answers to the second open-response question (e.g., 'What advantages does a station rotation approach in the classroom provide?'). The open responses were coded by two independent coders based on a coding manual provided by König and Blömeke (2010). Interrater agreement was good (Cohen's $\kappa = .79/.80$). The scale's internal consistency was acceptable (Cronbach's $\alpha = .65$). Participants received one point for each correct answer (Max = 29 points).

Participants' self-reported TPK was measured with four items adapted from the original scale by Schmidt et al. (2009; e.g., 'I can choose technologies that enhance students' learning in a lesson'; Cronbach's $\alpha = .62$). Items were measured on a Likert-type scale from don't agree at all (1) to totally agree (5).

Finally, participants were asked to state the amount of time they spend using digital technologies each day from 0-2 hours (1), 2-4 hours (2), 4-6 hours (3), 6-8 hours (4) to more than 8 hours (5).

Statistical analyses

To answer our research questions, we used a MANOVA with frequency of each type of learning activity (passive-NT, active-NT, constructive-NT, interactive-NT, passive-NTE, active-NTE, constructive-NTE, interactive-NTE) as within-subject variables and group (first-year pre-service teachers vs. technology-experienced in-service teachers) as a between-subject variable. A significant MANOVA result was followed up by post-hoc univariate ANOVAs. When the assumptions of normality, equality of variances and covariance matrices were not met, we additionally performed non-parametric tests to confirm the results.

Results

Preliminary analyses

Descriptively, technology-experienced in-service teachers had higher values of PK, TPK and frequency of technology use than first-year pre-service teachers (see Table 3) [Table 3 near here]. T-tests confirmed these differences: Technology-experienced in-service teachers had significantly higher PK scores than first-year pre-service teachers, $t(131) = 5.65, p < .001, d = 1.12$. They also reported a significantly higher TPK, $t(132) = 6.65, p < .001, d = 1.31$, and that they used technology significantly more frequently in their everyday lives, $t(132) = 3.04, p < .01, d = 0.74$, than first-year pre-service teachers. Overall, the reported results seem to warrant treating the two groups as distinguishable from one another in terms of expertise.

Table 3. Means (*M*) and standard deviation (*SD*) for PK (Max = 29), TPK (Max = 5) and frequency of technology use (max. 5) for pre- and in-service teachers.

Variable	First-year pre-service teachers		Technology-experienced in-service teachers	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
PK	17.38	3.43	21.94	3.61
TPK	3.05	0.75	3.86	0.63
Technology use	2.41	0.88	2.97	1.07

Group differences in learning activities

Descriptive statistics regarding the extent to which pre- and technology-experienced in-service teachers included the different types of technology-enhanced and non-technology-enhanced learning activities can be found in Table 4. First-year pre-service teachers had rather high means for passive technology-enhanced and passive non-technology-enhanced learning activities. They also noticeably targeted technology-enhanced active learning activities, while non-technology-enhanced active learning activities were much less frequent. The pre-service teachers had very low values for both technology-enhanced as well as non-technology-enhanced constructive and interactive learning activities. Passive learning activities were also the most common form of technology-enhanced learning activities among the technology-experienced in-service teachers, but to a greater extent than the pre-service teachers. The frequency of technology-enhanced active learning activities was only slightly lower than that of technology-enhanced passive learning activities. Moreover, even though in-service teachers' use of technology-enhanced constructive and interactive learning activities was rather low, it was more pro-

nounced than that of pre-service teachers. In contrast, technology-experienced in-service teachers' pattern for non-technology-enhanced learning activities was comparable to that of pre-service teachers. The standard deviations in both groups were rather large, indicating substantial within-group differences.

Table 4. Means (*M*) and standard deviation (*SD*) for frequency of targeted technology-enhanced and non-technology-enhanced learning activities for pre- and in-service teachers.

Variable	First-year pre-service teachers		Technology-experienced in-service teachers	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Technology-enhanced learning activities	<i>N</i> = 95		<i>N</i> = 26	
Passive	0.54	0.35	0.37	0.28
Active	0.29	0.30	0.28	0.21
Constructive	0.08	0.17	0.20	0.18
Interactive	0.10	0.23	0.16	0.19
Non-technology-enhanced learning activities	<i>N</i> = 84		<i>N</i> = 27	
Passive	0.72	0.32	0.68	0.30
Active	0.16	0.26	0.16	0.27
Constructive	0.06	0.12	0.06	0.12
Interactive	0.06	0.20	0.10	0.24

A MANOVA showed a significant, large effect of group on learning activities, $F(8,125) = 2.89, p < .01$, part. $\eta^2 = .16$, Wilk's $\Lambda = .84$. Post-hoc univariate ANOVAs further revealed that technology-experienced in-service teachers significantly less often proposed technology-enhanced passive learning activities than pre-service teachers, $F(1,132) = 6.89, p = .01$, part. $\eta^2 = .05$. In contrast, technology-experienced in-service teachers exhibited a significantly higher frequency of technology-enhanced constructive learning activities, $F(1,132) = 8.61, p < .01$, part. $\eta^2 = .06$, and interactive learning activities, $F(1,132) = 4.03, p = .05$, part. $\eta^2 = .03$. All other differences were not significant, all $F(1, 132) < 1.34, p > .05$. Non-parametric tests confirmed these results (passive-TE: $U = 1203.00, Z = -2.71, p < .01$; constructive-TE: $U = 1224.50, Z = -3.27, p < .01$; interactive-TE: $U = 1434.50, Z = -1.98, p = .05$; others: $U > 1602.50, Z > -0.78, p > .05$).

Qualitative differences between pre-service teachers and technology-experienced in-service teachers

The quantitative findings demonstrated that pre-service teachers and technology-experienced in-service teachers targeted technology-enhanced learning activities to different degrees. In

contrast, their pattern of non-technology-enhanced learning activities did not seem to differ on average.

In order to illustrate these findings and draw more detailed conclusions for future curricular interventions to support pre-service teachers' development of TPK, we selected lesson plans from five pre-service teachers (semester: $M=1.40$, $SD=0.55$) and five technology-experienced in-service teachers (median: 6-10 years of teaching experience) that exhibited the most typical patterns of learning activities in each respective group according to the quantitative findings. In other words, the selected participants had the smallest overall differences between their personal means for each learning activity variable and the respective group median for each learning activity variable. The results of our analysis are summarized in Table 5.

Table 5. Characteristics of lesson plans by five pre-service teachers and five in-service teachers.

Categories	First-year pre-service teachers	Technology-experienced in-service teachers
Surface characteristics	6 learning activities 75-210 words Content-specific Moderate technology use	8 learning activities 199-304 words Content-independent
Passive learning activities	Introductory classroom activities Transmission of information (TE) Open-ended whole-class activities (NTE)	Student presentations (TE)
Active learning activities	Quizzes (TE) Taking notes (TE, NTE)	Online search (TE)
Constructive learning activities		Preparation of digital presentations (TE)
Interactive learning activities		Creation of products (TE)
Further characteristics	Teachers as managers	Teachers as learning guides Standard technologies

Note. TE = technology-enhanced; NTE = non-technology-enhanced.

Surface characteristics

With regard to surface characteristics, technology-experienced in-service teachers seemed to have envisioned slightly more *learning activities* (on average 8) than pre-service teachers (on average 6). In contrast, technology-experienced in-service teachers' lesson plans were considerably briefer, containing between 75 and 210 fewer words than those of pre-service teachers, which contained between 199 and 304 words except for one lesson plan with 63 words (in the original language). A reason for this variation might be found in another characteristic

on which the pre- and in-service teachers' lesson plans differed: While four in-service teachers (IST1, IST2, IST3, IST5) out of the five in-service teachers' lesson plans did not refer to any specific *content*, but rather seemed to represent a more general lesson description applicable to various topics, most of the pre-service teachers' (PST1, PST2, PST3, PST4) lesson plans were more specific about and adapted to the topic to be taught. Thus, the in-service teachers' ideal lesson plans demonstrate a more abstract internal cognitive script (Fischer et al., 2013) for a technology-enhanced lesson, which they have acquired based on their extensive experience and might function as a general structure to be filled with content. In comparison, pre-service teachers might have simply referred to concrete lesson examples they have already experienced and/or built a lesson from scratch.

The *proportion of technology-enhanced learning activities* was around two-thirds in both groups, indicating a moderate level of technology use, which seems preferable to heavy technology use with respect to students' learning outcomes according to existing empirical research (Schmid et al., 2014). However, as mentioned earlier, the kind of technology or learning activities implemented seem to be of greater importance for students' learning.

Passive learning activities

In terms of deep structure, passive learning activities were most frequent in both pre-service teachers' as well as technology-experienced in-service teachers' lesson plans. Nevertheless, the in-service teachers included technology-enhanced passive learning activities less often than pre-service teachers.

Qualitatively, we further noticed that passive learning activities most frequently included as an *introductory classroom activity* by both pre-service teachers and in-service teachers (except for PST2 and IST5). However, while the majority of pre-service teachers explicitly mentioned videos as a medium (e.g., PST1, PST2, PST4), most technology-experienced in-service teachers spoke merely of a stimulus, leaving the intended medium open (abstract internal script; IST1, IST2, IST3). Moreover, both pre- and in-service teachers also included passive learning activities in the remainder of the described classroom activities, mostly in the form of *whole-class activities*. These activities are generally understood as passive learning activities (see Chi & Wylie, 2014) due to the fact that only a relatively small number of students are engaged in a non-passive type of learning activity.

However, pre- and in-service teachers differed regarding the kind of technology-enhanced passive learning activities they included. Three of the in-service teachers' lesson plans in-

volved technology-enhanced *student presentations* in the context of an individual or group activity focused on researching and working through content material (IST1, IST2, IST3). Interestingly, IST2 saw potential to enrich the student presentations by including an online quiz created by the students in their groups. Thus, the in-service teachers' passive learning activities at least integrate the passive learning mode with higher-quality modes of learning activities, ranging from active to interactive (e.g., a group activity). The pre-service teachers' lesson plans only mentioned technology-enhanced student presentations once (PST4). Their lesson plans were instead characterized by the *technology-enhanced transmission* of information (PST2: teacher presentation; PST3: video). However, the in-service teachers' lesson plans also exhibited transmission features (IST3: teacher presentation, IST5: video).

The pre- and in-service teachers do not seem to differ much concerning non-technology-enhanced passive learning activities. A typical pattern seems to emerge in both pre- and in-service teachers' lesson plans, as non-technology enhanced passive learning activities in both groups mostly consisted of *open-ended, less structured whole-class activities* such as brainstorming (IST2), reflection (IST1) and discussion (PST2, PST4) formats. Again, this type of activities is classified as passive due to the fact that only a relatively small number of students are engaged in a non-passive type of learning activity. Consequently, teachers seem to see technology's potential for more clearly defined passive learning activities rather than for more open passive whole-class learning formats.

Active learning activities

Active learning activities were the second most mentioned type of learning activities by both pre- and in-service teachers. This was true for both technology-enhanced and non-technology-enhanced learning activities, even though technology-enhanced active learning activities were much more common than non-technology-enhanced passive learning activities.

With regard to technology-enhanced active learning activities, *quizzes* were frequently mentioned in both groups (PST3, PST4, IST2, IST3, IST4). It seems that this format enjoys great popularity irrespective of technology-enhanced teaching experience. Apart from that, pre-service teachers were also rather inclined to have students *take notes* on the presented content, which concerned not only technology-enhanced learning activities (PST2: taking notes on a video; PST5: copying content presented via digital projector), but also non-technology-enhanced learning activities (PST2, PST3: copying notes from a blackboard). A common feature of technology-experienced in-service teachers' ideal lesson plans was to have students perform *online searches for information* (IST1, IST2, IST3). Thus, overall, it seems that pre-service

teachers tended to opt for more teacher-guided, highly-structured active learning activities, whereas in-service teachers more frequently proposed more student-regulated active learning activities. The latter can be considered more promising with regard to students' acquisition of 21st century skills (Partnership for 21st Century Skills, 2019), as long as teachers provide adequate support (Lazonder & Harmsen, 2016; see also the section on further characteristics).

Constructive learning activities

The quantitative results showed that both pre- and in-service teachers rather seldomly mentioned constructive learning activities. However, technology-experienced in-service teachers referred to technology-enhanced constructive learning activities more often than pre-service teachers.

In line with these results, a technology-enhanced constructive learning activity was only mentioned once by a pre-service teacher (PST4: creating a mind map). In contrast, three out of the five in-service teachers (IST1, IST2, IST5) described technology-enhanced constructive learning activities, while two even included two constructive activities each (IST1: summarizing material, preparing a presentation; IST2: preparing a presentation, developing quiz questions). What these two lesson plans had in common was having students prepare *digital presentations* (see also the section on passive learning activities).

Furthermore, it was striking that none of the selected pre- and in-service teachers included *any purely non-technology-enhanced constructive learning activities*. Thus, it seems that in technology-enhanced classrooms, digital tools might be increasingly superseding paper-and-pencil formats when it comes to engaging students in the development of learning products.

Interactive learning activities

The quantitative results for interactive learning activities are comparable to those for constructive learning activities. Both technology-enhanced and non-technology-enhanced learning activities of this type were mentioned least often by both pre- and in-service teachers, although technology-enhanced interactive learning activities were more common in in-service teachers' lesson plans than pre-service teachers' lesson plans.

Once again, only one pre-service teacher (PST2) mentioned an interactive (technology-enhanced) learning activity, making it rather difficult to draw comparisons between pre- and in-service teachers with regard to the nature of these activities. Nevertheless, while PST2 only envisioned having students compare their results, the activities mentioned by the three in-service teachers (IST3, IST4, IST5) again seemed to be more open-ended and creative challenges,

as they involved having students create a product together (IST3: presentation, IST4: quiz questions, IST5: dialogue). Similar to constructive learning activities, all of the interactive learning activities mentioned (with the exception of one in-service teacher (IST5) were technology-enhanced. However, technology served as an information resource (PST2, IST4) or as a means of creating a learning product (IST3, IST4) rather than to support students' collaboration (see also section on further characteristics).

Further characteristics

Alongside the differences and commonalities between pre- and in-service teachers' lesson plans just described, two other characteristics seem worth noting:

First, while our analysis primarily focused on student activities, we also uncovered differences between pre- and in-service teachers regarding the envisioned *teacher activities*. In most of the pre-service teachers' lesson plans, the anticipated role of the teacher seemed to be to instruct students in the sense of providing students with content and/or tasks to complete. This was particularly apparent when digital tools came into play (e.g., PST1: "teacher can give his students the opportunity to dive more deeply into the topic via computer learning games"; PST2: "The teacher withdraws and listens to the presentations"; PST4: "teacher can share a link to a quiz"). Given the pre-service teachers' failure to further elaborate on teacher behaviour during such activities, one might assume that these pre-service teachers do not see the need for any teacher action, as the tool "takes over". In contrast, in-service teachers were more likely to specify teacher actions and stress the teacher's role as a learning guide who supports students during their engagement in technology-enhanced learning activities (e.g., IST1: "support in case of problems"; IST2: "teacher assists students as they work on their presentations", "teacher gives advice on how to collect information"; IST3: "supporting the presentations").

A second characteristic of the lesson plans we noted was rather similar between pre- and in-service teachers' lesson plans, namely the *types of technology envisioned*. Contrary to expectations, we did not observe that technology-experienced in-service teachers use different, more innovative or more diverse technology in the classroom than pre-service teachers. Even technology-experienced teachers' lesson plans primarily employed rather basic digital tools such as presentation software, search engines, quiz software, and digital content such as videos or images. However, there are many more possibilities for employing technology in instruction, particularly when it comes to constructive and interactive learning activities.

Discussion

Digital technology is attributed great potential to improve students' learning in schools. In order to exploit this potential, it is essential that pre-service teachers acquire TPACK in order to effectively promote learning activities that are associated with a deep understanding of the subject matter. We argue that future curricular interventions aiming to successfully support pre-service teachers' TPACK development should consider empirical evidence on technology-experienced in-service teachers' TPACK as a possible target state. In doing so, and in accordance with suggestions to adapt the TPACK framework to 21st century learning, we suggested drawing upon the learner-centred ICAP model by Chi and Wylie (2014), as it defines different observable learning activities and possible relations to students' learning outcomes. Consequently, in this study, we investigated TPK in the form of ideal lesson plans reported by first-year pre-service teachers and technology-experienced in-service teachers and identified differences in the types of technology-enhanced and non-technology-enhanced learning activities included. Our quantitative and qualitative results only partially confirmed the hypothesized differences between pre- and in-service teachers. In this section, we elaborate on the results in more detail.

Regarding the effect of technology-related teaching expertise on technology-enhanced learning activities (RQ1), we found that technology-experienced in-service teachers envision significantly fewer passive and significantly more constructive and interactive learning activities than pre-service teachers. Consequently, our findings only partially confirm our hypothesis as well as prior research on teaching experience (Backfisch et al., 2020; Hughes et al., 2020; Meskill et al., 2002) and its positive effects on teachers' cognitive and behavioral processes. While Hughes et al. (2020) found that in-service teachers also more strongly focus on active learning activities, this was not the case in our study. Nevertheless, this finding may not come as a surprise when considering the different contextual characteristics of the study of Hughes et al. (2020) and our study (e.g., the different samples, see also theoretical background).

That being said, it seems that in-service teachers have collected experiences indicating that student engagement in higher-level technology-enhanced learning activities is associated with better learning, and thus seem to direct their attention to promoting such activities via technology. The qualitative analyses particularly point to a large number of more open-ended, student-regulated activities among in-service teachers. In contrast, pre-service teachers have less knowledge and experience with technology's learning potential than technology-experienced in-service teachers and seem to be more focused on the technology itself than on students' learning processes. This became especially apparent in the qualitative analyses. The observation

that pre-service teachers' lesson plans envision teachers as managers and in-service teachers' lesson plans envision teachers as learning guides aligns well with Meskill et al. (2002), who found that technology-experienced in-service teachers in contrast to pre-service teachers understand students rather than technology as the agents of learning and focus more on the learning process than learning products.

However, with regard to the second research question, the descriptive differences between pre- and in-service teachers' use of non-technology-enhanced learning activities were rather small and non-significant. One might assume that expertise in teaching with technology encompasses largely context-specific experiences and knowledge and may thus not be easily transferable to non-technology-enhanced activities (see domain specificity of expertise; Ericsson & Lehmann, 1996). On the other hand, technology-experienced in-service teachers might also aim for a balance of different types of technology-enhanced and non-technology-enhanced learning activities. While the in-service teachers envisioned various learning activities WITH technological support, they mostly included passive learning activities WITHOUT technological support. This leads to an open question upon which the ICAP model (Chi & Wylie, 2014) is silent: What would an ideal implementation and balance of learning activities look like in classrooms? To what degree is it necessary to intersperse a lesson with at least some passive and active learning activities when tackling a new domain or topic? These questions could be interesting research avenues for future studies.

Nevertheless, based on the qualitative comparisons of pre-service teachers' and technology-experienced in-service teachers' ideal lesson plans and the included technology-enhanced learning activities, we suggest that efforts to facilitate pre-service teachers' TPK development should particularly encourage pre-service teachers to consider open-ended, student-regulated activities as productive technology-enhanced learning activities. For example, several in-service teachers suggested having students prepare student products on a particular topic. This kind of approach targets 21st century skills ranging from creative thinking, collaborating and communicating with others to accessing, evaluating, and using information, creating media products, and self-directed working (Partnership for 21st Century Learning, 2015). However, the in-service teachers' lesson plans also indicate that when providing students with such challenging tasks, it is also necessary for pre-service teachers to understand teachers' role as learning guides, who not only present materials or tasks, but also support students in their technology-enhanced learning process (Kollar et al., 2011). This kind of support probably will not be accomplished by technology itself in the near future.

Limitations and conclusion

Several limitations must be addressed which might diminish the explanatory power of the study. First, even though we tested for knowledge-relevant differences between groups, the sample of teachers might have been biased. Thus, we recommend assessing components beyond PK, TPK and frequency of technology use to further assess to what extent pre-service teachers and in-service teachers differ from each other and to potentially identify key variables beyond teaching experience that may contribute to the differences we found in our study.

Furthermore, data on learning activities were only analysed on the level of lesson plans. Such an approach that only prompts teachers to describe a set of activities might not represent a constructivist methodology itself and might have led teachers to understand teaching with technology as a rather fixed sequence of activities that can be applied to all kinds of teaching situations. In turn, associations with actual teaching practices can only be assumed, as teachers' reasoning in lesson plans might overestimate their actual TPK in practice (Heitink et al., 2016; Heitink et al., 2017). Thus, while teachers' reasoning in the form of their lesson plans can illustrate the potential of the envisioned learning activities for actual teaching, it should not be equated with actual teaching. Future studies should thus also consider teachers' reasoning about the kinds of learning processes on the side of students that might be associated with certain teaching activities and investigate real-life teaching situations involving the use of digital technologies.

Finally, it should be noted that the ICAP model has been subject to criticism (e.g., Renkl, 2015). The assumption that visible learning activities can be directly associated with cognitive processes is regarded as problematic. Moreover, empirical results from other research fields such as learning with worked examples show that seemingly passive learning activities might in some instances be more effective than more "active" types of learning activities (Renkl, 2015). Nevertheless, the fact that we found differences between first-year pre-service teachers and technology-experienced in-service teachers in the extent to which they envisioned employing the different activities proposed by Chi (2009) lends some validity to (at least) the assumptions about the significance of certain learning activities for student learning.

Despite these shortcomings, this study of pre- and in-service teachers' envisioned learning activities was helpful in revealing potential targets for curricular interventions to support pre-service teachers' TPK development. It seems necessary to help pre-service teachers effectively use the potential of digital technologies to evoke certain constructive and interactive learning activities and related cognitive processes. One promising approach to achieve this aim is

to scaffold pre-service teachers' pedagogical reasoning skills or professional vision skills (noticing and knowledge-based reasoning processes) by having them analyze videos of actual teachers and students interacting with digital technology in the classroom (e.g. Seidel, Blomberg & Renkl, 2013) based on empirically-grounded models such as the ICAP model. However, such a knowledge-based intervention approach should be further enhanced by addressing students' positive attitudes towards passive learning activities (see Schmid, U. et al., 2017). We therefore suggest considering models such as the technology acceptance model (e.g., Venkatesh & Bala, 2008), which point the way to increasing pre-service teachers' acceptance of more innovative digital technologies that afford constructive and interactive learning activities by having pre-service teachers experience their usability and potential value for stimulating deep learning processes. This could support teachers' development of effective technology-enhanced teaching scenarios, which in turn may lead them to modify their teaching practices.

References

- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT–TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52(1), 154–168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.006>
- Auerbach, A. J., Higgins, M., Brickman, P., & Andrews, T. C. (2018). Teacher knowledge for active-learning instruction: Expert-novice comparison reveals differences. *CBE Life Sciences Education*, 17(1). <https://doi.org/10.1187/cbe.17-07-0149>
- Backfisch, I., Lachner, A., Hische, C., Loose, F., & Scheiter, K. (2020). Professional knowledge or motivation? Investigating the role of teachers' expertise on the quality of technology-enhanced lesson plans. *Learning and Instruction*, 66, 101300. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101300>
- Berliner, D. C. (2004). Describing the behavior and documenting the accomplishments of expert teachers. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24(3), 200-212. <https://doi.org/10.1177/0270467604265535>
- Brantley-Dias, L. & Ertmer, P. A. (2013). Goldilocks and TPACK. Is the construct 'just right?'. *Journal of Research on Technology in Education*, 46(2), 103-128. <https://doi.org/10.1080/15391523.2013.10782615>
- Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., López-Valpuesta, L., Sanz-Díaz, M. T., & Yñiguez, R. (2016). Measuring the effect of ARS on academic performance: A global meta-

- analysis. *Computers & Education*, 96, 109-121.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.007>
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C.-C. (2013). A review of technological pedagogical content knowledge. *Educational Technology & Society*, 16(2), 31-51.
<https://www.jstor.org/stable/10.2307/jeductechsoci.16.2.31>
- Chauhan, S. (2017). A meta-analysis of the impact of technology on learning effectiveness of elementary students. *Computers & Education*, 105, 14-30.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.11.005>
- Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 88-113. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.001>
- Chi, M. T. (2006). Two approaches to the study of experts' characteristics. In K. Ericsson, N. Charness, P. Feltovich & R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance* (Cambridge Handbooks in Psychology, pp. 21-30). Cambridge University Press.
- Chi, M. T. (2009). Active-Constructive-Interactive: A Conceptual Framework for Differentiating Learning Activities. *Topics in Cognitive Science* 1(1), 73-105.
<https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2008.01005.x>
- Chi, M. T. H., Adams, J., Bogusch, E. B., Bruchok, C., Kang, S., Lancaster, M., Levy, R., Li, N., McEldoon, K. L., Stump, G. S., Wylie, R., Xu, D., & Yaghmourian, D. L. (2018). Translating the ICAP theory of cognitive engagement into practice. *Cognitive Science*, 42(6), 1777-1832. <https://doi.org/10.1111/cogs.12626>
- Chi, M. T., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219-243.
<https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- Chien, Y.-T., Chang, Y.-H., & Chang, C.-Y. (2016). Do we click in the right way? A meta-analytic review of clicker-integrated instruction. *Educational Research Review* 17, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.10.003>
- Ericsson, K. A., & Lehmann, A. C. (1996). Expert and exceptional performance: Evidence of maximal adaptation to task constraints. *Annual Review of Psychology*, 47(1), 273-305.
<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.47.1.273>
- Fischer, F., Kollar, I., Stegmann, K. & Wecker, C. (2013). Toward a script theory of guidance in computer-supported collaborative learning. *Educational Psychologist*, 48(1), 56-66.
<https://doi.org/10.1080/00461520.2012.748005>

- Harris, J., Grandgenett, N., & Hofer, M. J. (2010). Testing a TPACK-based technology integration assessment rubric. In C. D. Maddux, D. Gibson, & B. Dodge (Eds.), *Research Highlights in Technology and Teacher Education 2010* [E-reader version] (pp. 323-331). <http://publish.wm.edu/bookchapters/6>
- Heitink, M., Voogt, J., Verplanken, L., van Braak, J., & Fisser, P. (2016). Teachers' professional reasoning about their pedagogical use of technology. *Computers & Education*, 101, 70-83. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.009>
- Heitink, M., Voogt, J., Fisser, P., Verplanken, L., & van Braak, J. (2017). Eliciting teachers' technological pedagogical knowledge. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3). <https://doi.org/10.14742/ajet.3505>
- Hughes, J. E., Cheah, Y. H., Shi, Y., & Hsiao, K.-H. (2020). Preservice and inservice teachers' pedagogical reasoning underlying their most-valued technology-supported instructional activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 1-20. <https://doi.org/10.1111/jcal.12425>
- Janssen, J., & Bodemer, D. (2013). Coordinated computer-supported collaborative learning: Awareness and awareness tools. *Educational Psychologist*, 48(1), 40-55. <https://doi.org/10.1080/00461520.2012.749153>
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge?. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70. <https://www.learntechlib.org/primary/p/29544/>
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Lim, W. Y. (2017). Teacher professional development for TPACK-21CL: Effects on teacher ICT integration and student outcomes. *Journal of Educational Computing Research*, 55(2), 172-196. <https://doi.org/10.1177/0735633116656848>
- Kollar, I., Wecker, C., Langer, S., & Fischer, F. (2011). Orchestrating web-based collaborative inquiry learning with small group and classroom scripts. In H. Spada, G. Stahl, N. Miyake & N. Law (Eds.), *Connecting Computer-Supported Collaborative Learning to Policy and Practice: CSCL2011 Conference Proceedings, Volume 1 - Long Papers* (pp. 422-429). International Society of the Learning Sciences. <https://repository.isls.org/bitstream/1/2479/1/422-429.pdf>
- König, J., & Blömeke, S. (2010). *Pädagogisches Unterrichtswissen: Dokumentation der Kurzfassung des TEDS-M-Testinstruments zur Kompetenzmessung in der ersten Phase der*

- Lehrerbildung* [General pedagogical knowledge: Documentation of the short version of the TEDS-M test instrument for competence measurement in the first phase of teacher education]. Humboldt-Universität.
- Law, N., & Chow, A. (2008). Teacher characteristics, contextual factors, and how these affect the pedagogical use of ICT. In N. Law, & T. Plomp (Eds.), *Pedagogy and ICT Use* (pp. 181–219). Springer.
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning. *Review of Educational Research*, 86(3), 681-718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lee, M.-H., & Tsai, C.-C. (2010). Exploring teachers' perceived self efficacy and technological pedagogical content knowledge with respect to educational use of the World Wide Web. *Instructional Science*, 38(1), 1-21. <https://doi.org/10.1007/s11251-008-9075-4>
- Menekse, M., Stump, G. S., Krause, S., & Chi, M. T. (2013). Differentiated overt learning activities for effective instruction in engineering classrooms. *Journal of Engineering Education*, 102(3), 346-374. <https://doi.org/10.1002/jee.20021>
- Meskill, C., Mossop, J., DiAngelo, S., & Pasquale, R. K. (2002). Expert and novice teachers talking technology: Precepts, concepts, and misconcepts. *Language Learning & Technology*, 6(3), 46-57. <https://doi.org/10.125/25176>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Olofson, M. W., Swallow, M. J. C., & Neumann, M. D. (2016). TPACKing: A constructivist framing of TPACK to analyze teachers' construction of knowledge. *Computers & Education*, 95, 188–201. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.010>
- Palmer, D. J., Stough, L. M., Burdinski, J. T. K., & Gonzales, M. (2005). Identifying teacher expertise: An examination of researchers' decision making. *Educational Psychologist*, 40(1), 13-25. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4001_2
- Partnership for 21st Century Learning (2015). *P21 framework definitions*. http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Definitions_New_Logo_2015_9pgs.pdf
- Partnership for 21st Century Learning (2019). *Framework for 21st century learning: A unified vision for learning to ensure student success in a world where change is constant and learning never stops*. http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Brief.pdf

- Renkl, A. (2015). Different roads lead to Rome: The case of principle-based cognitive skills. *Learning: Research and Practice*, 1(1), 79-90.
<https://doi.org/10.1080/23735082.2015.994255>
- Scherer, R., Tondeur, J. & Siddiq, F. (2017). On the quest for validity: Testing the factor structure and measurement invariance of the technology-dimensions in the Technological, Pedagogical, and Content Knowledge (TPACK) model. *Computers & Education*, 112, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.012>
- Schmid, R. F., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Tamim, R. M., Abrami, P. C., Surkes, M. A., Wade, C. A., & Woods, J. (2014). The effects of technology use in postsecondary education: A meta-analysis of classroom applications. *Computers & Education*, 72, 271-291. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.11.002>
- Schmid, U., Goertz, L., Radomski, S., Thom, S., & Behrens, J. (2017). *Monitor Digitale Bildung: die Hochschulen im digitalen Zeitalter* [Monitor digital education: Universities in the digital age]. Bertelsmann Stiftung. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/DigiMonitor_Hochschulen_final.pdf
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123-149.
<https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782544>
- Seidel, T., Blomberg, G., & Renkl, A. (2013). Instructional strategies for using video in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 34(1), 56-65.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.004>
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Lehrke, M., Müller, C. T., & Rimmle, R. (2002). „Jetzt bitte alle nach vorne schauen!“ – Lehr-Lernskripts im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse [“Please look ahead now!” – Teaching and learning scripts in physics instruction and related prerequisites for individual learning processes]. *Unterrichtswissenschaft*, 30(1), 52-77.
- Shulman, L. S. (1986). Paradigms and research programs in the study of teaching: A contemporary perspective. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 3-35). MacMillan.

- Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs (2019). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften* [Standards for teacher education: Educational Sciences]. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf
- Sung, Y.-T., Chang, K.-E., & Liu, T.-C. (2016). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. *Computers & Education*, 94, 252-275. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.008>
- Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., & Schmid, R. F. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning: A second-order meta-analysis and validation study. *Review of Educational Research*, 81(1), 4-28. <https://doi.org/10.3102/0034654310393361>
- U.S. Department of Education. (2016). *Advancing educational technology in teacher preparation: Policy brief*. <https://tech.ed.gov/files/2016/12/Ed-Tech-in-Teacher-Preparation-Brief.pdf>
- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a research agenda on interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273–315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>
- Voogt, J., Fisser, P., Tondeur, J. & van Braak, J. (2016). Using theoretical perspectives in developing an understanding of TPACK. In M. Herring, M. J. Koehler & P. Mishra (Eds.). *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (2nd ed.) (pp. 33–51). Routledge.
- Wecker, C., Stegmann, K., & Fischer, F. (2012). Lern- und Kooperationsprozesse: Warum sind sie interessant und wie können sie analysiert werden? [Learning and collaboration processes: Why are they interesting and how can we analyze them?] *REPORT - Zeitschrift für Weiterbildungsforschung*, 35(3), 30–41. <https://doi.org/10.3278/REP1203W030>
- Willermark, S. (2018). Technological pedagogical and content knowledge: A review of empirical studies published from 2011 to 2016. *Journal of Educational Computing Research*, 56(3), 315–343. <https://doi.org/10.1177/0735633117713114>

Anhang B: Fachartikel II zur Studie TPK und Lernerfolg

Titel des Fachartikels:	Using Digital Technology to Promote Higher Education Learning: The Importance of Different Learning Activities and Their Relations to Learning Outcomes
Autor*innen:	Christina Wekerle, Martin Daumiller & Ingo Kollar
Erstautorin:	Christina Wekerle
Eingereicht in:	Journal of Research on Technology in Education
Status:	publiziert

Referenz:

Wekerle, C., Daumiller, M., & Kollar, I. (2020). Using digital technology to promote higher education learning: The importance of different learning activities and their relations to learning outcomes. *Journal of Research on Technology in Education*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1799455>

Using Digital Technology to Promote Higher Education Learning: The Importance of Different Learning Activities and Relations to Learning Outcomes

This is an Accepted Manuscript of an article published by Taylor & Francis in *Journal of Research on Technology in Education* on 14 August 2020, available online: <https://www.tandfonline.com/10.1080/15391523.2020.1799455>

Abstract

Digital technologies can have positive effects on student learning in higher education. Based on the ICAP framework, they should be particularly effective when teachers use them to encourage student engagement in constructive and interactive as opposed to passive and active learning activities. Using a sample of 381 higher education students, we investigated if student engagement in these activities depends on whether technologies are implemented in class or not, and how engagement in these activities affects learning outcomes. Results indicated that when technologies were implemented in class, students felt encouraged to engage in more constructive, but also in more passive and active activities as compared to when no technologies were used. Furthermore, student engagement in active, constructive, and interactive activities was positively associated with learning outcomes.

Keywords: technology-supported learning, ICAP, TPACK, learning activities

Problem statement

Not just since the Covid19 pandemic, the digitalization of higher education systems has been considered a powerful means to promote student learning. However, promoting student learning does not appear to be a question of *what* types of technology are used, but rather *how* technology is used (Chien et al., 2016; R. F. Schmid et al., 2014; Tamim et al., 2011). Thus, higher education teachers' knowledge about how to effectively use technology in their courses (Technological Pedagogical Content Knowledge, or, in short: TPACK; Koehler & Mishra, 2008; Mishra & Kohler, 2006) seems to play a crucial role for a successful implementation of technology in higher education classrooms. In line with constructivist, learner-centered assumptions, the Interactive Constructive Active Passive framework (ICAP; Chi, 2009; Chi et al., 2018; Chi & Wylie, 2014) proposes that the effectiveness of digital technologies depends on the degree to which they prompt student engagement in constructive and interactive learning activities. Even though technology use in the higher education context has been of interest recently (Bond et al., 2018; Galanek et al., 2018; Marcelo et al., 2015; Newman & Beetham, 2017; Newman et al., 2018; U. Schmid et al., 2017), it remains unclear whether teaching in higher education proves to be more learner-centered when technology is used compared to when it is not used. In addition, up to now, studies in the context of the ICAP framework have only considered associations between different types of learning activities on the one hand and students' acquisition of domain-specific knowledge on the other hand, but not yet of 21st century cross-domain skills (i.e., skills and strategies such as self-regulated learning that have a broad range of applications across different domains; Vogel et al., 2017) relevant to students' adaptation to future work environments.

Given this background, we pursued two research goals with the present study. Firstly, we investigated the degree to which higher education students actually feel encouraged by their higher education teachers to engage in different types of learning activities in technology-supported course phases as compared to non-technology-supported course phases. The second aim was to explore the effects of students' engagement in different types of technology-supported and non-technology-supported learning activities on students' acquisition of domain-specific knowledge and cross-domain skills.

Higher education teachers' TPACK

As meta-analytic results illustrate (Chien et al., 2016; R. F. Schmid et al., 2014; Tamim et al., 2011), an important precondition for positive effects of technology use on students' learning

outcomes seems to be higher education teachers' knowledge about how to effectively implement technology in higher education courses. To this end, Mishra and Koehler (2006, also Koehler & Mishra, 2008) introduced the *TPACK* framework. TPACK refers to teachers' integrated knowledge of technological (TK), pedagogical (PK), and content knowledge (CK) that goes beyond each of the individual (TK, PK, CK) and combined knowledge components (PCK, TCK, TPK). As such, it is understood as knowledge on how different types of digital technologies can enhance or impede different representations of content as well as teaching and learning processes.

The TPACK framework has gained a lot of attention and recognition in the teacher research community (Herring et al., 2016). As Harris et al. reported in 2017, more than 1.200 publications were based on the TPACK framework thus far. Most TPACK-inspired research until now can be characterized by the three following aspects:

Firstly, a lot of research has been dedicated to determine how well TPACK is developed among in- and pre-service teachers. However, research on higher education teachers' TPACK is still rare (Chai et al., 2016; Herring et al., 2016; Willermark, 2018; Wu, 2013). Secondly, research on TPACK is predominantly based on self-report measures (Chai et al., 2016; Koehler et al., 2012; Voogt et al., 2013; Willermark, 2018) that assess teachers' knowledge outside of actual teaching situations. Much less is known on how teachers bring their TPACK to bear in their actual classroom practice (Willermark, 2018). The studies that looked into how technology is actually used in higher education classrooms (Bond et al., 2018; Galanek et al., 2018; Marcelo et al., 2015; Newman & Beetham, 2017; Newman et al., 2018; U. Schmid et al., 2017), in turn, mostly focused on technology-supported teaching itself, i.e. without comparing it to non-technology-supported teaching at the same time. Yet, in order to clarify whether the potentials of technology are actually used in higher education settings, it is necessary to take intrapersonal differences between technology- and non-technology-supported teaching into account. And thirdly, with its emphasis on the role teachers' TPACK plays for students' acquisition of domain-specific knowledge, the TPACK framework does not provide any guidance on the question how teachers can use technology in classrooms in order to enhance students' 21st century skills (Brantley-Dias & Ertmer, 2013), such as creative thinking and collaborative learning (Partnership for 21st Century Learning, 2015, 2019). This is surprising, given that digital technologies are often said to hold particular potentials for the acquisition of such skills (D. Clark et al., 2010). Against this background, many researchers suggest to complement the TPACK framework by adopting a more learner-centered, constructivist perspective on TPACK (Angeli & Valanides, 2009; Chai et al., 2013; Koh et al., 2017; Olofson et al., 2016). Such a perspective

has recently been developed by Chi and colleagues in their so-called *ICAP* framework (Chi, 2009; Chi et al., 2018; Chi & Wylie, 2014), which will be described in the next section.

A learning activity perspective on technology-supported teaching

The ICAP framework of Chi and Wylie (2014) differentiates between four types of overt learning activities and associated knowledge-change processes and their impact on the subsequent acquisition of domain-specific knowledge: passive, active, constructive, and interactive. Learning activities are understood as *passive* when no overt learning behavior of a student can be observed while dealing with the learning material at hand (e.g., watching an online video). At the cognitive level, this type of engagement is assumed to mainly afford isolated information-storing processes and allows for not much more than mere recall of information, particularly in identical contexts. Yet, transfer and application of this knowledge to new situations will typically still be difficult. An *active* type of engagement refers to motoric and physical interactions with the learning material (e.g., pausing or forwarding an online video). Active learning activities are believed to allow students to integrate new information with their prior knowledge and existing schemes. Thus, active learning activities are assumed to facilitate an application of that knowledge at least in contexts that are similar to the ones in which this knowledge was acquired. *Constructive* activities involve the creation of new knowledge that goes beyond the initially provided learning material (e.g., creating a concept map of online video content). At the cognitive level, an engagement in constructive learning activities is thought to hold the potential to result in inferring new knowledge. This, in turn should often allow for transfer of knowledge to new contexts. Finally, learning activities are defined as *interactive* when two or more learning partners create new learning content together by taking turns during dialogue and thereby referring to each other's utterances (e.g., writing a review of an online video in a small group). This type of engagement is supposed to facilitate learners to infer new knowledge due to the activated and integrated knowledge acquired from the learning material, and due to the additional input provided by the learning partner (e.g., ideas, elaboration, feedback etc.). Optimally, co-inferring of knowledge from discussion should not only allow for a transfer of this knowledge but also a co-creation of new learning products.

As, according to Chi and Wylie (2014), the cognitive processes become increasingly more elaborated from passive to interactive, the ICAP framework leads to the following ICAP hypothesis: Interactive learning activities should facilitate the acquisition of domain-specific knowledge to a higher degree than constructive learning activities. Constructive learning activities in turn should facilitate the acquisition of domain-specific knowledge to a higher degree

than active learning activities. And finally, active learning activities are expected to be stronger associated with the acquisition of domain-specific knowledge than passive learning activities.

Following the ICAP hypothesis, it would be desirable if higher education teachers used technology in their courses in a way that encourages students to engage in more constructive and interactive activities than in active and passive activities. In a large-scale study in Germany, Sailer et al. (2018) asked higher education students to assess to what extent their teachers encouraged them to engage in the different types of learning activities proposed by Chi and Wylie (2014) when technology was used in courses. Over half of the students reported their teachers to at least frequently encourage an engagement in passive learning activities, followed by active learning activities. In contrast, only around one out of ten students indicated their teachers to encourage them to engage in constructive and interactive learning activities.

In line with these results, in a large-scale study in Spain, Marcelo et al. (2015) found higher education teachers to very frequently use technology-supported presentations, followed by technology-supported demonstrations and videos. Note that all these activities typically entail a rather passive role of students. Constructive learning activities, such as the production of digital resources by students, an engagement in complex problem-solving activities, or self-assessment exercises were much rarer. The same was true for interactive learning activities such as collaborative work and the use of discussion forums. Also, a representative German survey on technology-supported learning (U. Schmid et al., 2017) indicated that more than half of the surveyed higher education teachers frequently use technology to present content. But only around one third have students frequently actively work with certain software or work collaboratively. In addition, almost none of the teachers use technology frequently for the moderation of discussions. Similar results were obtained by Newman et al. (2018) with a UK teacher sample.

Taken together, these findings cast doubts on higher education teachers' abilities to use the potentials of digital technology to promote high-quality student learning. Nevertheless, it remains unclear whether higher education teachers engage their students in more high-level learning activities when they use digital technology compared to when they do not in their courses. For the secondary school context, the SITES 2006 study indicated that in many of the participating countries, mathematics and science teachers followed more constructivist teaching principles when they use digital technologies compared to their overall teaching practices (Law & Chow, 2008). Yet, corresponding evidence at the higher education level appears to be missing.

Relations between different (technology-supported) learning activities and the acquisition of domain-specific knowledge and cross-domain skills

Over the past years, first empirical support in favor of the ICAP hypothesis has been found. However, relations between an engagement in the different learning activities and students' learning outcomes have so far been limited to the acquisition of domain-specific knowledge. First of all, the ICAP hypothesis was validated by a reanalysis of around 40 existing experimental and classroom studies in school and higher education settings (Chi, 2009; Chi and Wylie, 2014). However, the included studies only compared some types of learning activities (typically pair-wise), not all. Furthermore, Menekse et al. (2013) conducted two studies within higher education. In the first study, they investigated all types of (non-technology-supported) learning activities in a laboratory setting. In the second study, (non-technology-supported) active, constructive, and interactive learning activities were compared in a classroom setting. Results demonstrated that participants' domain-specific knowledge increased from passive to active to constructive to interactive learning activities in the laboratory setting. In the classroom setting, Menekse et al. (2013) mostly found an engagement in interactive learning activities to be superior than an engagement in active learning activities, but not an engagement in constructive learning activities. However, to our knowledge, no other studies in higher education have systematically investigated the differential effects of the four (non-technology-supported) learning activities in classroom settings so far. Thus, further empirical evidence on whether the ICAP hypothesis holds true in higher education classroom contexts is still pending.

As the instructional use of technology seems to be more relevant than the type of technology used to promote learning (Chien et al., 2016), we argue that the ICAP hypothesis should also apply to technology-supported learning activities. Evidence comes from two empirical studies. First, Wang et al. (2016) analyzed the association of the types of higher education students' contributions in a discussion forum and their learning outcome. They found students' constructive and interactive contributions (measured as one factor) to be related to learning outcome more closely than their active contributions. In a second study, Henderson (2019) investigated the relations of an engagement in passive, constructive and interactive learning activities and learning outcome integrated within a technology-enhanced quiz environment (clicker system). Results illustrated that student engagement in constructive and interactive learning activities predicted learning outcomes better than student engagement in passive learning activities. However, only an engagement in interactive learning activities emerged as a significant predictor. Thus, these findings seem to provide support for the ICAP hypothesis in the higher education context. Yet, none of these two studies included all types of learning activities.

Therefore, in the present study we investigated the degree to which the ICAP hypothesis (Chi and Wylie, 2014) applies to the acquisition of domain-specific knowledge in classroom settings in higher education for non-technology-supported as well as technology-supported learning activities.

Yet, the acquisition of domain-specific knowledge is only one out of several possible and desired outcomes of higher education. Over the past years, both researchers and policy-makers consistently argued that students in higher education are not only expected to acquire domain-specific knowledge in order to prepare for their future work environment, but to also acquire so-called 21st century skills (Partnership for 21st Century Learning, 2015, 2019). Following Vogel et al. (2017), we will label such skills *cross-domain* skills.

Indirect evidence that the ICAP hypothesis might not only hold true for the acquisition of domain-specific knowledge, but also for the acquisition of cross-domain skills comes from research on problem-based learning (PBL). For example, a meta-analysis by Leary (2012) revealed a positive moderate effect of PBL on students' self-regulated learning compared to lecture-based approaches. Since PBL is described as an approach that particularly aims at actively engaging students in problem solving (very often in groups; see Hmelo-Silver, 2004), these effects might be attributed to a high learner engagement in constructive and interactive activities. However, results do not indicate to which degree differences between constructive and interactive learning activities are to be expected.

Further, in two meta-analyses, Chen et al. (2018) and Lou et al. (2001) found a moderate effect of computer-supported collaborative learning (CSCL) on students' cross-domain skills (like collaboration and metacognitive strategies), as compared to individual technology-supported learning. As with PBL though, results on the effects of CSCL only point to differences between interactive and all other three types of learning activities. Hence, on the basis of these results, no certain claims about differential effects between constructive, active, and passive learning activities on the acquisition of cross-domain skills can be made.

In summary, prior research illustrates that the ICAP hypothesis might apply to an engagement in technology-supported and non-technology-supported learning activities. Furthermore, there is preliminary evidence that the ICAP hypothesis might not only apply to the acquisition of domain-specific knowledge, but also to the acquisition of cross-domain skills in the context of higher education. Yet, direct evidence for these effects appears to be lacking so far.

Research questions and hypotheses

We investigated whether higher education students feel encouraged to engage in more constructive and interactive learning activities during technology-supported course phases in higher education compared to non-technology-supported phases. Furthermore, we tested whether the ICAP hypothesis (Chi and Wylie, 2014) can be validated in higher education technology-supported classroom settings and whether it would be applicable to not only the acquisition of domain-specific knowledge, but also the acquisition of cross-domain skills. We therefore investigated the following two research questions:

- (1) What are the effects of technology-supported vs. non-technology-supported teaching phases on the types of learning activities students feel encouraged to engage in in higher education?

Based on Law and Chow (2008), we assumed that during technology-supported teaching phases, students would feel encouraged to engage in more constructive and interactive learning activities and in less passive and active learning activities than during non-technology-supported teaching phases (H1).

- (2) To which degree is student engagement in passive, active, constructive, and interactive learning activities during technology-supported and non-technology-supported teaching phases associated with students' acquisition of domain-specific knowledge and cross-domain skills?

Based on the ICAP framework and empirical evidence reported by Chi and Wylie (2014) as well as Menekse et al. (2013), we assumed that the association between non-technology-supported learning activities and domain-specific knowledge would increase from passive to interactive learning activities (H2a). Based on the results of Wang et al. (2016) and Henderson (2019), we expected a similar pattern for technology-supported learning activities (H2b).

Based on research on PBL (Leary, 2012) and CSCL (Chen et al., 2018; Lou et al., 2001), we further expected that the association of technology-supported and non-technology-supported learning activities with cross-domain skills would also increase from passive to interactive learning activities for cross-domain skills (H2c).

Method

Sample

We recruited pre-service teachers from a German university to participate in the study at the end of the university term 2016/17 (January/February 2017) within a larger course evaluation study. Out of the 577 course attendees taking part in the course evaluation study of 30 courses,

381 participated in our study part (equaling 66%). All participants were pre-service teachers in their 4.69th ($SD = 2.44$) term. Their average age was 23.17 ($SD = 3.94$) years and 79.2% reported being female (20.8% male). Participants filled out a questionnaire concerning the respective course they attended. Altogether the sample consisted of participants from 30 different courses. All courses were administered face-to-face. Some of the courses were enhanced by online elements. Courses were situated within a wide range of areas of study. Most of the courses were situated in the social sciences (social sciences: 76.7%, languages: 20.0 %, STEM: 16.7%, humanities: 10.0 %). 26.7% of these courses were interdisciplinary and thus addressed two areas of study. The number of study participants in the different courses ranged from 2 to 28 participants ($M = 12.70$, $SD = 7.73$). In each course, between 20% to 100% out of the course attendees participated.

Instruments

Course instructors administered the study within their respective courses. They received written instructions on how to administer the questionnaires. The study was conducted in the third from last or second last course session of the term. Course instructors were requested to allow students to work on the questionnaire for about 30 minutes. The paper-pencil questionnaire consisted of three parts. The first part included demographic questions and further questions with regard to the evaluation of the respective course that were not used in this study. In the second part, participants were first asked to rate the degree to which they felt encouraged to engage in a range of different learning activities *in phases in which technology was used* within the particular course they attended. After that, the same activities were presented to have participants estimate the degree to which they felt encouraged to engage in these activities *in phases in which no technology was used*. In the last step, participants were asked to assess the amount of domain-specific content knowledge as well as a set of cross-domain skills they have acquired by participating in the course. All items can be found in the electronic supplement.

Engagement in technology-supported and non-technology-supported learning activities

To assess participants' engagement in the different learning activities in phases with and without technology support, we developed an item pool of 21 items on the basis of the ICAP framework by Chi and Wylie (2014). We asked four independent experts highly familiar with the ICAP framework to match each of the items to one type of learning activity (passive, active, constructive, or interactive). Raters' judgments indicated that most of the items fit well to the learning activity they were intended to measure, while a few items might have tapped into more than one type of learning activities. Therefore, we excluded five items. The final items that

referred to student engagement in technology-supported course phases were introduced by the stem “By means of the stated digital technologies I was encouraged to...”. “Stated digital technologies” in the stem concerned the used digital technologies in the respective course, which participants were asked to state in an introductory question. Examples of digital technologies were made in order to create a common understanding of the term (namely laptop, smartphone, interactive whiteboard, PowerPoint, YouTube, WhatsApp). Items on non-technology-supported learning activities were introduced by the stem “In phases in which no digital technology was used, I was encouraged to...”. Out of the final 16 items, which were identical for technology-supported and non-technology-supported course phases, three items represented *passive learning activities* (e.g., “read content”), four items *active learning activities* (e.g., “underline text passages”), five items *constructive learning activities* (e.g., “compare content”), and four items *interactive learning activities* (e.g., “explain content to each other”). The items were presented in a mixed sequence and were to be answered on a Likert-type scale from *never* (1) to *very often* (5). All internal consistencies were acceptable to good (see Table 2).

To confirm their factorial structure and the distinctness of the four learning activities, we conducted confirmatory factor analyses for technology-supported and non-technology-supported learning activities. We found a four-factor model distinguishing between passive, active, constructive, and interactive learning activities to fit the data well (technology-support: CFI = .92, TLI = .90, SRMR = .05, non-technology-support: CFI = .94, TLI = .92, SRMR = .05) and significantly better than alternative models in which we combined the measured knowledge facets to form 3- or 2-factor models or a general 1-factor model (all $\Delta\chi^2 > 45.23$, $p < .001$).

Domain-specific knowledge

Students’ self-rated acquisition of *domain-specific knowledge* was assessed with four items that were developed based on Krathwohl’s revised learning taxonomy (2002) for deep learning goals, which include the analysis, evaluation, and creation of content (e.g., “This course enabled me to analyze the most important course content.”). Items were measured on a Likert-type scale from *don’t agree at all* (1) to *totally agree* (5). The internal consistency of the scale was good (see Table 2).

Cross-domain skills

Due to a lack of economic cross-domain skill scales for the higher education course context (existing inventories like LASSI work with 10 or more scales; see Weinstein et al., 2016), we measured cross-domain skills by 15 self-developed items that referred to three types of strategic knowledge: *metacognitive strategies*, *motivational strategies*, and *collaboration strategies*.

Specifically, *metacognitive strategies* (e.g., “In this course, I have learned how to set learning goals for myself.”) were measured with five items focused on skills related to planning (e.g., goal setting), monitoring (e.g., assess own knowledge), and regulation (e.g., selecting adequate learning strategies) of learning (Boekaerts, 1999; Pintrich, 2000; Schiefele & Pekrun, 1996). *Motivational strategies* (e.g., “By means of this course, I have learned how to make the (learning) content interesting for me.”) were measured with five items focused on the interest activation, monitoring of interest, and motivation and task persistence, which are considered as important factors for students’ regulation of motivation (Pintrich, 2000; Wolters, 1998). Finally, *collaboration strategies* (e.g., “In this course, I have learned to argue for my point of view in discussions.”) were measured with five items focused on productive communication (e.g., by mutual attention and respect; H. Clark, 1996; or conversation rules; O’Conaill & Whittaker, 1997) and an adequate transmission or construction of knowledge (e.g., by adequate arguments; Wecker & Fischer, 2014). For all items, a Likert-type scale from *don’t agree at all* (1) to *totally agree* (5) was used. The internal consistencies of all three scales were good (see Table 2).

In order to validate the factor structure of domain-specific knowledge and cross-domain skills as learning outcomes, we performed confirmatory factor analyses. A four-factor model distinguishing between domain-specific knowledge, metacognitive strategies, motivational strategies, and collaboration strategies fitted the data well (CFI=.96, TLI=.95, SRMR=.04) and significantly better than alternative models in which we combined the measured knowledge facets to form 3- or 2-factor models or a general 1-factor model (all $\Delta\chi^2 > 15.24$, $p < .01$).

Statistical analyses

As individual-level student answers on their learning activities (level 1) nested in courses (level 2) are not independent from each other (Hox et al., 2010), a multi-level approach is required to adjust for dependencies of observations (e.g., due to different instructional approaches of teachers). Small intraclass correlations of .05 can already lead to biased results in conventional regression analyses (Cohen et al., 2003, p. 538). Therefore, we conducted two-level modeling to answer our research questions.

Specifically, Wald χ^2 -tests were used to test for differences regarding technology-supported and non-technology-supported learning activities. To test the effects of learning activities on learning outcomes, we conducted eight two level regression models. In four of the regression models, technology-supported passive, active, constructive, and interactive learning activities served as predictors at the student level and domain-specific knowledge, metacognitive strategies, motivational strategies, and collaboration strategies were considered as outcome

variables at the student level. In the other four regression models, non-technology-supported passive, active, constructive, and interactive learning activities were used as predictors at the student level and again domain-specific knowledge, metacognitive strategies, motivational strategies, and collaboration strategies were included as outcome variables at the student level. Predictors were used at the student level as the reliabilities of course means for the learning activities (ICC2) were rather poor indicating that students tended to perceive learning opportunities offered by the teacher differently, particularly for non-technology-supported learning activities (see Table 1). To analyze to what degree the effects of the different types of learning activities on learning outcomes differ, confidence intervals (95%) were computed.

All multi-level analyses were performed with Mplus 8 (Muthén & Muthén, 2017) using MLR as an estimator and grand-mean centered predictors. Missing values due to item non-response occurred for around 1.1% of the answers and were dealt with mode-based using the expectation-maximization algorithm (Peugh & Enders, 2004).

Table 1. ICC1, ICC2 and design effects for learning activities and learning outcome.

	ICC1	ICC2	Design effect
Technology-support			
Passive	.07	.52	1.82
Active	.09	.46	2.05
Constructive	.04	.40	1.47
Interactive	.04	.41	1.47
Non-technology support			
Passive	<.01	<.01	1.00
Active	.05	.35	1.59
Constructive	<.01	.18	1.00
Interactive	.01	.22	1.12
Learning outcome			
Domain-specific knowledge	.11		2.29
Metacognitive strategies	.13		2.52
Motivational strategies	.09		2.05
Collaboration strategies	.13		2.52

Note. $N = 381$. Presented is the reliability of the proportions of variance at level-2 (ICC1), the reliability of the aggregated group-means (ICC2), and the ratio of the variance of the parameter in a given sample and the variance of the parameter in a random sample (Design effect).

Results

Descriptive results

Table 2 illustrates descriptive statistics for technology-supported and non-technology-supported learning activities as well the different learning outcomes. The means of the learning

activities ranged around the theoretical scale average except for technology-supported passive learning activities, for which we observed the highest mean. It appears that in total, students in higher education courses were encouraged to engage in all different types of learning activities. The average means for all learning outcomes revealed that in their higher education courses, students perceived themselves to acquire not only domain-specific knowledge but also cross-domain skills. The medium to high variances suggest that students' perceptions differed substantially between individuals.

Table 2. Descriptives and manifest correlations of technology-supported and non-technology-supported learning activities and learning outcomes.

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Skew	Cron- bach's <i>α</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Technology support																	
1. Passive	3.86	0.80	1.00	5.00	-0.72	.65											
2. Active	3.00	0.83	1.00	5.00	-0.28	.65	.47**										
3. Constructive	3.37	0.73	1.00	5.00	-0.49	.76	.53**	.59**									
4. Interactive	3.11	0.89	1.00	5.00	-0.35	.80	.34**	.47**	.68**								
Non-technology support																	
5. Passive	2.77	0.90	1.00	5.00	-0.06	.60	.16**	.31**	.13*	.15**							
6. Active	2.78	0.89	1.00	4.75	-0.25	.72	.10	.43**	.18**	.16**	.66**						
7. Constructive	3.03	0.84	1.00	5.00	-0.35	.83	.11*	.29**	.27**	.28**	.63**	.67**					
8. Interactive	3.12	0.94	1.00	5.00	-0.23	.85	.08	.26**	.21**	.39**	.46**	.51**	.77**				
Learning outcome																	
9. Domain specific knowledge	3.33	0.75	1.00	5.00	-0.55	.80	.30**	.41**	.50**	.45**	.24**	.28**	.39**	.39**			
10. Metacognitive strategies	3.00	0.89	1.00	5.00	-0.25	.88	.24**	.49**	.48**	.49**	.28**	.36**	.38**	.38**	.82**		
11. Motivational strategies	2.98	0.85	1.00	5.00	-0.30	.81	.22**	.45**	.46**	.43**	.27**	.32**	.37**	.33**	.79**	.86**	
12. Collaboration strategies	3.29	0.86	1.00	5.00	-0.44	.83	.22**	.36**	.42**	.46**	.21**	.22**	.35**	.38**	.68**	.75**	.73**

Note. $N = 381$. * $p < .05$; ** $p < .01$.

The low intraclass correlations for learning activities and learning outcomes suggest that the configuration of learning activities and learning outcomes were not strongly course-specific (see Table 1). However, the calculation of design effects indicated the necessity to take the variance caused by the course level into account (suggested design effect: > 2 ; Muthén & Satorra, 1995; see Table 1).

Differences between technology-supported and non-technology-supported learning activities

Descriptive statistics are illustrated in Table 2. Wald χ^2 -tests revealed statistically significant, small to large differences between technology-supported learning activities and non-technology-supported learning activities for passive, active, and constructive learning activities (Wald $\chi^2_{\text{passive}} = 262.52$, $p < .001$, Cohen's $d = 1.49$; Wald $\chi^2_{\text{active}} = 17.32$, $p < .001$, Cohen's $d = 0.30$; Wald $\chi^2_{\text{constructive}} = 49.78$, $p < .001$, Cohen's $d = 0.55$). Students reported all these activities as

having been stimulated more often during technology-supported phases than during non-technology-supported phases. Regarding interactive learning activities, we found no significant differences between technology-supported and non-technology-supported learning phases (Wald $\chi^2_{\text{interactive}} = 0.03, p > .05$).

Effects of technology-supported and non-technology-supported learning activities on learning outcomes

The results of the multilevel regression analyses are illustrated in Table 3. Technology-supported as well as non-technology-supported passive learning activities were neither found to be significant predictors for the acquisition of domain-specific knowledge nor for the acquisition of cross-domain skills. Active learning activities were significant predictors for all learning outcomes when they were supported by technology, but not when no technology support was present, with the exception of metacognitive strategies. In contrast, significant effects of non-technology-supported constructive learning activities were rather consistent with regard to the different kinds of learning outcomes (for domain-specific knowledge, metacognitive strategies, and motivational strategies, but not for collaboration strategies) and also occurred consistently for technology-supported constructive learning activities with regard to domain-specific knowledge as well as all cross-domain skills. And finally, technology-supported as well as non-technology-supported interactive learning activities were the most powerful significant predictors for the acquisition of domain-specific knowledge and cross-domain skills (except for motivational strategies in the case of non-technology-supported interactive learning activities).

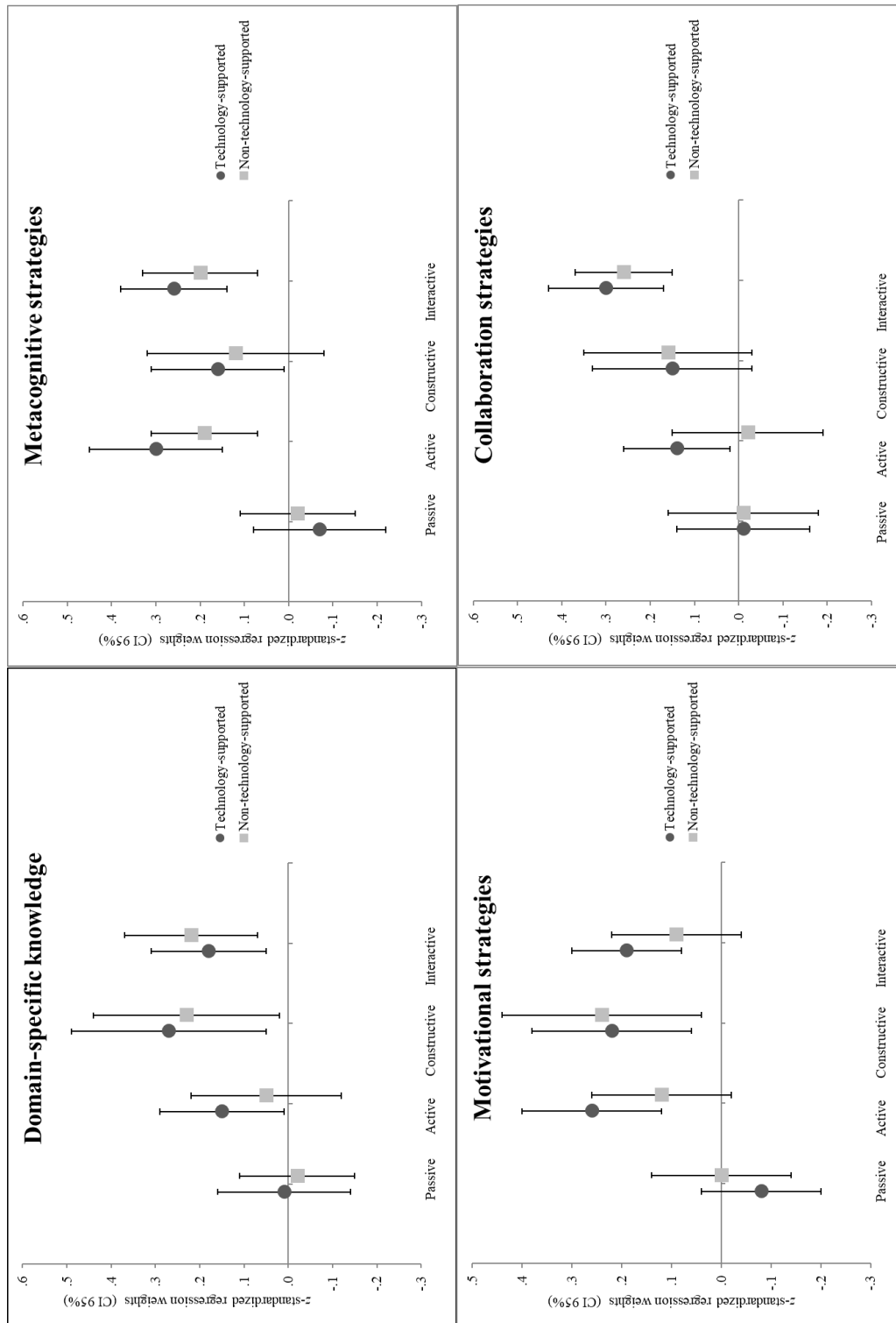
Table 3. Standardized relations of (non-)technology-supported learning activities and learning outcomes.

	Learning outcomes			
	Domain-specific knowledge	Metacognitive strategies	Motivational strategies	Collaboration strategies
Technology-supported learning activities				
Passive	.01 [-.10; .13]	-.07 [-.16; .03]	-.08 [-.17; .01]	-.01 [-.13; .11]
Active	.15* [.04; .26]	.30** [.18; .41]	.26** [.14; .38]	.14* [.02; .25]
Constructive	.27** [.12; .42]	.16* [.00; .31]	.22* [.09; .35]	.15* [.01; .28]
Interactive	.18** [.06; .31]	.26** [.12; .40]	.19** [.07; .31]	.30** [.16; .43]
R^2	.28** [.18; .38]	.33** [.23; .43]	.28** [.20; .36]	.24** [.16; .33]
Non-technology-supported learning activities				
Passive	-.02 [-.13; .09]	-.02 [-.12; .08]	.00 [-.11; .11]	-.01 [-.01; .13]
Active	.05 [-.11; .20]	.19* [.05; .34]	.12 [-.02; .26]	-.02 [-.17; .13]
Constructive	.23* [.05; .41]	.12* [-.03; .27]	.24** [.10; .38]	.16 [.033; .30]
Interactive	.22** [.06; .37]	.20** [.06; .34]	.09 [-.02; .19]	.26** [.15; .37]
R^2	.19** [.11; .27]	.19** [.10; .28]	.16** [.08; .26]	.15** [.09; .22]

Note. $N = 381$. Presented are the standardized results of eight two-level regression models with each a technology-supported and non-technology-supported learning activity as predictor and all learning outcomes as outcome variables. Coefficients with 95%- confidence intervals in square brackets. * $p < .05$; ** $p < .01$.

Concerning the regression weights, 95%-confidence intervals showed that an engagement in active technology-supported learning activities predicted the acquisition of metacognitive and motivational strategies significantly better than an engagement in passive learning activities (see Table 3 and Figure 1). Also, regression weights of interactive learning activities were statistically significantly larger than those of passive learning activities for all three cross domain skills in the case of technology-supported learning activities and at least for collaboration strategies in the case of non-technology-supported learning activities. A significant increase from passive to constructive technology-supported learning activities only occurred in the case of motivational strategies. And finally, a significant increase from active to interactive non-technology-supported learning activities could only be detected for collaboration strategies. Other statistically significant increases could not be observed.

Figure 1. Z-standardized regression weights and 95%-confidence intervals of technology-supported and non-technology-supported learning activities for domain-specific knowledge, metacognitive strategies, motivational strategies, and collaboration strategies.



Discussion

In this study, we aimed to move from a solely technology-oriented to a more learner-oriented study approach to get a more nuanced picture of the course-based use of technology and its effects on students' learning outcomes in higher education. We investigated the degree to which higher education students feel encouraged to engage in different learning activities in technology-supported teaching phases compared to non-technology-supported teaching phases. We also looked into the associations of their self-reported engagement in different types of learning activities and students' perceived acquisition of domain-specific knowledge and cross-domain skills. To that end, we built on a learner-centered reference model (ICAP framework; Chi & Wylie, 2014) and transferred it to the field of technology-supported teaching in higher education.

With regard to the differences of technology-supported and non-technology-supported learning activities, students reported being more strongly engaged in passive, active, and constructive learning activities in course phases in which technology support was present rather than when it was absent. The engagement in interactive activities did not seem to be affected by the presence or absence of technology support. Therefore, hypothesis 1, which proposed that technology use would promote student engagement in more high-quality learning activities, could only partially be supported. Teachers' use of technology in higher education seems to particularly encourage students to engage in constructive learning activities as compared to when they do not use technology, which is a promising result from an ICAP point of view (Chi & Wylie, 2014). However, a comparable pattern was not found to be true for interactive learning activities.

This is partly in line with the results of Law and Chow (2008) who showed that secondary school teachers often move away from traditional teaching (e.g., presenting information) and towards constructivist teaching approaches when using technology support compared to when they do not. However, the activity dimensions that Law and Chow (2008) used did not comply with the ICAP categories, which may be a reason for the different effects. Also, the context (higher education in contrast to secondary school context) might have played an important role. In the context of higher education, Marcelo et al. (2015) and U. Schmid et al. (2017) pointed to the dominant use of digital presentations (which might mainly trigger an engagement in passive activities) and the work with digital software (which might mainly trigger an engagement in constructive activities). This might explain the relatively high values for constructive, but also passive technology-supported learning activities that we observed in the current study. Reasons for this predominant pattern can be found in the IT infrastructure that still

mainly addresses a lecture-style and individual use of technology or in the ignorance of higher education teachers about its capabilities. Furthermore, a lack of IT support for matters of teaching and learning seems to be an issue that has to be taken care of (Sailer et al., 2018). Also, previous research has shown that at least in Germany, many higher education teachers in general follow an instructional approach (Lübeck, 2009) that might mainly afford an engagement in passive and constructive activities. Nevertheless, based on the study of Sailer et al. (2018), an even higher degree of active learning activities as compared to constructive learning activities might have been expected as well. Still, comparisons may only cautiously be made as in all of the outlined studies, non-technology-supported learning activities were not contrasted with technology-supported learning activities. In consequence, it stands to reason that the potentials of technology in terms of encouraging students to perform high-quality learning processes might still only partially be used.

With regard to the effects of the different learning activities on students' acquisition of domain-specific knowledge and cross-domain skills, interactive learning activities had the strongest relations, while we found no relations between passive learning activities and learning outcomes at all. Instead, we observed a significant increase of effects from passive learning activities to the other learning activities for some of the learning outcomes, but not consistently across all the types of learning activities. Thus, hypotheses 2a, 2b, and 2c can partially be accepted and seem to correspond to other classroom studies in higher education that mostly found differential associations of different types of learning activities and domain-specific knowledge (Menekse et al., 2013; Henderson, 2019; Wang et al., 2016). By and large though, these results seem to support the ICAP hypothesis (Chi & Wylie, 2014) and are in line with findings from PBL (Leary, 2012) as well as CSCL (Chen et al., 2018). As a result, in higher education courses it should prove effective if higher education teachers design their courses in ways that encourage their students to particularly engage in (technology-supported) interactive learning activities in contrast to the predominantly observed engagement in (technology-supported) passive learning activities.

Further, we found more statistically significant effects of technology-supported learning activities on learning outcomes than of non-technology-supported learning activities. Also, technology-supported learning activities explained more variance in the learning outcomes than non-technology-supported learning activities, at least descriptively. This might be due to reasons such as students' beliefs regarding the effectiveness of technology. In their meta-analysis, R. F. Schmid et al. (2014) observed a small, significant effect of technology use in higher education in comparison to no technology use on students' attitudes in terms of their satisfaction

with the course and their evaluation of their learning gains. Also, in the US-based yearly ECAR large-scale study by Brooks and Pomerantz (2017) around 80% of students indicated that they learned most in technology-supported courses (ranging from at least one online component to complete online courses). In addition, between 70% and 80% of students stated that technology helped them to acquire domain-specific knowledge and to build relevant cross-domain skills (Brooks, 2016). Thus, it seems that students tend to perceive technology as an effective mean to enhance their learning, which might consequently moderate the relationship between encouraged learning activities and perceived learning outcomes. Therefore, students' beliefs should be considered in future studies as a possible moderator variable.

With respect to the replicated main ICAP ideas, it seems necessary to facilitate teachers' knowledge of technology-supported learning activities that afford effective knowledge construction processes on the side of students. More concretely, teachers should learn about ways to use technology to encourage students to move from more passive learning activities (mostly digital presentations) to constructive learning activities (e.g., constructing concept maps) and interactive learning activities (e.g., create an explanation video in small groups). Consequently, higher education teachers should be supported by their institution in various ways (Fabian et al., 2019). One promising approach might be to offer professional development in order to develop teachers' TPACK. Given the importance of pedagogical knowledge in order to develop TPACK (Backfisch et al., 2020; Lachner et al., 2019), we suggest professional development courses to go beyond standalone technology courses and particularly concentrate on ICAP as a learner-centered model. Also, such an approach might need to be more sustainable than a single ICAP-focused online module in the light of its modest outcomes (Chi et al., 2018). Furthermore, (higher education) teachers' conceptions of interactive learning activities should be specifically addressed, as they seem to prevent teachers from creating more higher-order learning environments (Chi et al., 2018). To address these challenges, in research on higher education teachers' TPACK development design approaches have gained considerable attention (Mourlam, 2017). These approaches are mainly based on the constructivist Learning Technology by Design approach (Koehler et al., 2004; Koehler & Mishra, 2005) in which higher education teachers and students collaboratively develop a technology-enhanced course within a course setting. It incorporates elements like collaborative learning, which also plays a central role in the ICAP framework. Thus, the development of a design-based professional development for higher education teachers that incorporates the ICAP based design guidelines could be a promising direction to follow.

Limitations and conclusion

Our study is among the first to investigate differences between technology-supported and non-technology-supported learning activities and their effects on students' perceived domain-specific knowledge as well as cross-domain skills. Also, the results can be well interpreted on the basis of related research. However, several factors have to be addressed that might limit the explanatory power of the study.

First, due to our small sample size it was not possible to include teacher data (such as their targeted learning activities and their teaching goals). However, this would have been helpful to better understand the relations of the different technology-supported learning activities and learning outcomes. Therefore, future studies should aim for a larger sample size, especially on the course level.

Second, our study is solely based on subjective data. In other words, we were not able to take the actual learning activities that students performed into account, but rather the degree to which they felt encouraged to perform those activities. This might explain the low ICC2s as students might have referred to different course situations when rating the learning activities. Therefore, future studies should develop methods to measure in-course learning activities, as well as students' learning outcomes in a more objective way, e.g., by using video data, time-referenced ratings and objective knowledge tests. Yet, especially video ratings always run the danger of being extremely time-consuming. Also, it should be noted that developing reliable measures that are economical to use is a challenging task, especially for cross-domain skills (Graesser et al., 2018).

Nevertheless, the approach that we implemented in the present study to investigate technology-supported learning from a more learner- than a technology-centered perspective proved to be helpful to better understand technology-supported teaching and its effects on learning in the context of higher education. In addition, we made a first step replicating and complementing some of the main ICAP ideas (Chi & Wylie, 2014) on the basis of a rather economical item-based methodological approach. Consequently, the ICAP model and the methodological approach we used in this study might act as a valuable extension of the TPACK framework.

Overall, our study implies that digital technology indeed has a strong potential to support learning processes and outcomes of students in higher education. However, results indicate that this potential is only partly used in higher education courses, thus suggesting a further learner-centered development of higher education teachers' technology use in courses.

References

- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT–TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52(1), 154–168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.006>
- Backfisch, I., Lachner, A., Hische, C., Loose, F., & Scheiter, K. (2020). Professional knowledge or motivation? Investigating the role of teachers’ expertise on the quality of technology-enhanced lesson plans. *Learning and Instruction*, 66, Article 101300. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101300>
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: Where we are today. *International Journal of Educational Research*, 31 (6), 445–457. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(99\)00014-2](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00014-2)
- Bond, M., Marín, V. I., Dolch, C., Bedenlier, S., & Zawacki-Richter, O. (2018). Digital transformation in German higher education: Student and teacher perceptions and usage of digital media. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 15(48). <https://doi.org/10.1186/s41239-018-0130-1>
- Brantley-Dias, L., & Ertmer, P. A. (2013). Goldilocks and TPACK: Is the construct ‘just right?’. *Journal of Research on Technology in Education*, 46(2), 103–128. <https://doi.org/10.1080/15391523.2013.10782615>
- Brooks, D. C. (2016). *ECAR study of undergraduate students and information technology, 2016. Research report*. ECAR.
- Brooks, D. C., & Pomerantz, J. (2017). *ECAR study of undergraduate students and information technology, 2017. Research report*. ECAR.
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C.-C. (2013). A review of technological pedagogical content knowledge. *Educational Technology & Society* 16 (2), 31–51. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.16.2.3>
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C.-C. (2016). A review of the quantitative measures of technological pedagogical content knowledge (TPACK). In M. C. Herring, M. J. Koehler, & P. Mishra (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (2nd ed., pp. 87–106). Routledge.
- Chen, J., Wang, M., Kirschner, P. A., & Tsai, C.-C. (2018). The role of collaboration, computer use, learning environments, and supporting strategies in CSCL: A meta-analysis. *Review of Educational Research* 88 (6), 799–843. <https://doi.org/10.3102/0034654318791584>

- Chi, M. T. (2009). Active-constructive-interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in Cognitive Science 1* (1), 73–105.
<https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2008.01005.x>
- Chi, M. T., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist 49* (9), 219–243.
<https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- Chi, M. T. H., Adams, J., Bogusch, E. B., Bruchok, C., Kang, S., Lancaster, M., Levy, R., Li, N., McEldoon, K. L., Stump, G. S., Wylie, R., Xu, D., & Yaghmourian, D. L. (2018). Translating the ICAP theory of cognitive engagement into practice. *Cognitive Science, 42*(6), 1777–1832. <https://doi.org/10.1111/cogs.12626>
- Chien, Y.-T., Chang, Y.-H., & Chang, C.-Y. (2016). Do we click in the right way? A meta-analytic review of clicker-integrated instruction. *Educational Research Review 17*, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.10.003>
- Clark, H. (1996). *Using language*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Clark, D., Sampson, V., Stegmann, K., Marttunen, M., Kollar, I., Janssen, J., Erkens, G., Weinberger, A., Menekse, M., & Laurinen, L. (2010). Online learning environments, scientific argumentation, and 21st century skills. In B. Ertl (Ed.), *Advances in Social Networking and Online Communities. E-collaborative knowledge construction* (pp. 1–39). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-61520-729-9.ch001>
- Cohen, J., Cohen, P., West, S. G., & Aiken, L. S. (2003). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Fabian, K., Clayes, E., & Kelly, L. (2019). Putting design into practice: An investigation of TPACK scores of lecturers in a networked institution. *Research in Learning Technology, 27*. <https://doi.org/10.25304/rlt.v27.2296>
- Galanek, J. D., Gierdowski, D. C., & Brooks, D. C. (2018). *ECAR study of undergraduate students and information technology, 2018. Research report*. ECAR.
- Graesser, A. C., Foltz, P. W., Rosen, Y., Shaffer, D. W., Forsyth, C., & Germany, M. L. (2018). Challenges of assessing collaborative problem solving. In E. Care, P. Griffin, & M. Wilson (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills*, (pp. 75–91.). Springer.
- Harris, J. B., Phillips, M., Koehler, M. J., & Rosenberg, J. M. (2017). TPCK/TPACK research and development: Past, present, and future directions. *Australasian Journal of Educational Technology, 33*(3). <https://doi.org/10.14742/ajet.3907>

- Henderson, J. B. (2019). Beyond “active learning”: How the ICAP framework permits more acute examination of the popular peer instruction pedagogy. *Harvard Educational Review*, 89(4), 611–634. <https://doi.org/10.17763/1943-5045-89.4.611>
- Herring, M. C., Meacham, S., & Mourlam, D. (2016). TPACK development in higher education. In M. C. Herring, M. J. Koehler, & P. Mishra (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (2nd ed., pp. 207–223). Routledge.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review* 16 (3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Hox, J. J., Moerbeek, M., & van de Schoot, R. (2010). *Multilevel analysis: Techniques and applications*. Routledge.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Hershey, K., & Peruski, 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. <https://www.learntechlib.org/primary/p/14636/>
- 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. (2008). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? In AACTE Committee on Innovation and Technology (Ed.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (pp. 3–29). Routledge.
- Koehler, M. J., Shin, T. S., & Mishra, P. (2012). How do we measure TPACK? Let me count the ways. In R. N. Ronau, C. R. Rakes, & M. Niess (Eds.), *Educational technology, teacher knowledge, and classroom impact: A research handbook on frameworks and approaches* (Vol. 9, pp. 16–31). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60960-750-0.ch002>
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Lim, W. Y. (2017). Teacher professional development for TPACK-21CL: Effects on teacher ICT integration and student outcomes. *Journal of Educational Computing Research*, 55(2), 172–196. <https://doi.org/10.1177/0735633116656848>
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice* 41 (4), 212–218. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2

- Lachner, A., Backfisch, I., & Stürmer, K. (2019). A test-based approach of modeling and measuring technological pedagogical knowledge. *Computers & Education*, 142, Article 103645. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103645>
- Law, N., & Chow, A. (2008). teacher characteristics, contextual factors, and how these affect the pedagogical use of ICT. In N. Law, & T. Plomp (Eds.), *Pedagogy and ICT Use* (pp. 181–219). Springer.
- Leary, H. M. (2012). *Self-directed learning in problem-based learning versus traditional lecture-based learning: A meta-analysis* [Doctoral dissertation, Utah State University]. DigitalCommons@USU. <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2177&context=etd>.
- Lou, Y., Abrami, P. C., & d'Apollonia, S. (2001). Small group and individual learning with technology: A meta-analysis. *Review of Educational Research* 71 (3), 449–521. <https://doi.org/10.3102/00346543071003449>
- Lübeck, D. (2009). *Lehransätze in der Hochschullehre* [Teaching approaches in higher education] [Doctoral dissertation, Freie Universität Berlin, Berlin, Germany]. Refubium. https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/3534/01_Dissertationsschrift_DietrunLuebeck.pdf
- Marcelo, C., Yot, C., & Mayor, C. (2015). University teaching with digital technologies. *Comunicar*, 23(45), 117–124.
- Menekse, M., Stump, G. S., Krause, S., & Chi, M. T. (2013). Differentiated overt learning activities for effective instruction in engineering classrooms. *Journal of Engineering Education* 102 (3), 346–374. <https://doi.org/10.1002/jee.20021>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record* 108 (6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Mourlam, D. (2017). Preparing for infusion: Emergence of a model for faculty TPACK development. *Journal of Technology and Teacher Education*, 25(3), 301–325.
- Muthén, B. O., & Satorra, A. (1995). Complex sample data in structural equation modeling. *Sociological Methodology* 25, 267–316. <https://doi.org/10.2307/271070>
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2017). Mplus (version 8) [Computer Software]. Los Angeles, CA, United States: Muthén & Muthén.
- Newman, T., & Beetham, H. (2017). *Student digital experience tracker 2017: The voice of 22,000 UK learners*. Jisc. <http://repository.jisc.ac.uk/6662/1/Jiscdigitalstudenttracker2017.pdf>

- Newman, T., Beetham, H., & Knight, S. (2018). *Digital experience insights survey 2018: Findings from students in UK further and higher education*. Jisc. http://repository.jisc.ac.uk/6967/1/Digital_experience_insights_survey_2018.pdf
- O’Conaill, B., & Whittaker, S. (1997). Characterizing, predicting, and measuring video-mediated communication: A conversational approach. In K. E. Finn, A. J. Sellen, and S. B. Wilbur (Eds.), *Videomediated communication*, (pp. 107–132). Lawrence Erlbaum Associates.
- Olofson, M. W., Swallow, M. J. C., & Neumann, M. D. (2016). TPACKing: A constructivist framing of TPACK to analyze teachers' construction of knowledge. *Computers & Education*, 95, 188–201. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.010>
- Partnership for 21st Century Learning (2015). *P21 framework definitions*. http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Definitions_New_Logo_2015_9pgs.pdf
- Partnership for 21st Century Learning (2019). *Framework for 21st century learning: A unified vision for learning to ensure student success in a world where change is constant and learning never stops*. http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_Brief.pdf
- Peugh, J. L., & Enders, C. K. (2004). Missing data in educational research: A review of reporting practices and suggestions for improvement. *Review of Educational Research* 74 (4), 525–556. <https://doi.org/10.3102/00346543074004525>
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, and M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation*, (pp. 451–502). Academic Press.
- Sailer, M., Schultz-Pernice, F., Chernikova, O., Sailer, M., & Fischer, F. (2018). *Digitale Bildung an bayerischen Hochschulen – Ausstattung, Strategie, Qualifizierung und Medieneinsatz* [Digital education at Bavarian higher education institutions – facilities, strategy, qualification and technology use]. vbw. https://www.vbw-bayern.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2018/Downloads/FINAL_Digitale_Bildung_an_bayerischen_Hochschule_n_2.pdf
- Schiefele, U., & Pekrun, R. (1996). Psychologische Modelle des fremdgesteuerten und selbstgesteuerten Lernens. [Psychological models of externally controlled and self-regulated learning] In E. Weinert (Ed.), *Psychologie des Lernens und der Instruktion*, 249–278. Hogrefe.

- Schmid, R. F., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Tamim, R. M., Abrami, P. C., Surkes, M. A., Wade, C. A., & Woods, J. (2014). The effects of technology use in postsecondary education: A meta-analysis of classroom applications. *Computers & Education* 72, 271–291. <https://doi/10.1016/j.compedu.2013.11.002>
- Schmid, U., Goertz, L., Radomski, S., Thom, S., & Behrens, J. (2017). *Monitor Digitale Bildung: die Hochschulen im digitalen Zeitalter* [Monitor digital education: Universities in the digital age]. Bertelsmann Stiftung.
- Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., & Schmid, R. F. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning: A second-order meta-analysis and validation study. *Review of Educational Research* 81 (1), 4–28. <https://doi.org/10.3102/0034654310393361>
- Vogel, F., Wecker, C., Kollar, I., & Fischer, F. (2017). Socio-cognitive scaffolding with computer-supported collaboration scripts: A meta-analysis. *Educational Psychology Review* 29 (3), 477–511. <https://doi.org/10.1007/s10648-016-9361-7>
- Voogt, J., Fisser, P., Roblin, N. P., Tondeur, J., & van Braak, J. (2013). Technological pedagogical content knowledge – a review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(2), 109–121. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2012.00487.x>
- Wang, X., Wen, M., & Rosé, C. P. (2016). Towards triggering higher-order thinking behaviors in MOOCs. In D. Gašević, G. Lynch, S. Dawson, H. Drachsler, & C. Penstein Rosé (Eds.), *LAK '16 conference proceedings: The sixth international conference on learning analytics & knowledge* (pp. 398–407). ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2883851.2883964>
- Wecker, C., & Fischer, F. (2014). Where is the evidence? A meta-analysis on the role of argumentation for the acquisition of domain-specific knowledge in computer-supported collaborative learning. *Computers & Education* 75, 218–228. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.02.016>
- Weinstein, C. E., Palmer, D. R., & Acee, T. W. (2016). *LASSI – user’s manual (3rd ed.)*. Clearwater, FL, United States: H & H.
- Willermark, S. (2018). Technological pedagogical and content knowledge: A review of empirical studies published from 2011 to 2016. *Journal of Educational Computing Research*, 56(3), 315–343. <https://doi.org/10.1177/0735633117713114>
- Wolters, C. A. (1998). Self-regulated learning and college students’ regulation of motivation. *Journal of Educational Psychology* 90 (2), 224–235. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.90.2.224>

Wu, Y.-T. (2013). Research trends in technological pedagogical content knowledge (TPACK) research: A review of empirical studies published in selected journals from 2002 to 2011. *British Journal of Educational Technology*, 44(3), E73-E76.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2012.01349>.

Supplemental material

Technology-supported learning activities

By means of the stated digital technologies I was encouraged...

Passive learning activities

- to watch media content
- to listen to lectures/presentations
- to read content

Active learning activities

- to underline text passages
- to search for information
- to repeat material
- to copy content/to take notes

Constructive learning activities

- to find examples for content (e.g., theories)
- to explain things to oneself
- to reflect on content
- to ask oneself questions about content
- to compare content (e.g., theories, explanations)

Interactive learning activities

- to debate with others
- to explain content to each other
- to give feedback to each other
- to develop questions or ideas with others

Non-technology-supported learning activities

In phases in which no digital technology was used, I was encouraged...

Passive learning activities

- to watch media content
- to listen to lectures/presentations
- to read content

Active learning activities

- to underline text passages
- to search for information
- to repeat material
- to copy content/to take notes

Constructive learning activities

- to find examples for content (e.g., theories)
- to explain things to oneself
- to reflect on content
- to ask oneself questions about content
- to compare content (e.g., theories, explanations)

Interactive learning activities

- to debate with others
- to explain content to each other

to give feedback to each other to develop questions or ideas with others
Domain-specific knowledge This course enabled me to analyze the most important course content. In this course I learned to critically evaluate the most important course content. In this course I learned how to create new approaches on the basis of the course content. After the course I am better able than before to structure the most important course content for me.
Metacognitive strategies By participating in this course, I learned how I can plan and monitor my own learning process. By participating in this course, I learned how I can critically evaluate my own knowledge. After this course, I am better able than before to use adequate learning strategies for new problems. In this course I learned how to set learning goals for myself. By means of this course, I learned how to acquire new learning content on my own.
Motivational strategies By means of this course, I learned how to make the (learning) content interesting for me. In the context of this course I acquired skills to productively deal with negative emotions. By means of this course, I learned to not give up when dealing with difficult content. By means of this course, I learned how to sustain my learning motivation. In this course I learned that one can also deal effectively with apparently boring learning content.
Collaboration strategies By means of this course, I learned how to treat the other students in a respectful way. By participating in this course, I learned to follow conversation rules. By means of this course, I learned to listen to others. In this course I learned to argue for my own point of view in discussions. In this course I learned how to cooperate productively with the other students.

Note. Original items were translated from German to English.

Anhang C: Fachartikel III zur Studie Förderung von TPK

Titel des Fachartikels:	Fostering Pre-Service Teachers' Situation-Specific Technological Pedagogical Knowledge – Does Learning by Mapping and Learning from Worked Examples Help?.
Autor*innen:	Christina Wekerle & Ingo Kollar
Erstautorin:	Christina Wekerle
Eingereicht in:	Computers in Human Behavior
Status:	publiziert

Referenz:

Wekerle, C. & Kollar, I. (2021). Fostering pre-service teachers' situation-specific technological pedagogical knowledge – Does learning by mapping and learning from worked examples help?. *Computers in Human Behavior*, 115, 106617. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106617>

Fostering Pre-service Teachers' Situation-Specific Technological Pedagogical Knowledge – Does Learning by Mapping and Learning from Worked Examples Help?

This is an Accepted Manuscript of an article published by Elsevier in *Computers in Human Behavior* on 11 November 2020, available online: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106617>

Abstract

In order to exploit the potentials of digital technology in classrooms, it is necessary to enhance future teachers' situation-specific Technological Pedagogical Knowledge (TPK) as manifested in their professional vision (i.e., their noticing and knowledge-based reasoning of technology-enhanced classroom situations). To this end, we differentiate between formal quality (whether pre-service teachers display reasoning steps related to professional vision) and content quality (whether pre-service teachers make adequate use of scientific knowledge) of pre-service teachers' reasoning about technology-enhanced teaching. Based on empirical findings, we hypothesized that learning by mapping would facilitate the content quality and learning from worked examples would enhance both formal and content quality of pre-service teachers' TPK-related professional vision. We tested these hypotheses with a sample of 252 pre-service teachers who first either read or mapped scientific texts and then either analyzed authentic technology-enhanced classroom cases or received worked examples on how to do so. Results from structural equation modeling demonstrated a positive association of learning with worked examples and content quality, but no relation to formal quality. Learning by mapping even showed rather negative associations with content quality. However, the quality of maps partly functioned as a significant predictor. Possible reasons and consequences are discussed.

Keywords: Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK), professional vision, mapping, worked examples, pre-service teachers

Introduction

Digital technologies in terms of “technology-based programs or applications that help deliver learning material and support learning processes” (Cheung & Slavin, 2013, p. 90) are thought to hold particular potentials for student learning (Bower et al., 2014; Garrison & Kanuka, 2004; Sandholtz et al., 1997). However, teachers’ technology-related teaching skills, as outlined in the Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) framework (Koehler & Mishra, 2008; Mishra & Koehler, 2006), play a significant role in the effective use of digital technologies’ potentials in future classrooms.

While much is known about teachers’ TPACK as manifested in their knowledge, much less is known about teachers’ TPACK as manifested in their situation-specific skills (Chai et al., 2016; Voogt et al., 2013; Willermark, 2018). This seems to be particular true for research on teachers’ reasoning about technology-enhanced teaching which has also been characterized by a lack of theoretical foundations (Harris et al., 2017). Thus, research on professional vision concerned with teachers’ noticing and knowledge-based reasoning in the context of video-based professional development and pre-service teacher education might be of help to further conceptualize this type of reasoning.

In this regard, the quality of teachers’ professional vision has been investigated from both a formal (i.e., whether or not teachers perform adequate reasoning processes; van Es & Sherin, 2002) and a content perspective (i.e., whether or not teachers make adequate use of scientific knowledge during reasoning; Seidel & Stürmer, 2014). Results in TPACK research indicate that pre-service teachers demonstrate a rather low formal and content quality of professional vision when reasoning about technology-enhanced teaching situations (Greenhow et al., 2008).

As a consequence, in this study we were particularly concerned with possible ways to facilitate the formal and content quality of pre-service teachers’ TPACK-related professional vision (TPACK-PV). In that respect, research on teachers’ professional vision points to learning with authentic classroom cases as a promising learning opportunity (Sherin, 2004; van Es et al., 2014). Yet, it might be necessary to further support pre-service teachers in order to make better use of these learning opportunities (Kirschner et al., 2006). Learning by mapping scientific texts, an approach that affords students to visually structure and link information (Fiorella & Mayer, 2016), might help pre-service teachers to make adequate use of scientific knowledge to reason about technology-enhanced teaching (content quality). Learning from worked examples, an approach that provides learners with a step-wise solution to a problem (Renkl, 2014), is assumed to support pre-service teachers both in the adequate use of reasoning steps (formal

quality) and use of scientific knowledge (content quality). To investigate these assumptions, we looked into the effects of learning by mapping (Fiorella & Mayer, 2015) on the content quality and learning from worked examples (Renkl, 2014) on the formal and content quality of pre-service teachers' TPK-PV in the context of a case-based learning environment. We decided not to include CK and its intersections (PCK, TCK & TPACK) in this study, as we aimed at a better understanding of the application of general evidence-based teaching and learning principles in the context of technology-enhanced teaching. In doing so, we were able to make more general assertions about the effects of learning by mapping and from worked examples on pre-service teachers' knowledge acquisition independent of content-related factors. However, theoretical considerations and empirical results presented in this article are not limited to TPK, but are based on all facets of TPACK.

In the remainder of this article, we first describe the TPACK framework with its knowledge facets and highlight shortcomings in TPACK research that illustrate the need for conceptualizing TPACK from a perspective of professional vision (2.1). In the following subsection (2.2), we outline the concept of professional vision and introduce a differentiation between its content and formal quality. Based on the particularly sobering results for pre-service teachers, section 2.3 introduces learning by mapping and from worked examples as ways to foster the content and formal quality of pre-service teachers' TPACK-PV. After that, we present our hypotheses and our empirical study.

Theoretical background

Technology and the importance of teachers' technological pedagogical and content knowledge

Digital technologies have entered the stage of education not just since Covid-19, but for quite some time now. They are often believed to be enablers and facilitators for high-quality teaching and learning processes (Bower et al., 2014; Garrison & Kanuka, 2004; Sandholtz et al., 1997). However, meta-analyses consistently show that the average effects of technology on student learning are rather small (Schmid et al., 2014; Tamim et al., 2011). Still, the high heterogeneity of effects identified in these meta-analyses indicates that the effects of technology are moderated by further variables. One of these moderator variables seems to be the manner in which teachers implement technology in classroom (Chien et al., 2016; Hunsu et al., 2016; Schmid et al., 2014; Tamim et al., 2011). Hence, there is a need for teachers to acquire relevant technology-related teaching knowledge to better understand which and how technology suits best in which situation.

A prominent theoretical model that defines this kind of knowledge is the TPACK model proposed by Koehler and Mishra (Koehler & Mishra, 2008; Mishra & Koehler, 2006). According to this model, teachers not only need to have technological knowledge to effectively use digital technologies in classroom, but also pedagogical knowledge, content knowledge and pedagogical content knowledge (Shulman, 1986). Beyond these knowledge components, they require intersecting knowledge in the form of technological content knowledge (TCK), technological pedagogical knowledge (TPK) and technological pedagogical content knowledge (TPACK). TCK is described as knowledge about how technology and content influence each other, that is knowledge about how technology might enable certain, but simultaneously constrain other forms of content representation. TPK refers to knowledge about how technology and pedagogy relate to each other, meaning how technology can afford certain forms of teaching and learning and how it might constrain other forms of teaching and learning. Finally, TPACK is understood as situated, flexible combination of content, pedagogical and technological knowledge that teachers activate dependent on the teaching context.

The TPACK framework has gained exceptional recognition both among researchers and teachers (Herring et al., 2016). Yet, there appear to be different concepts on what it actually means to “have” TPACK. On one end of the spectrum, TPACK is studied as knowledge (Cheng & Xie, 2018; Jang & Tsai, 2013), on the other end, it is investigated as competence (Kafyulilo et al., 2015). While “TPACK as knowledge refers to something that the teachers possesses, such as concepts, rules or procedures”, TPACK as competence refers to the observable behavior in actual teaching situations (Willermark, 2018, p. 318).

TPACK as knowledge has gained considerably more attention than TPACK as competence in related research. The few studies that investigated TPACK as situation-specific skills in between the two ends have mostly focused on how teachers *plan* technology use in classrooms (Willermark, 2018). However, other important situation-specific skills such as the *reasoning* about technology-enhanced classroom situations have seldomly found their way into TPACK research and might therefore still be “under-theorised in TPACK scholarship” (Harris et al., 2017). Thus, research on professional vision that conceptualizes teachers’ professional reasoning processes based on findings on teacher expertise might help to further conceptualize teachers’ situation-specific TPACK in terms of their reasoning.

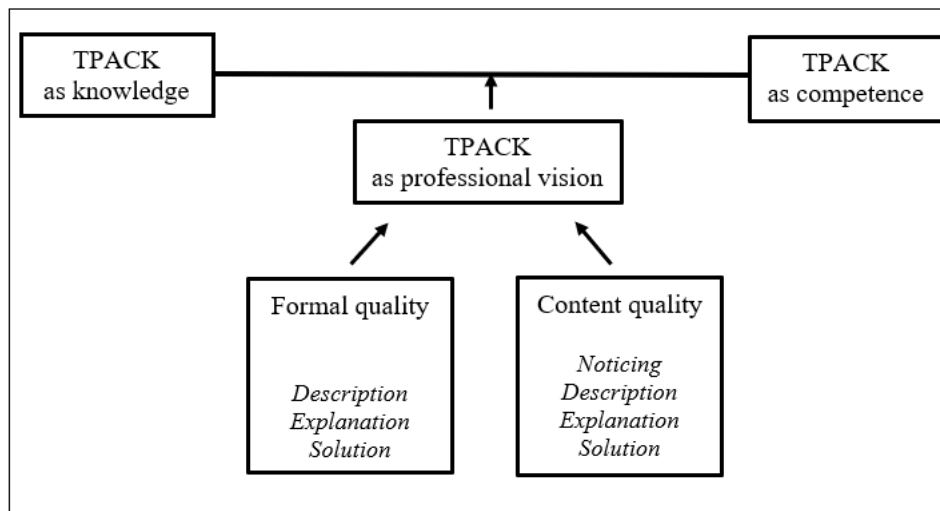
Conceptualizing teachers’ TPACK from a professional vision perspective

Research on professional vision has mainly been established in the field of video-based professional development of teachers and pre-service teacher education with a strong emphasis on

results from research on teacher expertise (Berliner, 2001; Borko & Livingston, 1989; Carter et al., 1988). Findings show that expert teachers are better able than novice teachers to describe classroom situations, detect specific classroom-based activity patterns, develop hypotheses and explanations of how different classroom situations are linked and present solution strategies (Carter et al., 1988). These differences are explained by expert teachers' more elaborate, complexity-reducing cognitive schemata acquired by means of their teaching experience and their pedagogical content knowledge. Thus, most conceptualizations emphasize two components of professional vision: noticing and knowledge-based reasoning (König et al., 2014; Sherin et al., 2011). *Noticing* refers to the ability to detect relevant events in classroom (Seidel & Stürmer, 2014; van Es & Sherin, 2002), while *knowledge-based reasoning* is understood as the ability to reflect on the relevant events based on one's own knowledge (Sherin, 2007). Knowledge-based reasoning is often subdivided in (a) the description (or evaluation) of the relevant events, (b) the explanation (and prediction) of effects and (c) the generation of a solution by elaborating on alternative teacher actions (Kersting et al., 2010; Santagata & Guarino, 2011; Seidel & Stürmer, 2014; van Es & Sherin, 2002). However, in line with evidence suggesting that pre- and in-service teachers mostly only describe events without any form of guidance (Seidel & Prenzel, 2007; Stürmer, Seidel, & Kunina-Habenicht, 2015; van Es & Sherin, 2002, 2008), the latter two sub-processes appear to be more difficult to execute (Seidel & Stürmer, 2014) and thus represent the central quality indicators of professional vision (van Es, 2011; van Es & Sherin, 2002).

While one focus of professional vision models is placed on the *formal quality* of professional vision by measuring which and how well teachers enact the outlined knowledge-based reasoning components or sub-components (Sherin & van Es, 2009; van Es & Sherin, 2008), another is placed on the *content quality* by measuring the degree to which relevant aspects are noticed (see Sherin & van Es, 2009; van Es & Sherin, 2008) and by measuring the adequate application of scientific knowledge when performing knowledge-based reasoning components (see Gold & Holodyski, 2017; Meschede et al., 2017; Stürmer & Seidel, 2015). We propose to take the formal quality as well as the content quality into account when measuring teachers' TPACK as manifested in their professional vision (see Figure 1).

Figure 1. TPACK as professional vision on the spectrum between TPACK as knowledge and TPACK as competence.



Note. Adapted from Willermark (2018).

With regard to the *content quality* of teachers' TPACK-PV, numerous studies have shown that teachers generally make little use of scientific knowledge in their teaching (Bergner, 2018; Hagger et al., 2008; Nelson et al., 2017). This appears to not only be true for teaching in general, but also applies to technology-enhanced teaching (Sailer et al., 2017). Besides personal beliefs, attitudes and organizational conditions, one reason seems to be the lack of knowledge about how to adequately use scientific knowledge (Lysenko et al., 2014). Empirical evidence suggests that in particular pre-service teachers have difficulties to adequately use certain knowledge facets (PK/TPACK) in order to explain events and to develop alternative strategies (König & Kramer, 2016; Kramarski & Michalsky, 2009; Meschede et al., 2017; Seidel & Prenzel, 2007).

Much less is known with regard to the *formal quality* of teachers' TPACK-PV. In the field of professional vision, van Es and Sherin (Sherin & van Es, 2009; van Es & Sherin, 2002, 2008) as well as others (Santagata & Angelici, 2010; Yeh & Santagata, 2015) found that pre-service as well as in-service teachers tend to focus on the description and evaluation instead of the explanation of events if they do not receive any form of guidance. Similar observations were made outside of the field of professional vision. For example, in a study of Csanadi et al. (2020), pre-service teachers rarely generated any explanations of problems that occurred in a fictitious classroom case, but were more likely to generate solutions for problems. Yet, research on the formal quality of teachers' TPACK-PV seems to be very scarce to date.

Fostering pre-service teachers' TPACK-PV

Results on in- and pre-service teachers' professional vision and TPACK point to an obvious need to facilitate their TPACK-PV. We argue that to acquire TPACK-PV, learning with authentic classroom cases is likely to be beneficial: They illustrate the complexity of classroom teaching, yet without the necessity to act immediately (Sherin, 2004; van Es et al., 2014). Reasoning about such cases may enable pre-service teachers to apply their knowledge, prompt them to generate predictions and explanations and provides the opportunity for continuous learning by reflecting former (case) experiences (Kolodner et al., 2003).

Such cases may come in different formats. Most research in the domain of professional vision makes use of video cases (König et al., 2014; Meschede et al., 2017; Sherin & van Es, 2009; Stürmer & Seidel, 2015). However, written cases have been used as well, at times even documenting certain advantages over the use of video cases: While Kramer et al. (2017) could not find any differences in pre-service teachers' development of professional vision dependent on the type of material presentation (written or video-based), Syring et al. (2016) reported that pre-service teachers stated less cognitive load when working with written compared to video cases. Thus, at least for pre-service teachers, the use of written cases seems to hold certain promises in order to help them develop TPACK-PV.

Still, in order to use the potentials of learning with authentic cases, further instructional guidance is needed (Kirschner et al., 2006) that fosters the content and form quality of pre-service teachers' TPACK-PV. Yet, experimentally-based results on the effects of selected instructional elements that are investigated independent of complete long-term training approaches are still lacking in research on TPACK and professional vision (Gold et al., 2013; Janssen & Lazonder, 2016; Stürmer et al., 2016).

However, individual instructional elements might already turn out to be effective in enhancing pre-service teachers' TPACK-PV. For example, learning by mapping as a generative learning strategy (Fiorella & Mayer, 2016) has been shown to support learners in their acquisition of knowledge from texts (Ponce & Mayer, 2014). Thus, this type of instructional element might help pre-service teachers to more easily represent scientific knowledge cognitively and therefore to more adequately apply it to technology-enhanced teaching situations. In the context of evidence-based reasoning, first evidence from Klopp and Stark (2018) indicates that learning from worked examples might enhance pre-service teachers' knowledge about relevant processes (form quality) and the adequate use of scientific knowledge (content quality) when reasoning about technology-enhanced teaching situations. We therefore decided to implement and

investigate the effectiveness of these two instructional approaches in the context of TPACK-PV development.

Learning by mapping as a means to foster content quality

In order to guarantee a high content quality of TPACK-PV, research illustrates the crucial role of pre-service teachers' PK (König et al., 2014; König & Kramer, 2016; Stürmer, Könings, & Seidel, 2015). Thus, pre-service teachers should be supported in their development of a firm conceptual knowledge base about relevant scientific knowledge before actually studying classroom cases (Seidel et al., 2013). To achieve this, one promising approach is learning by mapping. This includes a range of techniques in which learners create a configuration of words that are spatially linked to each other based on a text (Fiorella & Mayer, 2015). For example, pre-service teachers might be asked to map the content of one or several scientific texts on technology-enhanced teaching before reasoning about a case.

Learning by mapping is believed to not only afford students to select relevant information to be used as nodes, but also to structure links in a consistent way and to relate the learning material with prior knowledge in order to create a meaningful overall structure (Fiorella & Mayer, 2016). Single studies as well as a review and a meta-analysis confirm the positive effect of learning by mapping compared to other conditions (Fiorella & Mayer, 2015; Ponce & Mayer, 2014; Schroeder et al., 2018). For example, Ponce and Mayer (2014) found that students who created a graphic organizer of a text on different types of steamboats outperformed students who only took notes as well as students who only read the text in a consecutive knowledge test.

There are different theoretical approaches such as the Interactive Constructive Active Passive framework (ICAP; Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014) or the Select-Organize-Integrate framework (SOI; Mayer, 2014) that offer explanations for the positive effects of mapping. For example, in the ICAP framework of Chi and colleagues (Chi, 2009; Chi et al., 2018; Chi & Wylie, 2014) learning by mapping is conceptualized as an overt constructive learning activity as it involves the generation of knowledge products that go beyond the initially provided learning material. At the cognitive level, overt constructive learning activities are assumed to afford the creation of new knowledge by inference. Thus, the ICAP framework postulates that an engagement in a constructive mode compared to an engagement in a passive (e.g., reading, listening) or active mode (e.g., underlining, copying) should result in better learning outcomes, as it involves more high-level cognitive processes than the latter.

However, it is possible that learners do not generally benefit from learning by mapping. For example, in a study with seven-graders Scheiter et al. (2017) showed that the quality of visualizations that students produced on the basis of a text on the greenhouse effect was positively associated with students' consequent learning outcomes, referred to as prognostic drawing effect (Schwamborn et al., 2010). Thus, the positive effects of mapping only seem to materialize when the maps learners create are at a high-quality level.

Learning from worked examples as a means to foster form and content quality

In research on professional vision, prompting measures have been demonstrated to be successful in facilitating the form quality of pre-service teachers' and in-service teachers' professional vision (Santagata & Angelici, 2010; Santagata & Guarino, 2011; van Es & Sherin, 2002). For example, Santagata and Guarino (2011) found pre-service teachers to improve the formal quality of explanation and solution when analyzing classroom videos after they were scaffolded in their video analysis by means of questions prompting them to perform relevant reasoning activities.

However, results of Wekerle and Kollar (2019) indicate that prompting approaches might need to be enhanced by more elaborated forms of guidance that not only facilitate the form quality but also the content quality of pre-service teachers' TPACK-PV. One prominent approach in this regard constitutes worked examples (Atkinson et al., 2000; Renkl, 2014; Sweller et al., 1998). They consist of a problem statement, solution steps and a (correct) solution. By studying worked examples, learners ideally identify the domain principles relevant to problem solving. By this means, they support learners' initial skill acquisition (Renkl, 2014). The value of worked examples has been demonstrated in numerous studies in different domains (e.g. physics: van Gog et al., 2006; design: Rourke & Sweller, 2009), as illustrated in the positive effect on students' learning outcome determined in a meta-analysis by Crissman (2006). In addition, in the context of evidence-based reasoning, Klopp and Stark (2018) found that studying worked examples compared to studying non-relevant texts increased pre-service teachers' knowledge about the formal quality and the quality of pre-service teachers' explanations in terms of content quality.

The positive effect of studying worked examples as compared to having students solve problems early-on by themselves is most often explained by Cognitive Load Theory (CLT; Sweller et al., 1998; Sweller et al., 2019). CLT is based on the central assumption that the processing of information while learning is determined by the restricted capacity of working

memory. The theory differentiates between three types of cognitive load that influence the capacity of the working memory: intrinsic, germane and extraneous load. Intrinsic load refers to the load induced by the complexity of the information, extraneous load to the load induced by the kind of (often unfavorable) presentation of information and germane load refers to the function of redistributing extraneous to intrinsic load (Sweller et al., 2019). While conventional problem solving affords the use of mean-ends-analysis that usually causes high levels of extraneous load, worked examples are assumed to help learners infer abstract solution strategies and accordingly encourage generative activities (germane load) resulting in better knowledge transfer (Sweller et al., 1998; Sweller et al., 2019).

One crucial aspect that moderates the effect of worked examples is learners' self-explanation of the solution steps (Renkl, 2014), as demonstrated by Hilbert and Renkl (2009). In two studies, they found students who received worked examples on how to apply a new learning strategy to outperform students who solely applied the learning strategy in consecutive knowledge tests, but only when they additionally received self-explanation prompts. These self-explanation prompts were provided in the form of questions that asked students to identify the learning strategy phase illustrated in the respective worked example and explain reasons for the identification. Thus, in order to enhance pre-service teachers' adequate engagement with worked examples, adding self-explanation prompts to worked examples seems to be promising (Schworm & Renkl, 2007). Overall, the implementation of worked examples might serve as an appropriate means to enhance the formal and the content quality of pre-service teachers' TPACK-PV and its different facets.

Overview of the study and hypotheses

In this study, we investigated the effects of learning by mapping on the content quality and the effects of worked examples on the formal and content quality of pre-service teachers' TPK-PV in a written case-based learning environment. We decided to focus on TPK-PV, not TPACK-PV, in order to make more general, content-independent assertions about the effects of learning by mapping and from worked examples. Students first read texts about evidence-based theories focused on PK (reading) or were additionally instructed to create a map on the text content (mapping). Then, they worked with written cases of classroom lessons that included technology-enhanced teacher and student actions without referring to any teaching subject (TPK-PV). They either received worked examples on how to reason about these cases and were prompted to self-explain them (worked examples), or were asked to reason about these cases without further instruction (problem solving).

H1: Effects of mapping and quality of maps on PK and content quality of TPK-PV

First, we were interested in the degree to which mapping compared to reading would affect PK and the content quality of pre-service teachers' TPK-PV. In addition, we aimed to find out to what extent the quality of pre-service teachers' maps would be associated with pre-service teachers' PK and the content quality of pre-service teachers' TPK. We set up the following hypotheses:

(H1a) Learning by mapping results in higher PK and content quality than mere reading.

(H1b) The quality of maps is positively associated with PK and content quality.

Hypothesis 1a is based on the generation effect outlined in the ICAP-framework (Chi & Wylie, 2014) and the SOI-framework (Mayer, 2014) as well as on empirical findings (Ponce & Mayer, 2014; Schroeder et al., 2018) illustrating positive effects of learning by mapping on learning outcome. Hypothesis 1b based on the prognostic drawing effect (Scheiter et al., 2017; Schmeck et al., 2014; Schwamborn et al., 2010) that hints at the quality of visualizations as an important factor to influence learning outcome positively.

H2: Effects of worked examples on formal and content quality of TPK-PV

Second, we sought to assess in what way learning from worked examples would affect the formal and content quality of pre-service teachers' TPK compared to problem solving. We set up the following two hypotheses:

(H2a) Learning from worked examples results in a higher formal quality than problem solving.

(H2b) Learning from worked examples results in a higher content quality than problem solving.

The two hypotheses were based on research on the worked example effect (Sweller et al., 1998; Sweller et al., 2019) and on results of Klopp and Stark (2018) that pointed to the positive effects of learning from worked examples on formal and content quality.

Method***Participants***

252 pre-service teachers from a German university voluntarily participated in the study in the context of an advanced psychology lecture. The study took place in two waves, i.e. in winter term 2018/2019 and in summer term 2019. Pre-service teachers were predominantly female (74%), around 22 years old ($M = 22.23$, $SD = 1.55$) and on average in their 4th to 5th semester ($M = 4.62$, $SD = 1.55$). Around half of the participants studied to become high school teachers

(53.6%), the remaining pre-service teachers studied to become elementary school teachers (46.4%). Participants' average prior grade in basic Psychology lectures was a 2 (good, $M = 2.17$, $SD = 0.71$) on a theoretical range from 1 (very good) to 5 (poor). In terms of practical experiences, pre-service teachers had completed around three internships ($M = 2.78$, $SD = 1.17$) and stated to use digital technologies on average four hours per day ($M = 4.00$, $SD = 2.14$).

Design

We investigated the two between-subject factors mapping (reading vs. mapping) and worked examples (problem solving vs. worked examples) independent from each other as main effects in a 2 x 2 between-subjects design. We did not expect an interaction effect of the factors to occur as, so far, there seem to be no theoretical considerations or empirical findings that would suggest treatment interactions. Participants were randomly assigned to one of the following four conditions: reading + problem solving ($N = 59$), reading + worked examples ($N = 63$), mapping + problem solving ($N = 62$), reading + worked examples ($N = 68$).

Procedure

The study was administered in the computer labs of the university via an online-based learning environment in two consecutive weeks during winter and summer term. In the first week, participants were invited to a 90 minutes session. In this session, they first answered demographic questions about their gender, age, semester, type of study program, internships, prior grades and their use of technology. Then, they received a written classroom case in an open answer format and were asked to reason about one problem in the respective case. Afterwards, they were also requested to describe their own reasoning approach regarding the case (data not included in the analyses). Participants were also tested for their prior knowledge (PK). This pre-test was followed by the first intervention phase (PK acquisition phase) in which participants were either prompted to read three texts about evidence-based theories (reading conditions) or to read them and additionally create one mind map based on the three texts (mapping conditions).

Before the second intervention phase (case analysis phase), all participants received a short description on how to reason about classroom cases based on models of professional vision including four steps (noticing, description, explanation, solution). In the case analysis phase, students in the problem-solving conditions then received two classroom cases and were again asked to reason about problems in these cases. Students in the worked examples conditions received the identical classroom cases, but also corresponding worked examples with self-explanation prompts that were introduced in a step-wise fashion (see 2.3).

In the second week, again within a maximum time frame of 90 minutes, the case analysis phase continued in which participants were to reason about a third case. In addition, a post-test was administered. The post-test consisted of another classroom case, in which all participants were to reason about problems in this case without any guidance. Then again, participants described their reasoning process (data not included in the analyses) and were tested for their PK. At the end, all participants were able to study the correct solutions of the PK test and exemplary solutions on how to reason about one of the classroom cases.

Table 1. Overview of the study procedure.

Study element	Scheduled time (minutes)
<i>Pretest</i>	30
Demographics	5
Unguided reasoning about a case	10
Description of own reasoning	5
PK test	10
<i>Intervention</i>	76
PK acquisition phase	
Reading theory texts vs. mapping theory texts	20
Information on reasoning	3
Case analysis phase	
Case 1: Problem solving vs. studying worked example	17
Case 2: Problem solving vs. studying worked example	17
Case 3: Problem solving vs. studying worked example	17
<i>Posttest</i>	37
Unguided reasoning about a case	17
Description of own reasoning	10
PK test	10

Material

The PK acquisition phase was based on three texts dedicated to the ICAP framework (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014), CLT (CLT; Sweller et al., 2019) and quality dimensions of teaching (QDT; Kunter & Voss, 2011). All three texts were identical in length (493 words). An example of a theory text (CLT) can be found in Appendix A. Participants received the texts as printed material. Students in the reading as well as the mapping conditions received the same prompt in the learning environment: “Please attentively read the theory texts regarding the ICAP-model, Cognitive Load Theory and the dimension of teaching quality that you find upside down on your desk”. Students in the mapping conditions were further instructed by the learning environment to create a combined mind map (visualization) of all the three theory texts in which

the most important terms of the three theories would occur and be linked to each other. Visualizations were to be created on a sheet of paper. The learning environment informed students from all conditions that they would have 20 minutes after which they would be forwarded to the next page in the environment. Also, the learning environment prompted students to use all of the time to read or to create the visualization and suggested that all text content would be important in order to professionally analyze the subsequent cases.

The case analysis phase consisted of three digitally presented cases which described lessons of three teachers that used different technological tools in order to enhance their teaching. Each of these cases was constructed in a way that it contained between ten and twelve problems in teachers' technology-enhanced teaching based on the three theories outlined above (e.g., provision of hypertext by teacher without any further instruction that engages students in other than passive learning activities; high extraneous load due to lack of guidelines or support on how to perform an online search). Descriptions did not include any information on lesson content as we intended to measure TPK, and not TPACK. Length of the cases was between 393 and 412 words. An example of a case is depicted in Appendix B.

Students in the problem-solving conditions were prompted to analyze three problems in the respective cases in an open-ended format. Participants in the worked examples conditions also received the three cases, but instead of prompting them to analyze the problems in each of the cases, they were requested to attentively read the corresponding exemplary case analysis by a certain fictitious student (e.g., Lea). To control for time on task, participants were informed to spend 17 minutes analyzing each of the cases. Each of the case analyses consisted of three problems that were analyzed. An analysis of a problem comprised a description of the four steps (noticing, description, explanation, solution) of professional vision implemented by the fictitious student. These steps were introduced by a short general description of how these steps should be executed. Each step was accompanied by two self-explanation prompts. The first prompt asked participants to mentally explain to oneself why the fictitious student has written this answer down the way she or he did. The second prompt requested participants to (mentally) consider if they would have written down the same as the fictitious student and to (mentally) reflect upon why or why not. An example for an analysis of one problem is depicted in Appendix C. Each reasoning step was represented on a separate page. Participants were automatically forwarded from one reasoning step to the next. While participants had 60 seconds each to read and reflect upon the first two steps (identification and description), the other two steps (explanation and solution) were visible for 90 seconds. Thus, studying one worked example or one case analysis took 17 minutes in total.

Measures

PK

Participants' PK was assessed during post-test via twelve multiple-choice questions that tapped pre-service teachers' knowledge about ICAP, CLT and QDT as presented in the texts. Multiple-choice items were developed by two content experts in the field of teaching and learning. Each evidence-based theory was measured by means of four multiple-choice questions. For each multiple-choice question, four possible answers were presented. Each of them could be either correct or false. Hence, the theoretical maximum was 48 points. The internal consistency of the test was acceptable (Cronbach's $\alpha = .68$).

TPK-PV

Pre-service teachers' TPK-PV was measured on the basis of their open-ended answers to a classroom case presented in the post-test. The case was comparable in length (424 words) and number of problems (13 problems) to the cases participants worked with in the case analysis phase. Participants were prompted to analyze three problems of the case. Their answers were segmented in a content-based manner, in that every problem mentioned and the corresponding analysis was separated from other problems and corresponding analyses. Based on conventions regarding the quantity of coding for reliability (between 10% and 20%; Wecker et al., 2012), 11% of the data were segmented by two independent trained raters. Interrater reliability regarding segmentation was determined based on suggestions of Strijbos et al. (2006) to take potential overlap of segment boundaries from the perspective of the different raters into account when computing proportion agreement of raters. Interrater-agreement was very good from the perspective of both coders (97% and 96%). The remaining data was segmented by one rater.

Formal quality. In order to determine the occurrence of knowledge-based reasoning components (description, explanation, solution; see Table 2), the problems that were identified by a participant were coded based on a coding scheme with three variables, one for each component. A segment was coded as "component does not occur in the segment" (0) or "component occurs in the segment" (1). For all the components 10% of segments were coded by two independent trained raters. An acceptable to good interrater reliability was achieved (see Table 2). The remaining data was coded by one rater. As explanation and solution are understood as the main quality indicators of professional vision (van Es, 2011; van Es & Sherin, 2002), only these two components were included in further analyses. For this purpose, a combined score of explanation and solution was averaged across all segments with a theoretical maximum of 2.

Content quality. To determine the content quality of TPK-PV, participants' noticing of relevant problems and the quality of their explanation and solution were measured. A coding scheme with two categories was developed to analyze noticing. If participants did not identify a relevant problem in their problem analysis, the segment was coded with 0. If they identified a relevant problem according to the sample solution developed by the two content experts based on the theory texts, the segment was coded with 1 (see Table 2). Based on 10% of segments the interrater reliability of the two independent trained raters was perfect (Cohen's $\kappa = 1.00$). The remaining data was coded by only one rater. For further analyses, a mean across all segments was calculated.

Content quality of participants' explanations and solutions was again assessed based on the segmented problem analyses of participants. We developed two coding schemes (see Table 2). Description as a negligible component of professional vision was not investigated any further within this study. Participants' explanations and solutions received codes from "no use of scientific theories" (0) to "accurate use of scientific theories" (3). The coding of the two components was only realized for segments that included explanations or solutions as form components. Around 12% of explanation and 14% of solution form segments were coded by two independent trained raters. Interrater reliability was good (see Table 2). The remaining data was coded by one rater. Means across all explanation and all solution segments were used in further data analyses.

Table 2. Coding scheme for formal quality, content quality and quality of maps with interrater reliability indicators.

Name	Description	Prototypical examples	Interrater reliability
Formal quality			
Description	Description of a problem in own words	“The teacher scheduled too much time for showing expert videos.”, “The funny cartoons on the slides might pose a problem.”	Cohen’s $k = .83$ (Pre) Cohen’s $k = .82$ (Post)
Explanation	Classification of a problem and/or illustrations of problem-related cause-effect relationships	“The lack of students’ span of attention might have caused them to not focus on the video, but instead to talk to each other.”, “According to Cognitive Load Theory, the use of cartoons that are irrelevant to the lessons’ topic might induce extraneous load on learners.”	Cohen’s $k = .72$ (Pre) Cohen’s $k = .69$ (Post)
Solution	Development of goals and/or measures to improve the problem situation	“The teacher should have split up the video into different segments and ask comprehension questions after each segment.”, “In order to reduce cognitive load, the teacher should remove the irrelevant cartoons from the slides. Instead, she might integrate cartoons relevant to the topic on hand.”	Cohen’s $k = .89$ (Pre) Cohen’s $k = .78$ (Post)
Content quality			
Noticing	Quotation of a problematic aspect in line with sample solution based on scientific theories	“After entering the solution, the correct answer is displayed to students.”, “When comprehension questions occur, the teacher refers the students to other group members and the possibilities of the internet.”	Cohen’s $k = 1.00$
Explanation	No use of scientific theories to explain problem	“Students who are not involved in hands-on classroom activities will not improve their learning.”	ICC (2,1) = .91
	Non-accurate use of scientific theories to explain problem	“According to the ICAP framework, engagement in passive learning activities as shown by students in the classroom case is effective for student learning.”	
	Partly accurate use of scientific theories to explain problem	“According to the ICAP framework, engagement in receptive learning activities as shown by students in the classroom case is not effective for student learning.”	
	Accurate use of scientific theories to explain problem	“According to the ICAP framework, engagement as shown by students in the classroom case is assumed to only afford isolated storing processes. Consequently, they are expected to facilitate students’ learning outcomes only to a minor degree (compared to other types of learning activities).”	
Solution	No use of scientific theories to solve problem	“In order to facilitate students’ learning, the teacher should rework the slides to make them more comprehensible.”	ICC (2,1) = .79
	Non-accurate use of scientific theories to solve problem	“In order to facilitate students’ knowledge acquisition, the teacher should aim at a high intrinsic load of students by presenting more text on the slides.”	
	Partly accurate use of scientific theories to solve problem	“In order to facilitate students’ knowledge acquisition, the teacher should aim at reducing students’ extraneous load by presenting more text on the slides.”	
	Accurate use of scientific theories to solve problem	“In order to facilitate students’ knowledge acquisition, the teacher should aim at reducing students’ extraneous load by eliminating irrelevant information such as the cartoons.”	
Quality of maps			
	Incomplete – less than majority of central theory elements mentioned	“classroom management” (QDT)	ICAP: ICC (2,1) = 1.00
	Rather incomplete – majority of central theory elements mentioned	“extraneous load, intrinsic load, germane load” (CLT)	CLT: ICC (2,1) = .95
	Rather complete – majority of central elements and at least one corresponding second-order element (such as characteristics, relationships, consequences, and examples) for the majority of central elements mentioned	“passive → reading (example activity), active → underlining text (example activity), constructive → mapping (example activity), interactive → discussing in small groups (example activity)” (ICAP)	QDT: ICC (2,1) = 1.00
	Complete – majority of central and second-order elements mentioned	“intrinsic load → complexity of content (characteristic) → dependent on prior knowledge + element interactivity (relationship), extraneous load → induced by learning environment characteristics not related to knowledge construction (characteristic), irrelevant illustration (example), germane load → induced by processes relevant to learning (characteristic), comparison of information (example), adding up of types of load → cognitive overload (relationship) → reduction of extraneous load (consequence)” (CLT)	

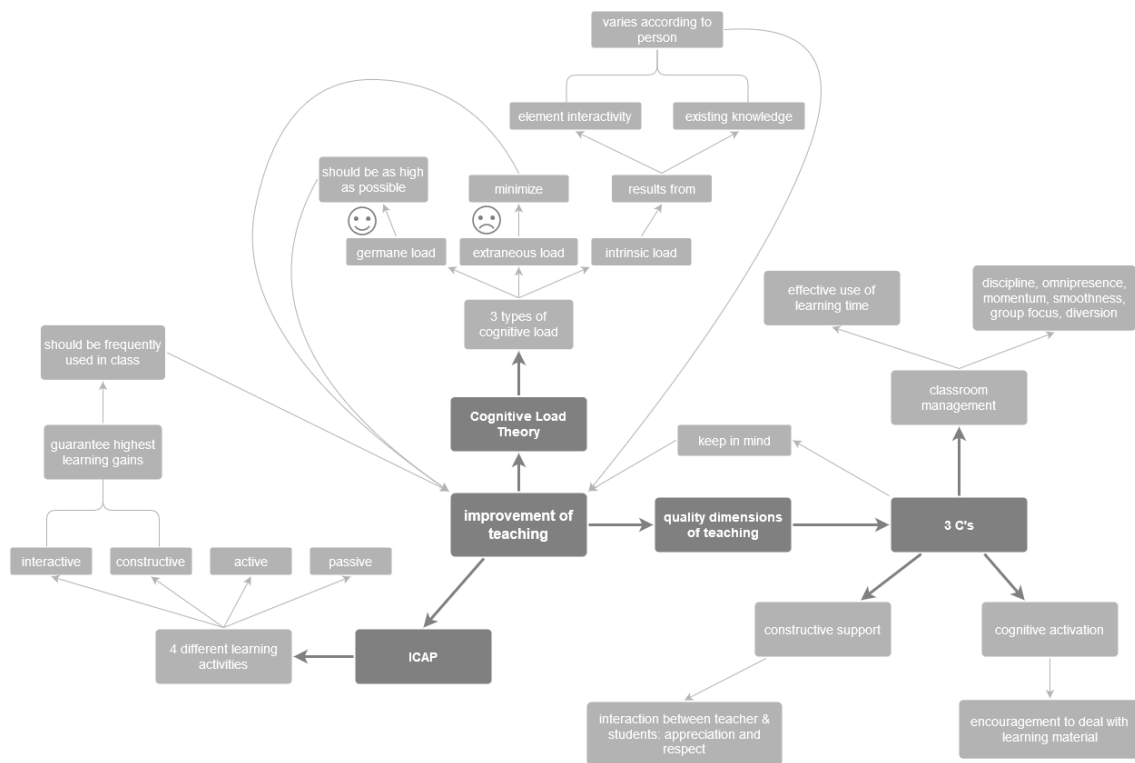
Note. CLT = Cognitive Load Theory, ICAP = Interactive-Constructive-Active-Passive framework; QDT = Quality dimensions of teaching.

Quality of maps

The assessment of the quality of participants’ maps was realized by three coding schemes, one for each evidence-based theory (ICAP, CLT, QDT; coding scheme see Table 2). The coding schemes were based on the central theory elements represented in the texts. Participants’ visualizations (example see Figure 2) were marked from incomplete (0) to complete (3) depending

on the degree of elements represented in participants' maps relative to the central theory elements in the text. 18% of participants' maps were rated by two independent trained raters. Interrater reliability was excellent for all three coding aspects (see Table 2). The remaining data was again coded by one rater. In the following analysis, the mean of the three scores for the different theories was used as indicator of quality of maps.

Figure 2. Example map created by a participant.



Note. This map was digitally reworked in order to include translations.

Control variables

To control for participants' prior knowledge, a test to assess participants' prior PK and a test to assess the prior formal quality were used during pre-test. Participants' PK was measured with the same items as described earlier in the section PK (2.4.1.). The internal consistency of the test was acceptable (Cronbach's $\alpha = .65$).

To assess prior formal quality, a short version of the second intervention and post-test cases was developed which was reduced in length (212 words). Participants were requested to analyze one of the problems in an open-ended manner. There was no further guidance provided. Analogous to the post-test measure, a problem-based segmentation was performed. First, 10% of the data were segmented by two independent raters. Interrater reliability was good from the

perspective of both raters (87% and 88%). Then, analogous to the post-test, segments were coded for description, explanation and solution with code 0 referring to no occurrence of the respective component and code 1 meaning that the respective component occurred in the segment. Interrater reliability based on 13% (explanation), 14% (description) and 15% (solution) of the data revealed good to very good values (see Table 2). For further analyses, a combined score of explanation and solution was averaged across all segments.

Statistical analyses

To test our hypotheses, we performed structural equation modeling with maximum likelihood estimation with robust standard errors (MLR) in Mplus 8 (Muthén & Muthén, 2017) as it offers the opportunity to include multiple independent and outcome variables simultaneously and specify their relationships (Hoyle, 2015; Ullman & Bentler, 2012).

To test Hypothesis 1a which assumed that learning by mapping should result in higher PK and content quality than mere reading, we used mapping and prior PK as predictors, and PK, noticing, content quality of explanations and content quality of solutions as outcome variables. All variables were included as manifest variables. As it is thus considered a saturated model, fit indices are not presented. In order to determine the unique contribution of mapping in explaining the variance of the outcome variables (ΔR^2), a second model was estimated with prior PK as the only predictor.

In order to test Hypothesis 1b which assumed that the quality of maps should be positively associated with PK and content quality, we used quality of maps and prior PK as predictor variable and PK, noticing, content quality of explanations and content quality of solutions as outcome variables (saturated model). Again, a second model with quality of maps as single predictor was estimated in order to determine the unique contribution of quality of maps to the explanation of variance in the outcome variables.

To analyze the hypothesized positive effects of learning by worked examples compared to problem solving on formal quality (H2a) and content quality (H2b), we modeled paths from prior formal quality and worked examples on the formal quality and from prior PK and worked examples on noticing, content quality of explanation and content quality of solution. A second model with worked examples as single predictor was established with the aim to assess the unique explained variance of worked examples in the outcome variables.

Results

Preliminary analyses

In order to determine if pre-service teachers who participated in the winter term 2018/19 or summer term 2019 were different from each other regarding their prerequisites, we analyzed the effect of cohort on prior PK and on prior formal quality via *t*-tests. We found no significant differences, neither for prior PK ($t(250) = 0.69, p = .50$) nor for prior formal quality ($t(250) = 1.40, p = .16$).

H1: Results on effects of mapping and quality of maps on PK and content quality of TPK-PV

Descriptive data in Table 3 illustrate that means for noticing were rather high for students of both mapping and reading conditions. Nevertheless, students of the reading conditions demonstrated a problem noticing rate of 94% percent, while students of the mapping conditions only reached a rate of 86% percent. In contrast, means in reading conditions and mapping conditions were comparable for explanations and also equally low for solutions.

Table 3. Descriptive data for reading and mapping conditions .

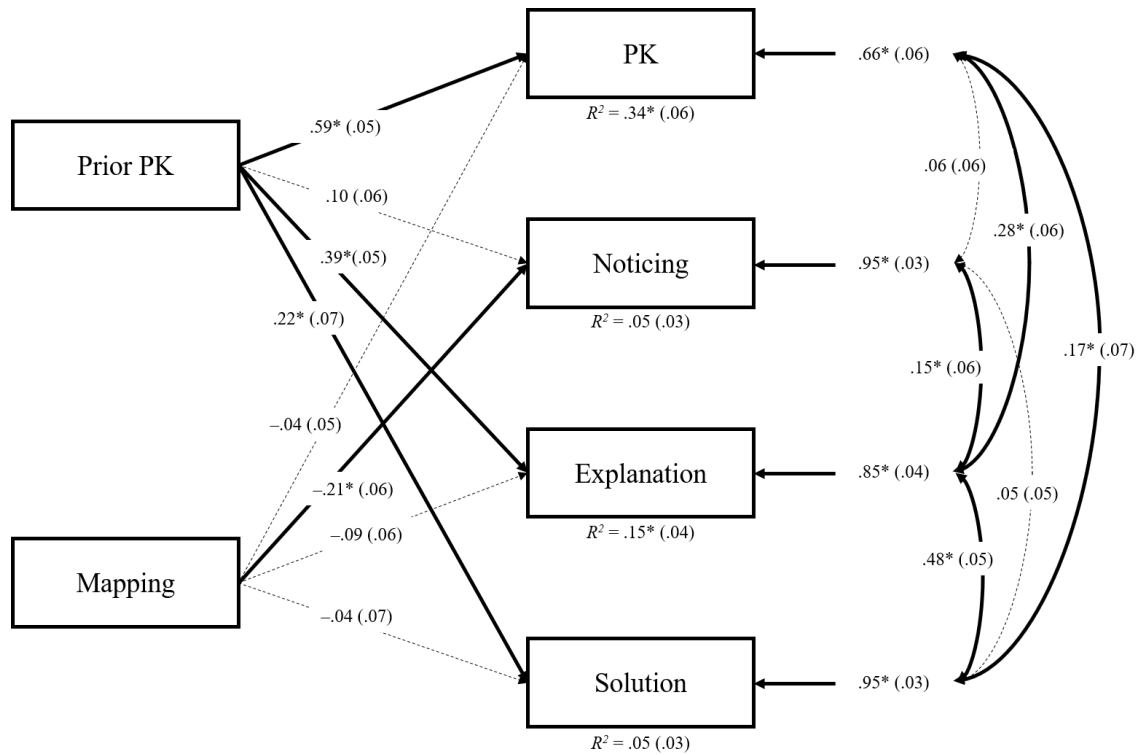
Variable	Theoretical maximum	Reading		Mapping	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>Pre-test</i>					
Prior PK	48.00	33.75	5.05	34.53	4.37
<i>Post-test</i>					
PK	48.00	36.94	4.85	36.99	4.16
Content quality					
Noticing	1.00	0.94	0.16	0.86	0.23
Explanation	3.00	1.24	1.10	1.18	1.05
Solution	3.00	0.56	0.86	0.57	0.93
Quality of maps	3.00			1.53	0.64

Note. Means (*M*) and standard deviations (*SD*) for PK, formal quality, noticing, content quality of explanation, content quality of solution and quality of maps for pre-service teachers in reading and mapping conditions.

Results of structural equation modeling showed that, overall, prior PK turned out to be a significant predictor for PK and content quality, except for noticing. In contrast, mapping significantly predicted noticing, but surprisingly in a negative direction. However, the unique variance explained by mapping was small ($\Delta R^2 = .04, \Delta SE = .02$). Thus, in the model with prior

PK and mapping, the explained variance of noticing by prior PK and mapping was not significant. Mapping neither functioned as significant predictor for PK nor for content quality of explanation and solution. Results can be found in Figure 3.

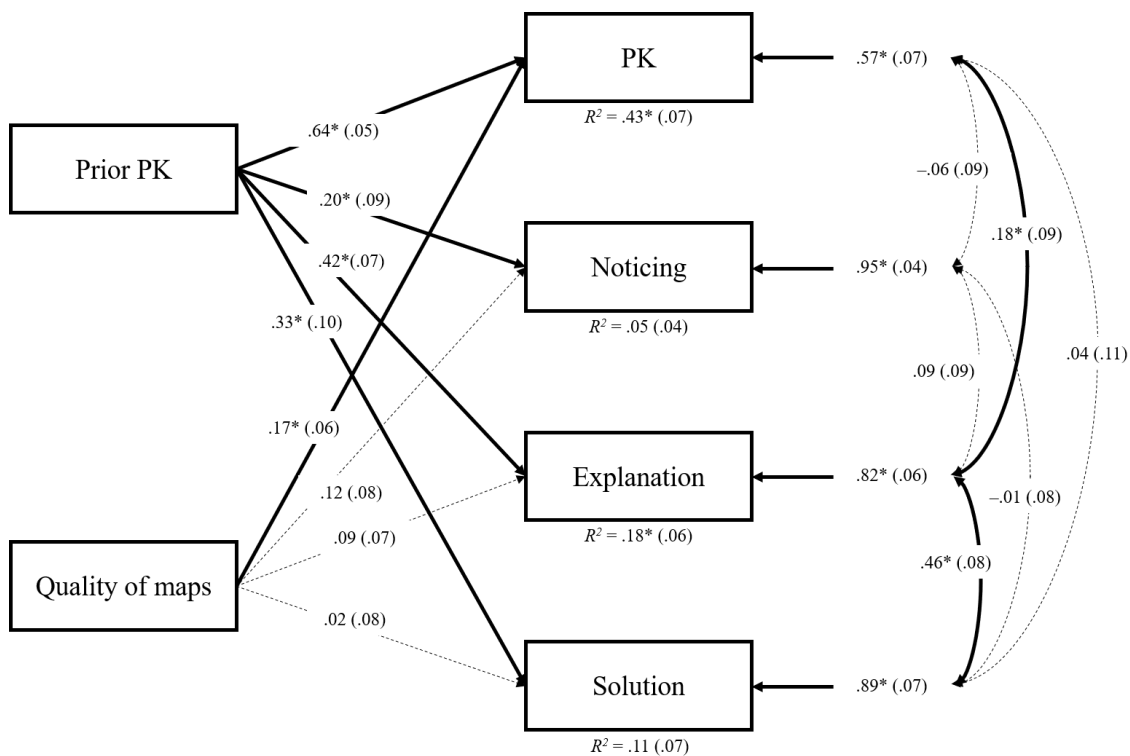
Figure 3. Results of structural equation modeling the effects of prior PK and mapping.



Note. Presented are the standardized coefficients and standard errors in parentheses. * $p < .05$.

Results of structural equation modeling on the associations of quality of maps with PK and content quality illustrated the following pattern: While prior PK significantly predicted PK and content quality, quality of maps only functioned as predictor for PK, but not for content quality. The unique contribution of quality of maps to the explanation of variance in PK, again determined by a comparison with a second model with prior PK as single predictor, was rather small ($\Delta R^2 = .09$, $\Delta SE = .02$). Results are detailed in Figure 4.

Figure 4. Results of structural equation modeling the effects of prior PK and quality of maps.



Note. Presented are the standardized coefficients and standard errors in parentheses. $*p < .05$.

H2: Results on effects of worked examples on formal and content quality of TPK-PV

With regard to formal quality, descriptive data in Table 3 revealed that participants in the worked example and problem-solving conditions demonstrated rather high, but comparable means in the pretest. Even though means increased in both conditions from pre- to post-test, the extent of increase was similar in worked example and problem-solving conditions.

With regard to content quality, descriptive data in Table 3 indicate that participants in worked examples as well as problem-solving conditions reached rather high scores on noticing. Still, while students of the problem-solving conditions detected relevant problems in more than eight out of ten times, students of the worked examples conditions even recognized relevant problems in over nine out of ten times. In contrast to the high means for noticing, especially students in the problem-solving conditions performed rather poorly in the explanation and even more so in the solution of cases. For both factors, participants in the worked examples conditions reached more than twice as high scores than participants in the problem-solving conditions. In total, standard deviations imply that values of participants varied to a large degree within the conditions for explanation and solution.

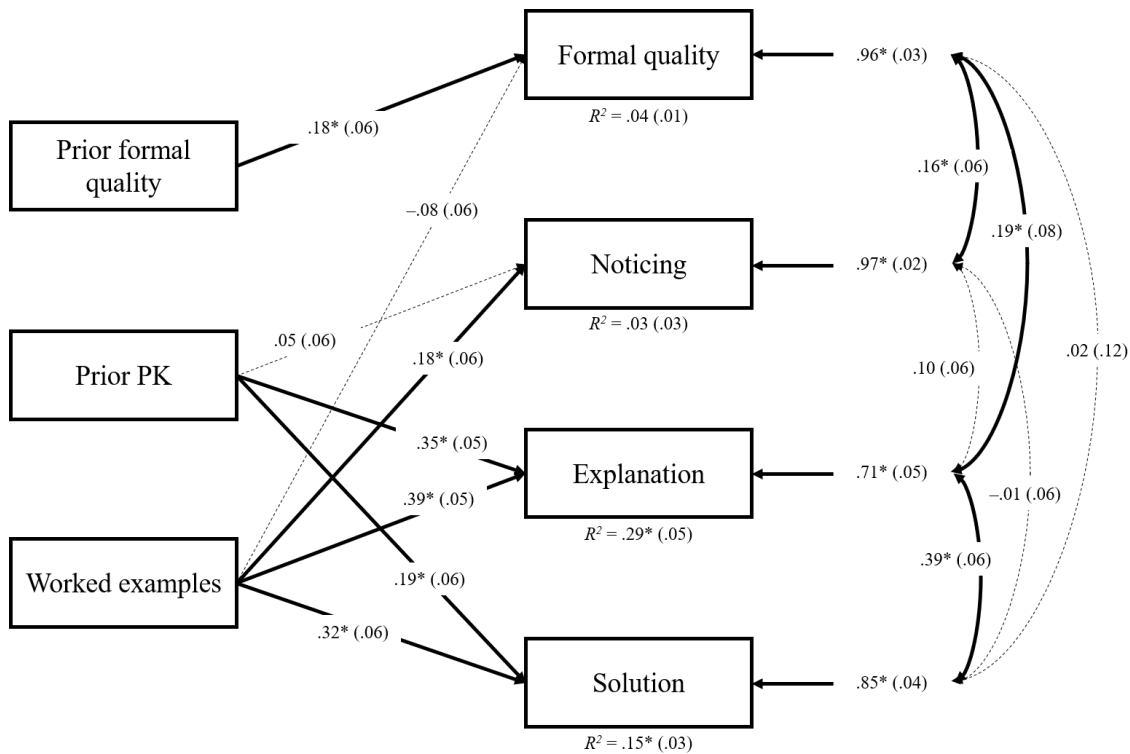
Table 4. Descriptive data for problem solving and worked example conditions.

Variable	Theoretical maximum	Problem solving		Worked examples	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>Pre-test</i>					
Prior PK	48.00	33.94	4.90	34.34	4.56
Prior formal quality	2.00	1.35	0.51	1.31	0.47
<i>Post-test</i>					
PK	48.00	36.58	4.21	37.35	4.78
Content quality					
Noticing	1.00	0.86	0.23	0.94	0.16
Explanation	3.00	0.71	0.88	1.72	1.01
Solution	3.00	0.27	0.65	0.88	0.99
Formal quality	2.00	1.74	0.29	1.78	0.33

Note. Means (*M*) and standard deviations (*SD*) for PK, formal quality, noticing, content quality of explanation, content quality of solution and quality of maps for pre-service teachers in problem solving and worked examples conditions.

A structural equation model showed a good fit to the data ($df = 4$, $\chi^2 = 6.06$, $p = .20$, RMSEA = .05, CFI = .99, TLI = .95, SRMR = .03). Results point to significant associations of pretest indicators (prior PK and prior formal quality) with formal and content quality (except for noticing). Furthermore, learning with worked examples functioned as a significant predictor for noticing, content quality of explanation and content quality of solution. While worked examples only contributed to a minor, non-significant degree to the explanation of variance in noticing ($\Delta R^2 = .03$, $\Delta SE = .01$), their unique contribution was moderate for content quality of explanation ($\Delta R^2 = .15$, $\Delta SE = .04$) and small to moderate for content quality of solution ($\Delta R^2 = .10$, $\Delta SE = .02$, see Figure 5).

Figure 5. Results of structural equation modeling the effects of prior formal quality, PK and worked examples.



Note. Presented are the standardized coefficients and standard errors in parentheses. * $p < .05$.

Discussion

Teachers and their knowledge on how to effectively implement technology in classroom settings play an important role in order to exploit the potentials of technology to support students' learning processes. The TPACK framework (Koehler & Mishra, 2008; Mishra & Koehler, 2006) provides a comprehensive overview of the types of knowledge teachers need to have in order to do so. However, situation-specific skills in terms of professional vision have hardly been in the scope of TPACK research so far. Thus, this study sought to provide a reasonable account for how to connect research on TPACK and on professional vision (TPACK-PV). In this regard, studies indicate that there is a need to foster the content quality as well as the formal quality of pre-service teachers' TPACK-PV.

While learning by mapping seems to be a promising approach to enhance pre-service teachers' conceptual knowledge and consequently the content quality of their TPACK-PV, research led us to expect that learning from worked examples might prove to be successful to enhance the form and content quality of pre-service teachers TPACK-PV. Consequently, we investigated the effects of learning by mapping (Fiorella & Mayer, 2015) and learning from

worked examples (Renkl, 2014) on pre-service teachers' content and form quality of their TPK-PV in the context of case-based learning. By and large, our results demonstrate the potentials of two different instructional scaffolding measures for fostering TPK-PV. Yet, the pattern of results was not consistent. In the following, we will discuss the results in more depth.

H1: Discussion of effects of mapping and quality of maps on PK and content quality of TPK-PV

Regarding the effect of mapping on PK and content quality of TPK-PV (H1a), at a general level, our results seem to contradict assumptions about the positive impact of mapping as a constructive or generative activity compared to lower-quality learning activities outlined in learning frameworks (Chi & Wylie, 2014; Mayer, 2014). Yet, once participants managed to create high quality maps, they at least gained more PK. Nevertheless, these students still had difficulties translating their higher PK into a higher content quality of their analyses (H1b).

These results seem to indicate that learning by mapping might at least have positive effects on pre-service teachers' declarative knowledge (even if not on more complex situation-specific skills), provided that pre-service teachers are able to apply the mapping strategy appropriately and produce more complete maps. Thus, results are roughly in line with results confirming the prognostic drawing effect (Scheiter et al., 2017; Schmeck et al., 2014; Schwamborn et al., 2010). However, results also show that many students had problems creating high-quality maps, which could have prevented them to benefit from the potentials of learning by mapping. These problems might have originated in students' strong focus on the mapping process (How do I construct a map? How should it look like?) instead of a deep processing of the textual information (Schmidgall et al., 2019) due to the demanding nature of mapping as a strategy (Stull & Mayer, 2007). In this regard, empirical findings suggest that more detailed instructions on how to construct high-quality maps might lead to more positive effects (Hilbert et al., 2008; Hilbert & Renkl, 2009). Consequently, in order to exploit the potentials of constructive and generative learning activities, we see the need to further support pre-service teachers in the acquisition of the mapping strategy.

H2: Discussion of effects of worked examples on formal and content quality of TPK-PV

Regarding the effects of worked examples on the content quality of pre-service teachers' TPK-PV (H2b), we found that participants who learned from worked examples showed better noticing, explanation and solution skills than pre-service teachers who only solved problems. However, worked examples did not result in more complete knowledge-based reasoning processes

in terms of formal quality (H2a). Thus, worked examples might only unfold their differential potential for the adequate use of scientific theories when reasoning about technology-enhanced learning, which might constitute a more complex subskill than merely performing the reasoning components.

Results on the positive effect of worked examples on content quality are in line with the worked example effect (Sweller et al., 1998; Sweller et al., 2019) and general findings in research on worked examples (Crissman, 2006; Klopp & Stark, 2018). Also, a comparison with other approaches facilitating aspects of professional vision or TPACK-PV illustrates that worked examples might be particular efficient in enhancing the content quality of pre-service teachers' TPK-PV. While in previous studies (Gold et al., 2013; Kramarski & Michalsky, 2009, 2010) training time went up to 60 hours, time attributed to the intervention in our study was considerably shorter with a maximum of 180 minutes. Nevertheless, scores and their ranges suggest that there was still room for improvement for students in the worked examples conditions. In particular, the high variance of scores leads to several questions to be answered: To which degree did pre-service teachers cognitively engage in the self-explanation of worked examples? To which degree were pre-service teachers able to abstract principles from the different worked example instances? Based on the ICAP-framework, it should prove helpful to prompt learners to engage in overt constructive learning activities (writing down answers to self-explanation prompts) instead of only prompting them to reflect about them without making any notes: First, the prompting of this kind of overt behavior increases the possibility that learners interact with the material as intended (Chi & Wylie, 2014). Second, learners' outputs allow for the investigation of their quality as an approximation of their cognitive processes. Consequently, in further studies, it might be promising to prompt learners to create written self-explanations (Hefter et al., 2015; Heitzmann et al., 2018; Renkl, 2014; Schworm & Renkl, 2007). Still, aspects of cognitive load should not stay unconsidered as further tasks might take away capacity necessary for germane cognitive processing of the worked examples (Renkl, 2014).

With regard to the lacking differential effect of worked examples on the formal quality of pre-service teachers' TPK-PV, descriptive results illustrate that pre-service teachers seemed to already have a rather good understanding of processes that are relevant in order to reason about technology-enhanced teaching. Thus, the basic instructions on how to reason about classroom cases that all participants received irrespective of their condition might have sufficed in order to improve the formal quality. Consequently, less complex forms of guidance such as prompting might just be adequate to foster the formal quality of pre-service teachers' TPK-PV

as demonstrated in research on professional vision (Santagata & Angelici, 2010; Santagata & Guarino, 2011; van Es & Sherin, 2002).

Limitations and conclusions

To our knowledge, our study is one of the first to make an explicit association between TPACK research (Koehler & Mishra, 2008; Mishra & Koehler, 2006) and research on professional vision (Seidel & Stürmer, 2014; van Es & Sherin, 2002) by not only investigating pre-service teachers' actual TPK-PV, but also trying to scaffold their TPK-PV. However, several aspects need to be addressed that limit the explanatory power of the study. First, the study only focused on pre-service teachers' TPK-PV, not their TPACK-PV. Hence, results might not be transferable to subject matter-related aspects of technology-related teaching skills. Therefore, in future research, an adaptation of the selected research approach to different subject domains would be of great interest. Second, based on the presented data no claims can be made about long-term effects of the intervention. This is particularly true as our intervention is considered a short-term intervention in comparison to other approaches taken (Gold et al., 2013; Kramarski & Michalsky, 2009, 2010). Nevertheless, as results on the worked-examples intervention are already promising, a longer intervention might enlarge the found effects. Third, our study lacked additional measures to better understand the effects of the relevant factors. While we were able to measure the quality of pre-service teachers' maps, we did not measure cognitive load during reading and mapping. Fourth, it would have been insightful to have a written output of students' self-explanation processes to be able to better explain in which way worked examples helped or did not help students to acquire TPK-PV. And finally, results might have underestimated the content quality of pre-service teachers' TPK-PV as raters were only able to detect the adequate use of empirically-based theories when participants explicitly mentioned theories or theory elements. However, in certain cases students might have referred to theory elements without stating them as theory elements, but by translating them into their own wording or combining them with subjective theories and experiential knowledge.

Despite these shortcomings, this study contributes to research on TPACK in the two following ways: First, we made a first attempt in replicating effects of mapping and worked examples in the context of research on TPACK and professional vision in which experimental intervention studies are still rare up to date. We could show that pre-service teachers' TPACK-related professional vision can be facilitated by means of learning from authentic cases combined with further scaffolding measures. Even though effects did not show on all facets, potentials of learning by mapping and learning from worked examples could be identified.

Second, the study enhances a better theoretical understanding of TPACK by focusing on the spectrum between TPACK as knowledge and TPACK as competence, in that we conceptualized TPACK as a situation-specific skill based on concepts of professional vision. We introduced a differentiation between formal and content quality of TPACK-PV which has not been elaborated on yet in research on professional vision.

Overall, our results may provide valuable support for designers of learning environments that aim at fostering pre-service teachers' development of TPACK-PV. While generally, learning by mapping did not turn out as a superior learning strategy to mere reading of texts, our results indicate that quality of maps should be considered as a moderating factor when answering the question of how learning by mapping works. It might prove particularly useful to take learner-related (e.g., prior knowledge of content/method) as well as instructional factors (e.g., instructional support) at the same time into account when implementing learning environments targeted at the development of TPACK-PV. As opposed to learning by mapping, learning from worked examples seems to be a reliable scaffolding approach, at least in the context of acquiring more complex situation-specific technology-related teaching skills. Thus, we suggest to implement worked examples as a concrete measure within existing training measures in order to better prepare future teachers to use the potentials of technology-enhanced teaching and learning.

References

- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A., & Wortham, D. (2000). Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. *Review of Educational Research*, 70(2), 181–214. <https://doi.org/10.3102/00346543070002181>
- Bergner, M. (2018). *Analyse und Förderung wissenschaftlichen Denkens bei Lehramtsstudierenden* [Analysis and facilitation of scientific reasoning of pre-service teachers, Dissertation]. Universität Oldenburg, Oldenburg. <https://oops.uni-oldenburg.de/id/e-print/3517>
- Berliner, D. C. (2001). Learning about and learning from expert teachers. *International Journal of Educational Research*, 35(5), 463–482. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(02\)00004-6](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(02)00004-6)
- Borko, H., & Livingston, C. (1989). Cognition and improvisation: Differences in mathematics instruction by expert and novice teachers. *American Educational Research Journal*, 26(4), 473–498. <https://doi.org/10.3102/00028312026004473>

- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented reality in education – cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>
- Carter, K., Cushing, K., Sabers, D., Stein, P., & Berliner, D. (1988). Expert-novice differences in perceiving and processing visual classroom information. *Journal of Teacher Education*, 39(3), 25–31. <https://doi.org/10.1177/002248718803900306>
- Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C.-C. (2016). A review of the quantitative measures of technological pedagogical content knowledge (TPACK). In M. C. Herring, M. J. Koehler, & P. Mishra (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (2nd ed., pp. 87–106). Routledge.
- Cheng, S.-L., & Xie, K. (2018). The relations among teacher value beliefs, personal characteristics, and TPACK in intervention and non-intervention settings. *Teaching and Teacher Education*, 74, 98–113. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.04.014>
- Cheung, A. C.K., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 88–113. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.001>
- Chi, M. T. H. (2009). Active-constructive-interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in Cognitive Science*, 1(1), 73–105. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2008.01005.x>
- Chi, M. T. H., Adams, J., Bogusch, E. B., Bruchok, C., Kang, S., Lancaster, M., Levy, R., Li, N., McEldoon, K. L., Stump, G. S., Wylie, R., Xu, D., & Yaghmourian, D. L. (2018). Translating the ICAP theory of cognitive engagement into practice. *Cognitive Science*, 42(6), 1777–1832. <https://doi.org/10.1111/cogs.12626>
- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- Chien, Y.-T., Chang, Y.-H., & Chang, C.-Y. (2016). Do we click in the right way? A meta-analytic review of clicker-integrated instruction. *Educational Research Review*, 17, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.10.003>
- Crissman, J. K. (2006). *The design and utilization of effective worked examples: A meta-analysis* [Dissertation]. University of Nebraska, Lincoln, NE. <https://digitalcommons.unl.edu/dissertations/AAI3208114/>

- Csanadi, A., Kollar, I., & Fischer, F. (2020). Pre-service teachers' evidence-based reasoning during pedagogical problem-solving: better together? *European Journal of Psychology of Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10212-020-00467-4>
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2015). *Learning as a generative activity: Eight learning strategies that promote understanding*. Cambridge University Press.
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2016). Eight ways to promote generative learning. *Educational Psychology Review*, 28(4), 717–741. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9348-9>
- Garrison, D. R., & Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *The Internet and Higher Education*, 7(2), 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2004.02.001>
- Gold, B., Förster, S., & Holodyski, M. (2013). Evaluation eines videobasierten Trainingsseminars zur Förderung der professionellen Wahrnehmung von Klassenführung im Grundschulunterricht [Evaluation of a video-based training seminar promoting professional vision of classroom management in primary school classrooms]. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 27(3), 141–155. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000100>
- Gold, B., & Holodyski, M. (2017). Using digital video to measure the professional vision of elementary classroom management: Test validation and methodological challenges. *Computers & Education*, 107, 13–30. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.012>
- Greenhow, C., Dexter, S. L., & Hughes, J. E. (2008). Teacher knowledge about technology integration: An examination of inservice and preservice teachers' instructional decision-making. *Science Education International*, 19(1), 9–25.
- Hagger, H., Burn, K., Mutton, T., & Brindley, S. (2008). Practice makes perfect? Learning to learn as a teacher. *Oxford Review of Education*, 34(2), 159–178. <https://doi.org/10.1080/03054980701614978>
- Harris, J. B., Phillips, M., Koehler, M. J., & Rosenberg, J. M. (2017). TPCK/TPACK research and development: Past, present, and future directions. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3). <https://doi.org/10.14742/ajet.3907>
- Hefter, M. H., Renkl, A., Riess, W., Schmid, S., Fries, S., & Berthold, K. (2015). Effects of a training intervention to foster precursors of evaluativist epistemological understanding and intellectual values. *Learning and Instruction*, 39, 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.05.002>

- Heitzmann, N., Fischer, F., & Fischer, M. R. (2018). Worked examples with errors: When self-explanation prompts hinder learning of teachers diagnostic competences on problem-based learning. *Instructional Science*, 46(2), 245–271.
<https://doi.org/10.1007/s11251-017-9432-2>
- Herring, M. C., Koehler, M. J., Mishra, P., Rosenberg, J. M., & Teske, J. (2016). Introduction to the Second Edition of the TPACK Handbook. In M. C. Herring, M. J. Koehler, & P. Mishra (Eds.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (2nd ed., pp. 1–8). Routledge.
- Hilbert, T. S., Nückles, M., Renkl, A., Minarik, C., Reich, A., & Ruhe, K. (2008). Concept Mapping zum Lernen aus Texten [Learning from texts by concept mapping]. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22(2), 119–125. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.22.2.119>
- Hilbert, T. S., & Renkl, A. (2009). Learning how to use a computer-based concept-mapping tool: Self-explaining examples helps. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 267–274.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.006>
- Hoyle, R. H. (2015). *Handbook of structural equation modeling*. The Guilford Press.
- Hunsu, N. J., Adesope, O., & Bayly, D. J. (2016). A meta-analysis of the effects of audience response systems (clicker-based technologies) on cognition and affect. *Computers & Education*, 94, 102–119. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.013>
- Jang, S.-J., & Tsai, M.-F. (2013). Exploring the TPACK of Taiwanese secondary school science teachers using a new contextualized TPACK model. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(4). <https://doi.org/10.14742/ajet.282>
- Janssen, N., & Lazonder, A. W. (2016). Supporting pre-service teachers in designing technology-infused lesson plans. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(5), 456–467.
<https://doi.org/10.1111/jcal.12146>
- Kafyulilo, A. C., Fisser, P., & Voogt, J. (2015). Supporting teachers learning through the collaborative design of technology-enhanced science lessons. *Journal of Science Teacher Education*, 26(8), 673–694. <https://doi.org/10.1007/s10972-015-9444-1>
- Kersting, N. B., Givvin, K. B., Sotelo, F. L., & Stigler, J. W. (2010). Teachers' analyses of classroom video predict student learning of mathematics: Further explorations of a novel measure of teacher knowledge. *Journal of Teacher Education*, 61(1-2), 172–181.
<https://doi.org/10.1177/0022487109347875>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based,

- experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Klopp, E., & Stark, R. (2018). Learning scientific explanations by means of worked Examples – Promoting psychology students’ explanation competence. *Psychology Learning & Teaching*, 17(2), 144–165. <https://doi.org/10.1177/1475725718757171>
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2008). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? In AACTE Committee on Innovation and Technology (Ed.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (pp. 3–29). New York.
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., & Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting Learning by Design™ into practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495–547. www.jstor.org/stable/1466914
- König, J., Blömeke, S., Klein, P., Suhl, U., Busse, A., & Kaiser, G. (2014). Is teachers' general pedagogical knowledge a premise for noticing and interpreting classroom situations? A video-based assessment approach. *Teaching and Teacher Education*, 38, 76–88. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.11.004>
- König, J., & Kramer, C. (2016). Teacher professional knowledge and classroom management: On the relation of general pedagogical knowledge (GPK) and classroom management expertise (CME). *ZDM*, 48(1-2), 139–151. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0705-4>
- Kramarski, B., & Michalsky, T. (2009). Three metacognitive approaches to training pre-service teachers in different learning phases of technological pedagogical content knowledge. *Educational Research and Evaluation*, 15(5), 465–485.
<https://doi.org/10.1080/13803610903444550>
- Kramarski, B., & Michalsky, T. (2010). Preparing preservice teachers for self-regulated learning in the context of technological pedagogical content knowledge. *Learning and Instruction*, 20(5), 434–447. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.05.003>
- Kramer, C., König, J., Kaiser, G., Ligtoet, R., & Blömeke, S. (2017). Der Einsatz von Unterrichtsvideos in der universitären Ausbildung: Zur Wirksamkeit video- und transkriptgestützter Seminare zur Klassenführung auf pädagogisches Wissen und situationsspezifische Fähigkeiten angehender Lehrkräfte [The use of classroom videos in university education: The effectiveness of video- and transcript-based seminars on classroom management for pedagogical knowledge and situation-specific skills of beginning

- teachers]. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 20(1), 137–164.
<https://doi.org/10.1007/s11618-017-0732-8>
- Kunter, M., & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multi-kriteriale Analyse [The model of quality dimension of teaching in COACTIV: a multicriterial analysis]. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Eds.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (pp. 85–113). Waxmann.
- Leutner, D., Opfermann, M., & Schmeck, A. (2014). Lernen mit Medien [Learning with technology]. In T. Seidel & A. Krapp (Eds.), *Pädagogische Psychologie* (6th ed., pp. 297–322). Julius Beltz.
- Lysenko, L. V., Abrami, P. C., Bernard, R. M., Dagenais, C., & Janosz, M. (2014). Educational research in educational practice: Predictors of use. *Canadian Journal of Education/Revue Canadienne De L'éducation*, 37(2), 1–26.
- Mayer, R. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369>
- Meschede, N., Fiebranz, A., Möller, K., & Steffensky, M. (2017). Teachers' professional vision, pedagogical content knowledge and beliefs: On its relation and differences between pre-service and in-service teachers. *Teaching and Teacher Education*, 66, 158–170. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.04.010>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2017). *Mplus* (Version 8) [Computer software]. Muthén & Muthén. Los Angeles, CA.
- Nelson, J., Mehta, P., Sharples, J., & Davey, C. (2017). *Measuring teachers' research engagement: Findings from a pilot study*. London. The Education Endowment Foundation & National Foundation for Educational Research.
- Ponce, H. R., & Mayer, R. E. (2014). An eye movement analysis of highlighting and graphic organizer study aids for learning from expository text. *Computers in Human Behavior*, 41, 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.010>
- Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cognitive Science*, 38(1), 1–37. <https://doi.org/10.1111/cogs.12086>
- Rourke, A., & Sweller, J. (2009). The worked-example effect using ill-defined problems: Learning to recognise designers' styles. *Learning and Instruction*, 19(2), 185–199. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.03.006>

- Sailer, M., Murböck, J., & Fischer, F. (2017). *Digitale Bildung an bayerischen Schulen – Infrastruktur, Konzepte, Lehrerbildung und Unterricht [Digital education in Bavarian schools - Infrastructure, concepts, teacher education and teaching]*. vbw.
- Sandholtz, J., Ringstaff, C., & Dwyer, D. C. (1997). *Teaching with technology: Creating student-centered classrooms*. Teachers College Press.
- Santagata, R., & Angelici, G. (2010). Studying the impact of the lesson analysis framework on preservice teachers' abilities to reflect on videos of classroom teaching. *Journal of Teacher Education*, 61(4), 339–349. <https://doi.org/10.1177/0022487110369555>
- Santagata, R., & Guarino, J. (2011). Using video to teach future teachers to learn from teaching. *ZDM*, 43(1), 133–145. <https://doi.org/10.1007/s11858-010-0292-3>
- Scheiter, K., Schleinschok, K., & Ainsworth, S. (2017). Why sketching may aid learning from science texts: Contrasting sketching with written explanations. *Topics in Cognitive Science*, 9(4), 866–882. <https://doi.org/10.1111/tops.12261>
- Schmeck, A., Mayer, R. E., Opfermann, M., Pfeiffer, V., & Leutner, D. (2014). Drawing pictures during learning from scientific text: Testing the generative drawing effect and the prognostic drawing effect. *Contemporary Educational Psychology*, 39(4), 275–286. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2014.07.003>
- Schmid, R. F., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Tamim, R. M., Abrami, P. C., Surkes, M. A., Wade, C. A., & Woods, J. (2014). The effects of technology use in postsecondary education: A meta-analysis of classroom applications. *Computers & Education*, 72, 271–291. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.11.002>
- Schmidgall, S. P., Eitel, A., & Scheiter, K. (2019). Why do learners who draw perform well? Investigating the role of visualization, generation and externalization in learner-generated drawing. *Learning and Instruction*, 60, 138–153. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.01.006>
- Schroeder, N. L., Nesbit, J. C., Anguiano, C. J., & Adesope, O. O. (2018). Studying and constructing concept maps: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 30(2), 431–455. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9403-9>
- Schwaborn, A., Mayer, R. E., Thillmann, H., Leopold, C., & Leutner, D. (2010). Drawing as a generative activity and drawing as a prognostic activity. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 872–879. <https://doi.org/10.1037/a0019640>
- Schworm, S., & Renkl, A. (2007). Learning argumentation skills through the use of prompts for self-explaining examples. *Journal of Educational Psychology*, 99(2), 285–296. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.2.285>

- Seidel, T., Blomberg, G., & Renkl, A. (2013). Instructional strategies for using video in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 34, 56–65.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.004>
- Seidel, T., & Prenzel, M. (2007). Wie Lehrpersonen Unterricht wahrnehmen und einschätzen – Erfassung pädagogisch-psychologischer Kompetenzen mit Videosequenzen [How teachers perceive and assess teaching – Assessment of pedagogical psychological competencies by means of video sequences]. In M. Prenzel (Ed.), *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft: Vol. 8. Kompetenzdiagnostik* (pp. 201–216). VS, Verl. für Sozialwiss. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90865-6_12
- Seidel, T., & Stürmer, K. (2014). Modeling and measuring the structure of professional vision in preservice teachers. *American Educational Research Journal*, 51(4), 739–771.
<https://doi.org/10.3102/0002831214531321>
- Sherin, M. G. (2004). New perspectives on the role of video in teacher education. In J. Brophy (Ed.), *Using video in teacher education* (pp. 1–28). Elsevier.
- Sherin, M. G. (2007). The development of teachers' professional vision in video clubs. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron, & S. Derry (Eds.), *Video research in the learning sciences* (pp. 383–395). Lawrence Erlbaum.
- Sherin, M. G., Jacobs, V. R., & Philipp, R. A. (Eds.). (2011). *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203832714>
- Sherin, M. G., & van Es, E. A. (2009). Effects of video club participation on teachers' professional vision. *Journal of Teacher Education*, 60(1), 20–37.
<https://doi.org/10.1177/0022487108328155>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Strijbos, J.-W., Martens, R. L., Prins, F. J., & Jochems, W. M. G. (2006). Content analysis: What are they talking about? *Computers & Education*, 46(1), 29–48.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.04.002>
- Stull, A. T., & Mayer, R. E. (2007). Learning by doing versus learning by viewing: Three experimental comparisons of learner-generated versus author-provided graphic organizers. *Journal of Educational Psychology*, 99(4), 808–820.
<https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.4.808>
- Stürmer, K., Könings, K. D., & Seidel, T. (2015). Factors within university-based teacher education relating to preservice teachers' professional vision. *Vocations and Learning*, 8(1), 35–54. <https://doi.org/10.1007/s12186-014-9122-z>

- Stürmer, K., & Seidel, T. (2015). Assessing professional vision in teacher candidates: Approaches to validating the observer extended research tool. *Zeitschrift Für Psychologie*, 223(1), 54–63. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000200>
- Stürmer, K., Seidel, T., & Holzberger, D. (2016). Intra-individual differences in developing professional vision: preservice teachers' changes in the course of an innovative teacher education program. *Instructional Science*, 44(3), 293–309. <https://doi.org/10.1007/s11251-016-9373-1>
- Stürmer, K., Seidel, T., & Kunina-Habenicht, O. (2015). Unterricht wissensbasiert beobachten. Unterschiede und erklärende Faktoren bei Referendaren zum Berufseinstieg [Knowledge-based observation of teaching. Differences and explaining factors with teacher trainees at their career entry]. *Zeitschrift für Pädagogik*, 61(3), 345–360.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Sweller, J., van Merriënboer, Jeroen J. G., & Paas, Fred G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Syring, M., Bohl, T., Kleinknecht, M., Kuntze, S., Rehm, M., & Schneider, J. (2016). Fallarbeit als Angebot – fallbasiertes Lernen als Nutzung: Empirische Ergebnisse zur kognitiven Belastung, Motivation und Emotionen bei der Arbeit mit Unterrichtsfällen [Learning with cases as offer – Case-based learning as application: Empirical results on cognitive load, motivation and emotions when working with classroom cases]. *Zeitschrift für Pädagogik*, 62(1), 86–108.
- Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., & Schmid, R. F. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning. *Review of Educational Research*, 81(1), 4–28. <https://doi.org/10.3102/0034654310393361>
- Ullman, J. B., & Bentler, P. M. (2012). Structural Equation Modeling. In I. B. Weiner (Ed.), *Handbook of psychology* (2nd ed., pp. 661–690). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118133880.hop202023>
- van Es, E. A. (2011). A framework for learning to notice student thinking. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs, & R. A. Philipp (Eds.), *Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers' eyes* (pp. 134–151). Routledge.

- van Es, E. A., & Sherin, M. G. (2002). Learning to notice: Scaffolding new teachers' interpretations of classroom interactions. *Journal of Technology and Teacher Education*, 10(4), 571–596.
- van Es, E. A., & Sherin, M. G. (2008). Mathematics teachers' "learning to notice" in the context of a video club. *Teaching and Teacher Education*, 24(2), 244–276.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.11.005>
- van Es, E. A., Tunney, J., Goldsmith, L. T., & Seago, N. (2014). A framework for the facilitation of teachers' analysis of video. *Journal of Teacher Education*, 65(4), 340–356.
<https://doi.org/10.1177/0022487114534266>
- van Gog, T., Paas, F., & van Merriënboer, J. J.G. (2006). Effects of process-oriented worked examples on troubleshooting transfer performance. *Learning and Instruction*, 16(2), 154–164. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.02.003>
- Voogt, J., Fisser, P., Roblin, N. P., Tondeur, J., & van Braak, J. (2013). Technological pedagogical content knowledge – a review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(2), 109–121. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2012.00487.x>
- Wecker, C., Stegmann, K., & Fischer, F. (2012). Lern- und Kooperationsprozesse: Warum sind sie interessant und wie können sie analysiert werden? [Learning and cooperation processes: Why are they interesting and how can we analyze them?] *REPORT - Zeitschrift Für Weiterbildungsforschung*, 35(3), 30–41.
- Wekerle, C., & Kollar, I. (August 2019). *Using external scripts to enhance pre-service teachers' internal technology-related reasoning scripts*. EARLI conference, Aachen, Germany.
- Willermark, S. (2018). Technological pedagogical and content knowledge: A review of empirical studies published from 2011 to 2016. *Journal of Educational Computing Research*, 56(3), 315–343. <https://doi.org/10.1177/0735633117713114>
- Yeh, C., & Santagata, R. (2015). Preservice teachers' learning to generate evidence-based hypotheses About the impact of mathematics teaching on learning. *Journal of Teacher Education*, 66(1), 21–34. <https://doi.org/10.1177/0022487114549470>

Appendix

A: Example of an evidence-based theory text (Cognitive Load Theory, translated and adapted from Leutner et al., 2014)

Cognitive Load Theory (CLT; Sweller, 1999) generally refers to learning and problem solving and has also proven to be reliable in the context of multimedia learning. According to the theory, three types of cognitive load can occur in working memory while learning or problem solving that influence the comprehension of learning content and learning outcomes. These types are (a) intrinsic load, (b) extraneous load and (c) germane cognitive load.

Intrinsic cognitive load describes the proportion of cognitive load that is caused by the complexity and difficulty of the learning content. The degree to which a certain learning content is considered easy or difficult depends on two aspects: learners' prior knowledge (in terms of the availability of schemata that are relevant to learning to encode content information) as well as element interactivity. This expression refers to how many knowledge elements a learner needs to keep active in working memory in order to understand or study the learning content. The acquisition of a foreign language might be named as an example: ramming vocabulary lists might not cause a particularly high intrinsic load as single words may be studied one after each other; element interactivity is low in this case. In contrast, intrinsic load may be much higher for studying grammar rules, as different elements that have to be understood and studied are related to each other.

Extraneous load refers the proportion of cognitive load that is caused by the learning material or learning environment, but is not directly related to or even disturbs knowledge construction processes. Extraneous load occurs if a learning surrounding is characterized by the presence of disturbing/distracting aspects such as non-relevant illustrations that are not related to the actual learning content or if information that have to be connected with each other are presented separately or if this information is difficult to find. In such cases of suboptimal design, learners need to invest increased cognitive capacity in order to filter relevant information from the learning material. The capacity used up by extraneous cognitive processes is then not available anymore for knowledge construction processes that are related to the material to be learned.

Germane cognitive load denotes these proportions of cognitive load that are caused by actual meaningful learning. This load results from an engagement in deep cognitive processes such as elaborating, organizing, contrasting and inferring.

According to Cognitive Load Theory, the three forms of cognitive load work additively, which means that they add up to a cumulative load which may take working memory capacity up at some point during learning. If this cumulative load exceeds the capacity of the working memory, cognitive overload occurs which causes learning to be less effective. With regard to the design of learning material and learning environments, one goal should thus be to minimize the instructionally caused extraneous load in order to ensure that students have sufficient capacity for cognitive activities relevant to learning. This is particularly true when students possess low prior knowledge about the learning content.

B: Example of a technology-enhanced classroom case

Mr. Frey is a fan of having his students work collaboratively. He feels that for his students, it is sometimes easier to explain certain aspects to their fellow students because they share the same perspective. Thanks to the digitalization of his school, he is now even able to use digital tools to enhance collaborative learning what makes things a lot easier.

In today's lesson, he forms groups of two and has each dyad develop a glossary with a tablet in their learning management system. Students are supposed to use their material of the last few lessons to write down the most important expressions and rules that they have learned

in the last few lessons in order to repeat them. He asks one person of each group to do the writing. One can perceive studious typing by the students, however only few of them are talking. Mr. Frey has expected more ambiguities to occur. Therefore, the following comparison of students' errors with the exemplary glossary of Mr. Frey is done quickly.

In order to apply the acquired knowledge, the groups are then asked to watch two animations together that neither contain text nor sound. While one of the two learning partners is watching the animation, the other learner is supposed to explain what can be seen in the animation. Students are then supposed to switch roles for the second animation. Following this, Mr. Frey hands out a text in which the processes shown in the simulation are described in detail in order to correct potentially wrong explanations. He asks students to compare the description and the animation by first reading the text and then watching the animation once again.

Towards the end of the lesson, Mr. Frey wants the groups to compete in a quiz with their tablets. However, some students report that they cannot register for the quiz tool. In line with principles of self-regulated learning, Mr. Frey asks students to solve this problem on their own. As usual, when small interruptions occur, the other students are allowed to use their class chat app to communicate in order to minimize the noise. Ten minutes later, the quiz begins. Mr. Frey has chosen easy question so that all students receive positive feedback and are motivated when leaving the class. Therefore, he perceives that students only need some seconds to type in their answer (as compared to one minute which is set as time limit in the quiz tool). And the chart depicting the results shows that all teams have answered the questions 100% correct. He is satisfied with the results and praises his students for doing well.

C: Example of a worked example

Step 1: Identification of the problem: The search for situations, which are considered problematic with regard to classroom-related teaching and learning processes, based on scientific concepts, theories and findings.

Andreas identified the following problem: "He asks one person of each group to do the writing. One can perceive studious typing by the students, however only few of them are talking. Mr. Frey has expected more ambiguities to occur."

Step 2: Description of the problem: The neutral description of the problem situation in one's own words.

Andreas wrote the following: "The students were to create a glossary together. One person was supposed to do the writing. The task of the other person was not defined any further. An exchange between the students only takes place to a relatively low degree."

Step 3: Explanation of the problem: The use of scientific terms, theories and findings in order to categorize and conceptualize the problem.

The written analysis of Andreas includes the following explanation: "For an interactive learning activity according to the ICAP framework (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014), it is necessary that students relate to each other by explaining something to each other or discussing something. This only seems to take place to a limited extent, as there is more typing than talking in the classroom. Due to the different allocation of responsibilities it might be more likely that the person who writes (a rather active or constructive activity) engages in more high-quality knowledge construction processes than the person who does not type (a rather passive activity)."

Step 4: Solution of the problem: The general and situation-specific illustration of opportunities to solve the problem based on scientific concepts, theories and findings.

Andreas realized this step in the following way: "Based on the ICAP framework (Chi, 2009; Chi & Wylie, 2014), Mr. Frey should try to support students to really engage in interactive learning activities. To this end, he might attribute different roles to the students: On a rotating

basis, one of the two might suggest a new glossary entry, while the other student critically examines the suggestion, gives feedback and states reasons for the feedback.”