

Lehren und Lernen mit digitalen Medien
unter Berücksichtigung der Zusammenhänge zwischen relevanten
Professionswissensdomänen und Persönlichkeitsmerkmalen
von Lehramtsstudierenden

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Lars Emmerichs
aus Bochum

Begutachtende: Prof. Dr. Kirsten Schlüter

Prof. Dr. Jörg Großschedl

Zur Begutachtung eingereicht: 6. Juni 2022

Datum der Disputation: 30. August 2022

Hinweis: Diese Dissertation wurde im August 2022 von der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln angenommen.

Von der Schule bis zur Promotion schaffen es 10% der Akademikerkinder
und 1% der Nicht-Akademikerkinder (Stifterverband, 2021).

Einige meiner Lehrkräfte sagten mir, Schule sei nichts für mich.

Ich widme diese Promotion allen, die auch zu den 1% gehören wollen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Abkürzungsverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
1 Einleitung	9
1.1 Professionswissen und digitalisierungsbezogene Skills von Lehrkräften	11
1.2 Digitales Lehren und Lernen vor und während der COVID-19-Pandemie	13
1.3 Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht	16
2 Persönlichkeitsmerkmale von Lehramtsstudierenden	19
2.1 Zusammenhänge zwischen Persönlichkeitsmerkmalen und Innovationsfähigkeit	22
3 Studienergebnisse	24
3.1 Zusammenhänge zwischen Persönlichkeit, Fachwissen und Innovationsfähigkeit bei angehenden Biologielehrkräften	25
3.1.1 Kurzbeschreibung des Projekts	27
3.1.2 Ergebnisse der Kanonischen Korrelationsanalyse	28
3.2 Das Lernen von Lehramtsstudierenden in Zeiten von COVID-19	35
3.2.1 Kurzbeschreibung des Projekts	38
3.2.2 Ergebnisse der Querschnittsstudie	40
3.3 Lernförderlichkeit digitaler Unterrichtselemente im Botanikunterricht	46
3.3.1 Kurzbeschreibung des Projekts	48
3.3.2 Ergebnisse der Interventionsstudie	49
4 Diskussion	52
5 Fazit	58
Literaturverzeichnis	61
Danksagung	82
Erklärung zur Verfügbarkeit von Primärdaten	83
Erklärung zur Dissertation	85
Anhang	87

Zusammenfassung

Die vorliegende Dissertation soll einen relevanten Beitrag zur Verbesserung der universitären Ausbildung angehender Lehrkräfte leisten. Einführend wird der Fokus auf relevante Professionswissensdomänen unter besonderer Berücksichtigung von digitalen Fähigkeiten gelegt. Letztere werden darüber hinaus im Hinblick auf die durch die COVID-19-Pandemie bedingten Herausforderungen im Distanzlernen spezifiziert. Hieran anschließend werden Chancen und Herausforderungen digitaler Medien für den naturwissenschaftlichen Unterricht skizziert. Unter exemplarischer Betrachtung des Fachs Biologiedidaktik widmet sich ein erstes Forschungsprojekt den Zusammenhängen zwischen Persönlichkeitsmerkmalen und der Innovationsfähigkeit Lehramtsstudierender. Die Ergebnisse zeigen, dass ähnliche Zusammenhänge bestehen, die zuvor in Studien aus der Unternehmenswelt berichtet wurden. Im Rahmen eines zweiten Forschungsprojekts konnte aufgezeigt werden, dass sich die Werte auf den Dimensionen des Technological Pedagogical Content Knowledge- und des Big Five-Persönlichkeitsmodells bei Lehramtsstudierenden vor und nach der Umstellung auf das COVID-19-bedingte Distanzlernen voneinander unterscheiden. Im Rahmen eines dritten Forschungsprojekts wurde schließlich gezielt auf die Lernförderlichkeit digitaler Unterrichtselemente fokussiert, indem eine Gruppe Lehramtsstudierender, die die Bestimmungsübung Botanik mit einer App absolviert hat, mit einer zweiten Gruppe verglichen wurde, die die Lerninhalte auf traditionellem Wege erarbeitet hatte. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich des Wissenserwerbs, wohl aber bezüglich der akkuraten Einschätzung der eigenen Fähigkeiten, wenn man die Korrelationen zwischen Botanik-CK-Selbstkonzept und tatsächlich gezeigter Leistung im Wissenstest betrachtet. Zum Abschluss werden die Ergebnisse dieser drei Forschungsarbeiten im Hinblick auf ihre praktische Relevanz kritisch diskutiert und zukünftige Perspektiven herausgearbeitet.

Abkürzungsverzeichnis

CCA	Canonical Correlation Analysis (dt. kanonische Korrelationsanalyse)
CK	Content Knowledge (dt. Fachwissen)
DigCompEdu	Digital Competence Framework for Educators
IGLU	Internationale Grundschul-Lese-Untersuchung
KI	Künstliche Intelligenz
KMK	Kultusministerkonferenz
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik
NEO-FFI	NEO Fünf-Faktoren-Inventar
PCK	Pedagogical Content Knowledge (dt. fachdidaktisches Wissen)
PISA	Programme for International Student Assessment
PK	Pedagogical Knowledge (dt. pädagogisches Wissen)
REM	Reciprocal Effects Model (dt. Modell der reziproken Effekte)
TCK	Technological Content Knowledge (dt. technologisches Fachwissen)
TIMSS	Trends in International Mathematics and Science Study
TK	Technological Knowledge (dt. technologisches Wissen)
TPACK	Technological Pedagogical Content Knowledge (dt. technologisch-fachdidaktisches Wissen)
TPK	Technological Pedagogical Knowledge (dt. technologisch-pädagogisches Wissen)
ZfsL	Zentrum für schulpraktische Lehrkräfteausbildung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Wissensdomänen des TPACK-Modells (Mishra & Koehler, 2006)	12
Abbildung 2:	Pfadmodell der kanonischen Korrelationen R_{c_1} und R_{c_2} sowie der Strukturkoeffizienten r_s der Variablen der Sets NEO-FFI und TPACK	34
Abbildung 3:	Anzahl der Teilnehmenden pro Studienjahr	39
Abbildung 4:	TPACK-Profil (Colvin & Tomayko, 2015) der beiden Studiengruppen	40
Abbildung 5:	Mittelwertvergleiche auf den einzelnen Big Five-Dimensionen zwischen der Präsenzlehregruppe und Distanzlernengruppe	42
Abbildung 6:	Zeitliche Entwicklungen der Persönlichkeitseigenschaften Offenheit für Erfahrungen (a), Verträglichkeit (b) und Gewissenhaftigkeit (c) über alle vier Befragungszeitpunkte bzw. Kohorten hinweg	43
Abbildung 7:	Durchschnittliche Testergebnisse der Teilnehmenden beider Gruppen zu beiden Messzeitpunkten	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bereiche des Professionswissens nach Shulman (1986, 1987)	11
Tabelle 2:	Charakterisitische Persönlichkeitsaspekte der Big Five-Dimensionen (Costa & McCrae, 1992)	20
Tabelle 3:	Übersicht über die Zuordnungen der Variablen zu den beiden CCA-Sets	28
Tabelle 4:	Ergebnisse der Dimensionsreduktion	29
Tabelle 5:	Standardisierte Gewichte, Strukturkoeffizienten und Kommunalitäten der CCA-Set-Variablen	30
Tabelle 6:	Gruppenspezifische Pearson-Korrelationen	51

1 Einleitung

In der Forschung zur Unterrichtsqualität wird seit über 50 Jahren der Frage nachgegangen, was eine gute Lehrkraft ausmacht (Abell, 2007). Heutzutage wird in Konsequenz der ‚empirischen Wende‘ (Köller, 2014) häufig das Professionswissen von Lehrkräften untersucht (Borowski et al., 2010; Schwippert, 2002). Als Professionswissen wird das berufsspezifische Wissen von Lehrkräften verstanden (Clandinin & Conelly, 1996; Schön, 1987), welches als entscheidene Ressource erfolgreichen unterrichtlichen Handelns von Lehrpersonen erachtet wird (Baumert & Kunter, 2006; Harms & Riese, 2018).

Während in der Vergangenheit Kompetenzen von Schulkindern in zahlreichen empirischen Studien untersucht wurden (z. B. IGLU, PISA, TIMSS), wurde vergleichsweise in geringem Ausmaß auf die Lehramtsausbildung bzw. die Entwicklung professioneller Kompetenzen angehender Lehrkräfte fokussiert (Haider & Knoth, 2022; Orschulik, 2021). Beispielsweise konnte im Jahr 2011 durch die COACTIV-Studie von Kunter et al. aufgezeigt werden, dass Lehrkräfte von zentraler Bedeutung für den Leistungsfortschritt der Lernenden sind. Ein bedeutsamer Einflussfaktor hierbei ist ihr Professionswissen, denn Lehrkräfte bereiten den Unterricht vor, stellen Lernmaterialien zur Verfügung und arrangieren die Lerngegenstände (Helmke, 2012). Eine in diesem Sinne kompetente Lehrkraft kann einen kognitiv aktiverenden Unterricht gestalten, der es Lernenden ermöglicht, den individuellen Lernerfolg sowie die damit einhergehende Leistung zu steigern (Baumert & Kunter, 2011; Brunner et al., 2006; Krauss et al., 2004). Für das Professionswissen ist hierbei insbesondere das fachdidaktische Wissen (PCK) von enormer Bedeutung (ebd.). Dieses stellt eine Kombination von fachlichen und pädagogischen Wissens-elementen dar, kann jedoch als eigenständiger Professionswissensbereich angenommen werden (Gess-Newsome & Lederman, 2001; Großschedl et al., 2019). PCK umfasst unter anderem das Wissen über lernwirksame Methoden zur Vermittlung spezifischer Fachinhalte, die heutzutage auch digitale Medien einschließen.

Eine Kultur der Digitalität (Stalder, 2016) und die disruptiven Entwicklungen der digitalen Technologien führen mithin zu einer bedeutsamen Erweiterung im Aufgabenspektrum von Lehrkräften. Vor diesem Hintergrund muss das Professionswissen in Bezug zu den digitalen Fähigkeiten gesetzt werden, um aktuellen (z. B. COVID-19-Pandemie) und zukünftigen Herausforderungen bei der Gestaltung eines zeitgemäßen Unterrichts gerecht zu werden.

Die größten Debatten zu den Auswirkungen der COVID-19-Pandemie und des damit verbundenen Lernens auf Distanz sind meistens bezogen auf den Lernrückstand von Schulkindern (Eickelmann & Drossel, 2020; Robert-Bosch-Stiftung, 2021), auf Leistungsunterschiede zwischen Schulkindern mit höherem bzw. niedrigerem sozioökonomischen Status (Bremm, 2021) oder auf die sozial-emotionale Situation von Schulkindern (Robert-Bosch-Stiftung, 2021). Diese Befürchtungen lassen dabei erneut einen wesentlichen Aspekt außer Acht: Die relevanten Professionswissensdomänen von Lehrkräften.

Vor dem Ausbruch der COVID-19-Pandemie galt Deutschland im Bereich der Digitalisierung als Nachzügler und belegte wiederholt hintere Plätze in internationalen Vergleichen (Eickelmann et al., 2019). Weniger als die Hälfte (39%) der deutschen Lehrkräfte setzte digitale Medien einmal im Monat im Unterricht ein (ebd.). Eickelmann und Drossel (2020) konstatieren, dass sich die befragten Lehrkräfte meistens auf den Kompetenzniveaus „Einsteiger*innen“ (A1), „Entdecker*innen“ (A2) und teilweise „Expert*innen“ (B2) des Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu) einordnen lassen.

Vor diesem Hintergrund wurde der Frage nachgegangen, ob von Lehramtsstudierenden mit dem Unterrichtsfach Biologie erwartet werden kann, pandemiebedingte und digitalisierungsspezifische Herausforderungen professionell aufzulösen. Eine einfache Übertragung des Wissens auf das neuartige Unterrichtshandeln war kaum zu erwarten, da das individuelle Professionswissen auf konkrete dynamische Situationen angewendet werden musste, was besondere Qualitäten von Lehrkräften erfordert (Baumert & Kunter, 2006; Fischer,

2008). Hiermit verbindet sich weiterführend die Frage, ob Lerngelegenheiten, die diese spezifischen Kompetenzen fördern, in der aktuellen Lehrkräfteausbildung ausreichend zur Verfügung gestellt werden (Harms & Riese, 2018).

Der Einsatz digitaler Technologien ist mit der Nutzungsbereitschaft von Lehrkräften verknüpft. Hierbei ist das akademische Selbstkonzept in Bezug auf technologiebezogenes Professionswissen von Bedeutung (Mahler & Arnold, 2017, 2022; Petko, 2018). Die universitäre Ausbildung von Lehrkräften stellt eine besonders bedeutsame bzw. prägende Phase für die persönliche Professionalisierung dar (Gerick & Eickelmann, 2020; Kunter et al., 2013), weshalb im Rahmen dieser Arbeit der Fokus auf angehende Lehrkräfte gelegt wird. Technologie ist ein weit gefasster Begriff, der unterschiedlich konnotiert sein kann. Im Rahmen dieser Arbeit bezieht sich „Technologie“ auf digitale Lernwerkzeuge (neue Medien), zum Beispiel Hardware wie Computer, Smartphones, Tablets oder Software wie Apps oder Lernprogramme.

1.1 Professionswissen und digitalisierungsbezogene Skills von Lehrkräften

Nach einem Ansatz von Shulman (1986, 1987) werden drei entscheidende Bereiche des Professionswissens von Lehrkräften unterschieden (Tab. 1; Bromme, 1992):

Tabelle 1

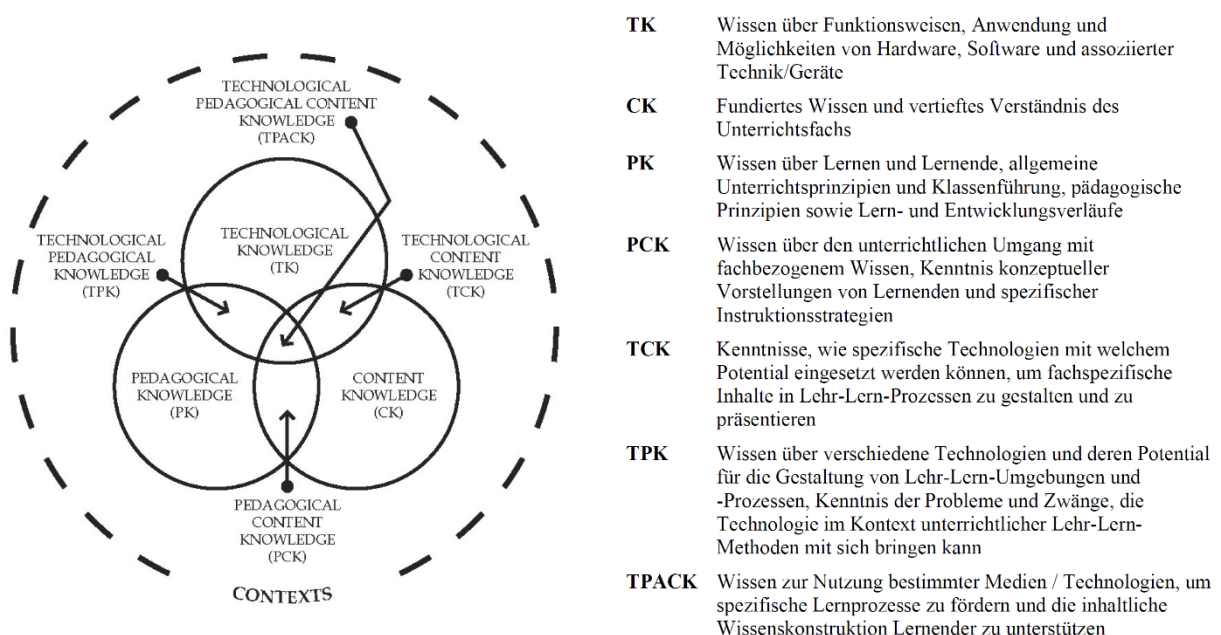
Bereiche des Professionswissens nach Shulman (1986, 1987)

Wissensdomäne	Definition
Fachwissen (CK)	Vertiefte Kenntnisse der Inhalte des Unterrichtsfachs, das Lehrkräfte nutzen um den Unterricht erfolgreich zu gestalten und die Lernfortschritte ihrer Lernenden in Bezug auf den Fachinhalt angemessen zu überwachen
Pädagogisches Wissen (PK)	Fachunabhängiges Wissen über Lernen und Lernende, Unterrichtsmanagement, pädagogische Ansätze und Entwicklungsprozesse
Fachdidaktisches Wissen (PCK)	Wissen über Vorwissen und Vorstellungen von Lernenden und spezifische Unterrichtsstrategien um den Lernenden bestimmte Fachinhalte verständlich zu machen

Da digitales Lehren und Lernen in den letzten zwei Jahrzehnten immer mehr an Bedeutung gewonnen hat (Schultz-Pernice, et al., 2021; Zumbach, 2021), schlugen Mishra und Koehler (2006) vor, die drei Bereiche des beruflichen Wissens von Lehrkräften um relevante Aspekte zu erweitern. Dementsprechend spezifiziert ihr Modell des technologisch-fachdidaktischen Wissens (TPACK) zusätzliche Wissensbereiche, die sich auf Fähigkeiten beziehen, die es Lehrkräften ermöglichen, Technologie erfolgreich im Unterricht einzusetzen. Das TPACK-Modell besteht aus drei grundlegenden Domänen, (1) technologisches Wissen (TK) sowie (2) PK und (3) CK im Sinne von Shulman (1986, 1987), und den vier möglichen Überschneidungen zwischen ihnen, (4) PCK, (5) technologisches Fachwissen (TCK), (6) technologisch-pädagogisches Wissen (TPK) und (7) TPACK (Mishra & Koehler, 2006; Schmidt et al., 2009). Ähnlich wie PCK im Sinne von Shulman (1986, 1987) ist TPACK als eigenständige Wissensdomäne konzipiert, die sich jedoch aus der Transformation von Lerninhalten unter Berücksichtigung pädagogischer *und* technologischer Aspekte zusammensetzt (Abb. 1).

Abbildung 1

Wissensdomänen des TPACK-Modells (Mishra & Koehler, 2006)



Diese Komponenten des TPACK-Modells finden sich auch in neueren Konzeptualisierungen wie dem DigCompEdu (Caena & Redecker, 2019; Redecker, 2017) wieder. Mit seinen drei umfassenden Bereichen (1) berufliche Kompetenzen der Lehrenden, (2) pädagogische Kompetenzen der Lehrenden und (3) Kompetenzen der Lernenden geht DigCompEdu jedoch über das Modell von Mishra und Koehler (2006) hinaus, indem es sich auf die digitalen Kompetenzen sowohl der Lehrenden als auch der Lernenden bezieht. So operationalisiert DigCompEdu zusätzlich Kriterien wie die organisatorische Kommunikation, die formative Evaluation des digitalen Lehrens und Lernens oder die Förderung der digitalen Kompetenz der Lernenden, denen ein wesentlicher Beitrag zum erfolgreichen Lehren und Lernen mit digitaler Technologie zugeschrieben wird (Caena & Redecker, 2019; Redecker, 2017).

1.2 Digitales Lehren und Lernen vor und während der COVID-19-Pandemie

Aufgrund der Aufgabe von Bildungsinstitutionen Wissen an nachfolgende Generationen weiterzugeben, werden sie wiederkehrend sozio-technischen Innovationen unterzogen (Kalthoff & Röhl, 2021). Bildungssysteme müssen mit sich wandelnden Realitäten operieren, die unter anderem neue Informations- und Kommunikationstechnologien umfassen, die zu einem bedeutsamen gesellschaftlichen Transformationsprozess beigetragen haben. Der herkömmliche orts- und zeitgebundene Unterricht wird verstärkt durch asynchrone Lernphasen geöffnet, die das räumlich und zeitlich verbindende gemeinsame Lernen auflösen und zunehmend die Möglichkeiten des informellen und selbstgesteuerten Lernens ermöglichen (Mayr et al., 2009).

In Deutschland wurden Kompetenzen zur effektiven Integration digitaler Technologien in den Unterricht inzwischen von mehreren bildungspolitischen Initiativen explizit aufgegriffen (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2016a, b), wobei der Schwerpunkt auf der Lehrkräfteausbildung liegt. Darüber hinaus wird inklusives Lernen, d. h. die Integration von

Heterogenität und Diversität im Unterricht, zunehmend als eine Herausforderung für Lehrkräfte erkannt, die in ihrer universitären Ausbildung stärker thematisiert werden muss (Harvey et al., 2008; Sturm, 2018; UNESCO, 2021). Trotz dieser Initiativen wurde jedoch in den letzten Jahren und insbesondere während der COVID-19-Pandemie mehrfach deutlich, dass ihre effektive Übertragung auf das Bildungssystem noch einiger Anstrengungen bedarf (Algermissen et al., 2020; Arndt & Werning, 2017; Egger et al., 2019; Fickermann & Edelstein, 2020). Erkennbare Optimierungspotenziale für den Status quo wurden demnach allenfalls vor dem Hintergrund der COVID-19-Pandemie (wieder) besonders deutlich. Sliwka und Klopsch (2020) verwenden daher konsequent den Begriff "disruptive Innovation" für die (schlecht vorbereiteten) Maßnahmen, die im Rahmen der Pandemie ad hoc ergriffen wurden.

Die sich daraus ergebenden Herausforderungen und Konsequenzen für die Lernenden werden in empirischen Studien aufgezeigt, die zeitnah international durchgeführt wurden (Azevedo et al., 2021; Blaskó et al., 2021; Bujard et al., 2021; Engzell et al., 2021; Helm et al., 2021; Schult et al., 2021), teilweise auch unter Berücksichtigung von Aspekten der Sozillage und Chancengleichheit der Lernenden (Anger & Plünnecke, 2021; Bailey et al., 2021; Grewenig et al., 2021;). Obwohl eindeutige und konsistente Schlussfolgerungen hinsichtlich der Ursachen für den verminderten Lernerfolg von Lernenden noch ausstehen, wurden verschiedene und letztlich auch interagierende Faktoren zur Diskussion gestellt. Allerdings ist auch zu bedenken, dass diese Faktoren möglicherweise erst durch die Pandemie deutlicher zutage getreten sind, aber auch schon unter präpandemischen Bedingungen bestanden haben (van Ackeren et al., 2020).

Bei Schulkindern scheinen der einfache Verlust an effektiver Lernzeit und die daraus resultierenden Lernverzögerungen besonders relevant zu sein (Grewenig et al., 2021). Darüber hinaus werden Faktoren wie ein möglicher Mangel an Unterstützung durch Erziehungsberechtigte und Bezugspersonen, ein benachteiligter sozialer Hintergrund, begrenzte Möglichkeiten, verständnisbezogene Fragen zu stellen, die sofort beantwortet

werden, und eine mangelnde Vertrautheit mit digitalem und selbstreguliertem Lernen diskutiert (Anger & Plünnecke, 2021; Helm et al., 2021; Fischer et al., 2020; Züchner & Jäkel, 2021).

In gleicher Weise ist die pandemiebedingte Situation von Hochschulstudierenden durch einen Verlust an effektiver Lernzeit, einen Mangel an Unterstützung, die üblicherweise im Rahmen von Präsenzveranstaltungen geleistet wird, und einen Mangel an praktischen Übungen im Besonderen gekennzeichnet (Geis-Thöne & Plünnecke, 2021; Falkenstern & Walz, 2020; Zancajo, 2020). Darüber hinaus führte der Verlust von Nebenjobs der Studierenden infolge der Schließung des Einzelhandels, der Gastronomie und anderer Branchen zu einer finanziellen Belastung und beängstigenden Unsicherheit, was einen ungünstigen Hintergrund für die Entwicklung und Aufrechterhaltung einer soliden Lernmotivation darstellt, die für ein erfolgreiches selbstreguliertes Lernen erforderlich ist (Borgwardt, 2021; Breitenbach, 2021; Geis-Thöne & Plünnecke, 2021; Godoy et al., 2021; Traus et al., 2020).

Grundsätzlich ist zu erwarten, dass Lehramtsstudierende von diesen Schwierigkeiten in ähnlicher Weise betroffen sind wie Studierende im Allgemeinen, aber vielleicht mit weitreichenderen Folgen. Auf den ersten Blick könnte man möglicherweise annehmen, dass die Semester des digitalen Fernstudiums die TPACK-bezogenen Fähigkeiten der Lehramtsstudierenden durch das Sammeln von Erfahrungen aus erster Hand sogar gestärkt haben könnten. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass allein die verstärkte Nutzung digitaler Werkzeuge und Medien per se eher andere als die im TPACK-Modell genannten Kompetenzen stärkt (Mishra & Koehler, 2006). Die Fähigkeit, CK-, PK- und TK-Elemente in Richtung TPACK-Kompetenzen (Mishra & Koehler, 2006; Schmidt, et al., 2009) zu integrieren und zu transformieren, kann kaum dadurch gefördert werden, dass reguläre Universitätskurse vor Ort einfach in digitale Präsentationen umgewandelt werden (Porsch et al., 2021). Zu diesem Zweck sind, genau wie im Fall der allgemeinen PCK-Fähigkeiten, geeignete Lernmöglichkeiten einschließlich praktischer Übungen erforderlich (van Ackeren et al., 2019; Schaumburg, 2015). Seit Beginn der COVID-19-Pandemie gibt es sowohl für Lehramtsstudierende an Universitäten

als auch für Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst umfangreiche Einschränkungen für die praktische Ausbildung (Kerres, 2020; Koşar, 2021; Stringer Keefe, 2020). Der Schulunterricht ist eine komplexe soziale Situation, mit der angehende Lehrkräfte praktisch umzugehen lernen müssen, um in der Lage zu sein, relevante Prozesse im Sinne des Lernerfolgs der Schüler zu regulieren (Helmke & Helmke, 2015; Mitchell et al., 2017; Postholm, 2013). In Anbetracht dieses primären Ziels der Lehrkräfteausbildung erscheint es fraglich, ob eine entsprechende Ausbildung über ein reines Fernstudium angeboten werden kann (Borgwardt, 2021; Choate et al., 2021; Donitsa-Schmidt & Ramot, 2020; Kerres, 2020; Paulus et al., 2021).

1.3 Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht

Technologie und speziell Digitalisierung gelten als geradezu paradigmatische Bereiche von Innovationen im umfassendsten Sinne ihrer privaten wie gesellschaftlichen Ausprägungen und Auswirkungen (Ciriello et al., 2018; Herzig & Martin, 2018; Keuper et al., 2013; Schaffers et al., 2020; Wittpahl, 2017). Neben Veränderungen auf gesamtgesellschaftlicher Ebene haben digitale Medien enormen Einfluss auf die Lebenswelt von Lernenden, die Ausbildung von Lehrkräften sowie die Durchführung von Lehr- und Lernprozessen und somit auch auf die Gestaltung von zeitgemäßem (Fach-)Unterricht.

Wie bei jedem Medium, das als Lernwerkzeug genutzt werden kann, müssen jedoch auch bei digitalen Medien auf Seite der Nutzenden spezifische Kompetenzen vorhanden sein, die einen zielführenden Einsatz ermöglichen. Neben basalen IT-Skills zur Maschinenbedienung, erfordert eine reflektierte Nutzung beispielsweise auch ein Bewusstsein der Prinzipien und Potenziale digitaler Technologien, sodass verständlich wird, dass – in Abhängigkeit von den Einsatzzielen – oftmals aufwändige und umfangreiche Lernprozesse und Kompetenzentwicklung einer gewinnbringenden Nutzung vorausgehen müssen (z. B. Kirchmann et al., 2021). Wenn Digitalisierung als Veränderungsmoment der Lehr- und Lernkultur im Bildungssektor ernst genommen werden soll, dann ist damit weitaus mehr

gemeint als die Schaffung technischer Voraussetzungen. Vielmehr geht es um eine neuartige Planung und Gestaltung von Unterricht, in der traditionelle (analoge) Medien nicht einfach durch digitale Medien ersetzt, sondern Lernprozesse so umgestaltet und individualisiert werden, dass allen Lernenden ein möglichst optimales Lernsetting zur Verfügung gestellt wird (Backfisch et al., 2020). Lernende agieren zunehmend selbstbestimmt und werden dabei von Lehrenden begleitet, die sie professionell anleiten, den Lernprozess mitreflektieren und die Entwicklung notwendiger Selbstlernkompetenzen unterstützen (Leutner & Leopold, 2003; Otto et al., 2015; Schuster et al., 2020). Für diesen Perspektivwechsel brauchen Lehrende nicht nur eine Idee davon, wie zeitgemäßer Unterricht aussieht, sondern auch ganz spezifische Kompetenzen im Umgang mit Lernenden in der Rolle als Lernbegleitende und in der Gestaltung, Auswahl und Aufbereitung von geeigneten Medien für den Unterricht (Kultusministerkonferenz, 2016; Moser et al., 2021; Schaumburg, 2015).

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwiefern digitale Medien sinnvolle Lerninstrumente darstellen können, um o.g. Herausforderungen gegenüberzutreten. Zum einen ermöglichen digitale Medien einen (theoretisch) unbeschränkten Zugang zu verfügbaren Wissensbeständen sowie zu orts- und zeitunabhängigem Lehren und Lernen (Dellbrügge & Marohn, 2017; Schulz-Zander, 2005). Außerdem ist es heutzutage möglich, komplexe Datenaufzeichnungen oder Berechnungen mit wenigen Produkten zeitsparend und kostengünstig durchzuführen. Auch haben digitale Medien, verglichen mit primären Informationsträgern (z. B. lebende Organismen, Präparate von Realobjekten oder Experimente), einen symbolischen, modellhaften oder abbildenden Charakter und können die vergleichsweise problemlose Betrachtung von Phänomenen ermöglichen, die mit dem bloßen Auge nicht sichtbar sind (Ainsworth et al., 2010; Evagorou et al., 2015; Remmele et al., 2018; Weitzel, 2013). Und nicht zuletzt stellt auch die große Vertrautheit der Schulkinder mit digitalen Medien ein potenziell bereicherndes Element für den Unterricht dar (West & Vosloo, 2015).

Auch im speziellen Kontext des Biologieunterrichts können digitale Medien zur zeitgemäßen Vermittlung von Fachinhalten und zur Unterstützung eines strukturierten Kompetenzerwerbs gewinnbringend integriert werden (Maxton-Küchenmeister & Meßinger-Koppelt, 2014; Meßinger-Koppelt et al., 2017; Ropohl, et al., 2018). Natürlich soll der Einsatz digitaler Medien nicht dazu führen, dass Schulkinder belebte Natur nur noch im virtuellen Raum erschließen, denn dieser Gedanke stünde konträr zur Vorstellung einer modernen Biologiedidaktik. Biologieunterricht lebt von der originalen Begegnung und den unmittelbaren Naturerfahrungen (Benkowitz, 2014; Killermann et al., 2020; Meyer et al., 2011; Neuböck-Hubinger, et al., 2016). Digitale Medien können durch ihre technischen Möglichkeiten (z. B. dynamische Visualisierungen) dennoch in vielen Fällen eine sinnvolle Ergänzung sein. Vor diesem Hintergrund sollte stets berücksichtigt werden, welche Funktionen digitale Medien bei der Vermittlung von Fachwissen einnehmen können und in welchen Lehr- und Lernsituationen ein didaktischer Mehrwert erreicht werden kann (Köhler, 2004; Spannagel, 2007; Weitzel, 2004). Daher ergibt sich der Anspruch, dass an digitale Medien im Biologieunterricht dieselben Anforderungen gestellt werden wie an analoge Medien: Sie müssen passend, zielgerichtet und motivierend sein.

Empirische Studien zur Lernwirksamkeit des Einsatzes digitaler Medien in den MINT-Fächern zeigen überwiegend, dass ihr Potenzial zwar für naturwissenschaftliche Fächer als besonders groß einzuschätzen ist, jedoch nicht ausreichend ausgeschöpft wird (Hillmayr et al., 2020; Lorenz, et al., 2017). Die Ergebnisse einer aktuellen Metaanalyse (Hillmayr et al., 2020) weisen insbesondere darauf hin, dass der zweckmäßige Einsatz digitaler Medien für alle MINT-Fächer zwar eine gewinnbringende Erweiterung darstellen kann, eine zusätzliche Schulung der Lehrkräfte zur Nutzung digitaler Medien jedoch inkrementelle positive Effekte auf die Lernleistung von Lernenden hat. Auch internationale Vergleichsstudien wie die International Computer and Information Literacy Study (ICILS) konnten für das deutsche Schulsystem wiederholt aufzeigen, dass der Einsatz digitaler Medien im Unterricht nicht ausreichend

implementiert ist, obwohl es Bestrebungen für eine erfolgreiche Etablierung bereits seit mehreren Jahrzehnten gibt (Eickelmann, et al., 2019; Petko, 2012). Eine Erklärung dafür könnte darin liegen, dass Lehramtsstudierende und Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst während ihres Studiums kaum digitalisierungsbezogene Lerngelegenheiten kennengelernt haben (Jäger-Biela, et al., 2020). Vor diesem Hintergrund erscheint es fraglich, ob die aktuelle Lehramtsausbildung genügend Lernkontexte für die Entwicklung eines digitalisierungsspezifischen Professionswissens anbietet. Daher wurden Strategien für eine effektive Integration digitaler Technologien in den Unterricht zwischenzeitlich von mehreren bildungspolitischen Initiativen mit Fokus auf die Lehrkräftebildung bzw. eine entsprechende Kompetenzentwicklung angehender Lehrkräfte explizit aufgegriffen (BMBF, 2019a, b).

2 Persönlichkeitsmerkmale von Lehramtsstudierenden

In Übereinstimmung mit aktuellen Modellen zur professionellen Kompetenz von Lehrkräften (Kunter et al., 2013) wird die kognitionsbezogene Wissensbasis (CK, PK, PCK, etc.) ergänzt durch weitere motivationale und einstellungsbezogene Kompetenzaspekte wie Selbstwirksamkeit, Begeisterung für den Unterricht oder epistemologische Überzeugungen angesehen. Daneben gewinnen auch Variablen, die einem engeren Bereich „Persönlichkeit“ zuzuordnen sind, in der Forschung zur professionellen Kompetenz von Lehrkräften an Bedeutung (De Raad & Schouwenburg, 1996; Gröschel, 2013; Rothland, 2013; Mayr, 2010; Mayr & Neuweg, 2006). Eine solche Berücksichtigung von Persönlichkeitsmerkmalen in den Kompetenzprofilen von Lehrkräften bezieht sich jedoch nicht mehr auf die Suche nach der idealen, charismatischen Lehrkraft (Blömeke, 2009; Terhart, 2007), sondern adressiert z. B. den empirischen Befund, dass gute Selbstregulationsfähigkeiten entscheidende Ressourcen für die Bewältigung beruflicher Anforderungen und eine hohe Unterrichtsqualität sind (Kunter & Klusmann, 2010).

Die Forschung zu Persönlichkeitsmerkmalen gehört zum Bereich der Differenziellen und Persönlichkeitspsychologie, die intraindividuelle Merkmale im Erleben und Verhalten von Menschen sowie die damit verbundenen interindividuellen Unterschiede untersucht. Entsprechende Beschreibungen, Erklärungen und Vorhersagen persönlichkeitsbezogener Phänomene stützen sich überwiegend auf die Trait-Theorie, da das Trait-Konzept allgemeinere Aussagen erlaubt als solche, die sich nur auf idiosynkratisches Verhalten in bestimmten Situationen beziehen. Dementsprechend versteht die Trait-Theorie unter einem Persönlichkeitsmerkmal die Disposition oder Bereitschaft einer Person, sich in vergleichbaren Klassen von Situationen in einer charakteristischen Weise zu verhalten. Zu den Persönlichkeitsmerkmalen gehören demnach vergleichsweise stabile interindividuelle Unterschiede in Temperament, Motiven, Interessen, Überzeugungen, Einstellungen, Werten und allgemeiner psychischer Funktionsfähigkeit (Buse & Pawlik, 1996; Rauthmann, 2021; Wakefield, 1989).

In Anlehnung an das bekannte Big Five-Modell der Persönlichkeit (Costa & McCrae, 1992) kann jeder Mensch anhand von insgesamt fünf kulturübergreifend replizierbaren Dimensionen charakterisiert werden (Tab. 2; De Raad, 2000; John et al., 2008).

Tabelle 2

Charakteristische Persönlichkeitsaspekte der Big Five-Dimensionen (Costa & McCrae, 1992)

Big Five-Dimension	Charakteristische Persönlichkeitsaspekte
Neurotizismus	Ängstlichkeit, Reizbarkeit, Depression, soziale Voreingenommenheit, Impulsivität, Verletzlichkeit
Extraversion	Herzlichkeit, Kontaktfreudigkeit, Durchsetzungsvermögen, Aktivität, Abenteuerlust, Fröhlichkeit
Offenheit für Erfahrungen	Vorstellungskraft, Neugierde, Interesse an Ästhetik wie Kunst, Musik und Poesie, Vorliebe für Abwechslung statt Routine
Verträglichkeit	Treue, Kooperationsbereitschaft, Altruismus, Bescheidenheit, Freundlichkeit
Gewissenhaftigkeit	Ordnungsliebe, Pflichtbewusstsein, Bedürfnis nach Leistung, Selbstdisziplin, Rücksichtnahme

Trotz ihrer Replizierbarkeit und kulturübergreifenden Stabilität wurden die Big Five – im Gegensatz zu Konstrukten wie Selbstregulation oder Begeisterung für den Unterricht – in der Forschung zur beruflichen Kompetenz von Lehrkräften bisher nur selten berücksichtigt (Schulte, 2008). So führten Kim et al. (2019) eine umfassende Metaanalyse zu den Beziehungen zwischen den Big Five-Persönlichkeitsmerkmalen von Lehrkräften und den beiden Variablen Unterrichtseffektivität und berufsbedingtes Burnout durch. Die Autoren fanden heraus, dass die Big Five-Bereiche emotionale Stabilität (d. h. geringer Neurotizismus), Extraversion, Offenheit für Erfahrungen und Gewissenhaftigkeit positiv mit der Unterrichtseffektivität zusammenhängen, während ein berufsbedingtes Burnout offenbar negativ mit emotionaler Stabilität, Extraversion und Gewissenhaftigkeit assoziiert ist. Darüber hinaus untersuchten Roloff et al. (2020) in einer Längsschnittstudie über zehn Jahre die prädiktive Validität der Persönlichkeit, der kognitiven und der akademischen Fähigkeiten von mehr als 3000 Schulkindern am Ende der Mittelstufe auf ihre spätere Unterrichtsqualität nach Abschluss der Lehrkräfteausbildung. Ergänzend zu den Ergebnissen von Kim et al. (2019) fanden Roloff et al. (2020) heraus, dass vor allem die Verträglichkeit eine Vorhersagekraft für die Fähigkeit der Lehrkräfte hat, ein unterstützendes soziales Umfeld für ihre Lernenden zu schaffen. Darüber hinaus untersuchten Baier et al. (2019) in einer Studie, die sich auf Mathematiklehrer konzentrierte, die Vorhersagekraft von kognitiven Fähigkeiten, Persönlichkeit, professionellem Wissen, Überzeugungen über und Begeisterung für das Unterrichten für die Unterrichtsqualität. Ungeachtet anderer signifikanter Prädiktorvariablen stellten sie fest, dass Extraversion positiv mit der Lernunterstützung assoziiert war, während sich Gewissenhaftigkeit als bedeutsam für die Klassendisziplin erwies.

Insgesamt berücksichtigen die meisten anderen Studien zur beruflichen Kompetenz von Lehrkräften die Big Five jedoch nicht. Ein Grund dafür mag die weit verbreitete Annahme sein, dass Persönlichkeitsmerkmale im Zeitverlauf eher stabil und damit schwer veränderbar und daher von geringer praktischer Relevanz sind (Blömeke, 2009). In Bezug auf die Frage der

Veränderbarkeit ist jedoch die *relative* Stabilität zwar ein theoretisch und pragmatisch entscheidender Parameter der Persönlichkeit, gleichzeitig bietet diese Relativität aber auch Möglichkeiten zur weiteren, auch gewollten Veränderung (Elkins et al., 2017; McAdams et al., 2019; Ones et al., 2005; Specht, 2017). Da Coaching- bzw. Persönlichkeitsentwicklungsangebote in verschiedenen Berufsfeldern seit vielen Jahren erfolgreich in Anspruch genommen werden (Blackman et al., 2016; Jones et al., 2015; Fillery-Travis & Lane, 2020), liegt es nahe, zu untersuchen, ob und inwieweit es im Rahmen der Lehramtsausbildung entsprechende handlungsorientierte Ansatzpunkte gibt.

2.1 Zusammenhänge zwischen Persönlichkeitsmerkmalen und Innovationsfähigkeit

Die Zusammenhänge zwischen Persönlichkeitsmerkmalen und Innovationsfähigkeit wurden bisher hauptsächlich von der organisationspsychologischen Forschung im wirtschaftlichen Kontext untersucht, sodass in der Regel Studienteilnehmende aus anderen Sektoren als dem Bildungswesen betrachtet wurden. Einige dieser Studien konnten beispielsweise zeigen, dass ein hohes Maß an persönlichen Kompetenzen, wie Kommunikationsfähigkeit, Eigenverantwortung, Ausdauer, Kreativität, Flexibilität und Neugier positiv mit der Bereitschaft von Mitarbeitenden verbunden ist, neue Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen zu nutzen und erfolgreich damit umzugehen (Hero et al., 2017; Palmer, 2016, 2015; Pekkala et al., 2017; Schneider & Martin, 2019; Tran & Voyer, 2015; Waßmann, 2015).

Was die spezifischen Zusammenhänge zwischen Innovationsfähigkeit und den Big Five-Persönlichkeitsmerkmalen betrifft, so ergibt sich ein heterogenes Bild der Befunde, was höchstwahrscheinlich sowohl auf Unterschiede in den Forschungsmethoden als auch auf eine Abhängigkeit der Zusammenhänge vom jeweiligen Arbeitsbereich zurückgeführt werden kann (Palmer, 2016). So fanden Hsieh et al. (2011), dass Offenheit für Erfahrungen, Extraversion und Gewissenhaftigkeit das Innovationsverhalten von taiwanesischen Biotech-Mitarbeitenden

besonders beeinflussen, während Chen et al. (2010) signifikante Effekte von Offenheit für Erfahrungen, Extraversion und Verträglichkeit (anstelle von Gewissenhaftigkeit) auf das Innovationsverhalten von Beschäftigten in Taiwans maritimer Tourismusbranche bei der Entwicklung und dem Verkauf von Ideen fanden. Im Gegensatz dazu fasst Baks (2007) auf der Grundlage ihrer Analyse von Daten von Hotelangestellten in Amsterdam zusammen, dass sowohl ein hohes Maß an Offenheit für Erfahrungen als auch ein niedriges Maß an Neurotizismus die entscheidenden Prädiktoren für innovatives Verhalten sind, während Munir und Beh (2016) nur Offenheit für Erfahrungen in signifikantem Zusammenhang mit innovativem Verhalten von Mitarbeitenden eines malaysischen Automobilzulieferers fanden. Darüber hinaus fanden Woods et al. (2018) heraus, dass die Dauer der Beschäftigung von Mitarbeitenden eines britischen Finanzunternehmens den Einfluss der Offenheit für Erfahrungen auf die Entwicklung von Ideen positiv moderierte, d. h. je ausgeprägter die Offenheit für Erfahrungen und je länger die Beschäftigungsdauer, desto mehr innovative Ideen wurden entwickelt. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass die Dauer der Beschäftigung den Einfluss der Gewissenhaftigkeit auf die Entwicklung von Ideen negativ moderiert, d. h. je ausgeprägter die Gewissenhaftigkeit und je länger die Beschäftigungsdauer, desto weniger innovative Ideen wurden entwickelt. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei der Betrachtung der Zusammenhänge zwischen den Big Five und der Innovationsfähigkeit neben differenziellen Effekten der Forschungsmethodik und des jeweiligen Berufsfeldes auch andere moderierende Faktoren berücksichtigt werden müssen. Waßmann (2015) zeigte diesbezüglich sehr differenzierte Effekte bei seiner 4-Cluster-Lösung zur Beschreibung des Innovationstyps von Beschäftigten unter Berücksichtigung von sieben innovationsbezogenen Aspekten: (1) Kreativität, (2) Abwesenheit von Denkblockaden, (3) Sozialkompetenz, (4) Leistungsbedürfnis, (5) Methodenkompetenz, (6) Kooperationsfähigkeit und (7) Kommunikationsfähigkeit. Ein Cluster (niedrige Innovativität) ist beispielsweise durch überdurchschnittliche Neurotizismus-Werte zusammen mit unterdurchschnittlichen

Extraversion-Werten und durchschnittlichen Werten für die übrigen drei Big Five-Dimensionen gekennzeichnet. Ein anderes Cluster (hohe Innovativität) besteht aus unterdurchschnittlichen Werten für Neurotizismus, aber überdurchschnittlichen Werten für alle anderen Big Five-Dimensionen. Insbesondere die Offenheit für Erfahrungen ist jedoch in denjenigen beiden Clustern, die am engsten mit der Innovativität verbunden sind, überdurchschnittlich hoch.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die bisherige Forschung eine Vielzahl fragmentarischer Ergebnisse liefert, von denen einige komplex zu interpretieren sind. Dennoch bietet dieses heterogene Bild eine sich wiederholende Quintessenz: Insbesondere der Big Five-Faktor Offenheit für Erfahrungen erwies sich durchweg als besonders einflussreich auf das Innovationsverhalten von Mitarbeitern (Palmer, 2016).

3 Studienergebnisse

Nachfolgend werden zentrale Ergebnisse dreier Forschungsprojekte vorgestellt, die thematisch den im Kapitel 2 dargestellten Bereichen zuzuordnen sind:

- (1) In einer ersten Studie (Kap. 3.1) wurde untersucht, ob sich bestehende Zusammenhänge zwischen Persönlichkeitsmerkmalen und Innovationsfähigkeit im Wirtschaftskontext auf die Gruppe von Lehramtsstudierenden übertragen lassen. Digitalisierung wurde dabei als paradigmatischer Bereich von Innovation im Bildungskontext aufgefasst und ein entsprechend hohes Selbstkonzept digitalisierungsbezogenen professionellen Wissens als hohe Innovationsbereitschaft interpretiert.
- (2) In einer zweiten Studie (Kap. 3.2) wurde geprüft, ob sich die Werte auf den TPACK- und Persönlichkeitsdimensionen bei den Lehramtsstudierenden vor und nach der Umstellung auf das COVID-19-bedingte Distanzlernen voneinander unterscheiden. Zwar handelt es sich nicht um ein echtes Längsschnittdesign, aber die quer-längsschnittliche Erhebung von

2018 bis 2021 hat die Bildung zweier ansonsten vergleichbarer und gleich großer Gruppen ermöglicht.

(3) In einer dritten Studie (Kap. 3.3) wurde gezielt die Lernförderlichkeit digitaler Unterrichtselemente in den Blick genommen, indem ein Gruppenvergleich zwischen Studierenden vorgenommen wurde, die entweder die Bestimmungsübung in Botanik mit einer App oder aber auf klassischem Wege mit einem Bestimmungsbuch absolviert hat. Das Botanik-Wissen wurde vorher und nachher gemessen. Ebenso wurden Korrelationen zwischen Botanik-CK-Selbstkonzept und tatsächlich erzielter Leistung im Wissenstest betrachtet.

3.1 Zusammenhänge zwischen Persönlichkeit, Fachwissen und Innovationsfähigkeit bei angehenden Biologielehrkräften¹

Digitalisierung gilt als ein paradigmatisches Innovationsfeld (Bygstad et al., 2022; Ciriello et al. 2018; Hund et al., 2021, 2018; Kaputa et al., 2022). Inwieweit digitale Technologien als Innovationen aufgenommen bzw. akzeptiert werden und schließlich gewinnbringend eingesetzt werden können, hängt sowohl von materiellen Voraussetzungen (z. B. einer ausreichenden Infrastruktur) als auch von persönlichen Faktoren auf Seiten der Nutzenden ab.

Das ganze Ausmaß, in dem das Privat- und Berufsleben durch digitale Technologien geprägt und beansprucht wird bzw. werden könnte, wurde während der COVID-19-Pandemie eindrucksvoll deutlich: Viele Beschäftigte arbeiteten von zu Hause aus, E-Commerce wurde zum Standard, Meetings, Konferenzen, Messen, Konzerte, Gottesdienste und vieles mehr fanden in vielen Ländern vorübergehend online statt (Onyeaka et al., 2021). Vor allem das

¹ Die Inhalte sowie etwaige Abbildungen und Tabellen der Kapitel 3.1, 3.1.1 und 3.1.2 referieren sämtlich auf die Originalarbeit von Welter et al. (2022a), sodass auf fortlaufenden Quellenverweis im Interesse der Lesbarkeit verzichtet wird.

Bildungssystem wurde durch die öffentliche Erwartung herausgefordert, die schulische und universitäre Bildung aufrechtzuerhalten, indem der reguläre Unterricht vor Ort zügig auf E-Learning-Angebote umgestellt wurde (Huber et al., 2020). Bereits 2016 verabschiedete die deutsche Bildungspolitik die Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ und empfahl, dass alle Lehrkräfte „Medienexperten“ (S. 24) für das Lehren und Lernen in ihren jeweiligen Unterrichtsfächern werden sollten (Kultusministerkonferenz, 2016). Doch trotz dieser Initiative zur Förderung innovativer Unterrichtsformen mit digitalen Medien fühlten sich drei Jahre später die meisten Lehrkräfte nicht optimal vorbereitet, um die abrupten Anforderungen der Umsetzung von COVID-19-bezogenem E-Learning erfolgreich zu bewältigen (García-Morales et al., 2021; Humpl & Andersen, 2022). Was in dieser Hinsicht (vergleichsweise spontan und unvorbereitet) realisiert werden konnte und wie es um die Funktionalität für Lehrende und Lernende bestellt ist, ist Gegenstand von Defizitanalysen auf verschiedenen Ebenen (Emmerichs et al., 2021; Engzell et al., 2021; Hammerstein et al., 2021; Huber et al., 2020; Thorn & Vincent-Lancrin, 2021).

Mögliche Innovationshemmnisse können einerseits sicherlich auf strukturelle Bedingungen zurückgeführt werden, d. h. auf Umweltfaktoren wie soziale und politische Strukturen, technische Infrastruktur oder die (Hoch-)Schule selbst und ihre organisatorischen Besonderheiten (Zylka, 2018). Andererseits scheinen diese Barrieren aber auch mit persönlichen Bedingungen zusammenzuhängen, d. h. mit individuellen Faktoren auf Seiten der (angehenden) Lehrkräfte, einschließlich Aspekten ihrer beruflichen Kompetenz sowie Persönlichkeitsmerkmalen (Kunter et al., 2013; Thurlings et al., 2015; Zylka, 2018). Die meisten empirischen Studien zu diesem Thema beziehen sich auf die erstgenannten (vergleichsweise leicht veränderbaren) Umweltfaktoren, um daraus effizient Maßnahmen zur Schulentwicklung abzuleiten (Burchert, 2010). Demgegenüber haben sich bisher nur wenige Studien systematisch auf die Lehrkräfte als individuellen Faktor konzentriert, obwohl die Identifikation relevanter persönlicher Merkmale, die innovatives Verhalten beeinflussen,

ebenfalls entscheidend erscheint (Eickelmann & Vennemann, 2017; Gröschel, 2013; Trempler et al., 2013). So erfordert die Herausforderung des digitalen Wandels sowohl eine spezifische individuelle Bereitschaft und Fähigkeit, sich auf veränderte Handlungsoptionen einzustellen als auch Innovationen aktiv zu unterstützen und ggf. mitzugestalten (Basilotta-Gómez-Pablos et al., 2022; Thorvaldsen & Madsen, 2021).

Die Studie *What do the Relationships between Pre-service Biology Teachers' Personality and Professional Knowledge reveal about their Innovativeness? – An Exploratory Study Using Canonical Correlation Analysis* (Welter et al., 2022a) wurde 2017 an der Universität zu Köln am Institut für Biologiedidaktik unter maßgeblicher Mitwirkung des Autors der vorliegenden Dissertation initiiert. Zudem war dieser im Zeitraum 2018 bis 2021 mit der Erhebung der Forschungsdaten betraut und sowohl an der anschließenden Datenauswertung und -interpretation als auch an der Formulierung und dem Redigieren des betreffenden Manuskripts beteiligt.

3.1.1 Kurzbeschreibung des Projekts

Ausgehend von organisationspsychologischen Studien zu den Beziehungen zwischen Innovationsfähigkeit und Persönlichkeitsmerkmalen in beruflichen Kontexten, die wiederholt den Big Five-Faktor Offenheit für Erfahrungen als besonders einflussreich auf das Innovationsverhalten von Mitarbeitern identifiziert hatten (Baks, 2007; Chen et al., 2010; Hsieh et al., 2011; Munir & Beh, 2016; Palmer, 2016; Waßmann, 2015; Woods et al., 2018), sollte in der vorliegenden Studie untersucht werden, ob sich vergleichbare Ergebnisse auch im Bildungskontext, insbesondere in der universitären Lehramtsausbildung, finden lassen. Da der Bereich des digitalen Lehrens und Lernens als paradigmatisch für das Konstrukt der Innovation im Bildungskontext gilt (Redding et al., 2014; Saatci & Ovaci, 2020; Salmon, 2014; Serdyukov, 2017), wurden daher die Zusammenhänge zwischen den Big Five-Persönlichkeitsmerkmalen und dem TPACK-bezogenen Selbstkonzept professionellen Wissens von $N = 201$

Lehramtsstudierenden analysiert. Etwa 77% der Teilnehmenden waren weiblich, 22% waren männlich und 1% fühlte sich keinem Geschlecht zugehörig. Im Durchschnitt waren die Studierenden 22.38 ($SD = 2.58$) Jahre alt und hatten bereits etwas mehr als die Hälfte ihres Bachelorstudiums abgeschlossen. Die Big Five-Persönlichkeitsmerkmale wurden mit der deutschen Version des NEO-Fünf-Faktoren-Inventars (NEO-FFI; Borkenau & Ostendorf, 2008) erfasst, das TPACK-bezogene Selbstkonzept professionellen Wissens mithilfe einer adaptierten Version eines Fragebogens von Schmidt et al. (2009). Zur Beantwortung der Frage nach den Beziehungen zwischen den Big Five-Persönlichkeitsmerkmalen der Lehramtsstudierenden und ihrem TPACK-bezogenen Selbstkonzept professionellen Wissens wurde eine kanonische Korrelationsanalyse (CCA) durchgeführt, die als multivariates Verfahren die Beziehung zweier Variaten als optimale Linearkombinationen von Einzelvariablen in inhaltlich abgrenzbaren Variablensets bestimmt.

3.1.2 Ergebnisse der Kanonischen Korrelationsanalyse

Das erste Set umfasste die fünf z -standardisierten Subskalenwerte des NEO-FFI-Fragebogens (Borkenau & Ostendorf, 2008), das zweite Set die sieben z -standardisierten Subskalenwerte des TPACK-Fragebogens (Tab. 3; Schmidt et al., 2009).

Tabelle 3

Übersicht über die Zuordnungen der Variablen zu den beiden CCA-Sets

Set X (NEO-FFI Subskalen)	Set Y (TPACK Subskalen)
Neurotizismus (x_1)	TK (y_1)
Extraversion (x_2)	CK (y_2)
Offenheit (x_3)	PK (y_3)
Verträglichkeit (x_4)	PCK (y_4)
Gewissenhaftigkeit (x_5)	TCK (y_5)
	TPK (y_6)
	TPACK (y_7)

Anmerkung. TK = technologisches Wissen; CK = Fachwissen; PK = pädagogisches Wissen; PCK = fachdidaktisches Wissen; TCK = technologisches Fachwissen; TPK = technologisch-pädagogisches Wissen; TPACK = technologisch-fachdidaktisches Wissen.

Ausgangspunkt für die Bewertung einer kanonischen Lösung ist die Verwerfung der Nullhypothese, dass kein Zusammenhang zwischen zwei Variablensets, d. h. den Variaten X^* und Y^* , besteht (Kuylen & Verhallen, 1981). Mit $\lambda_{\text{Wilks}'} = .61$ zeigte die vorliegende CCA ein signifikantes Ergebnis für das Gesamtmodell, das insgesamt – limitiert durch die Anzahl der Variablen des jeweils kleineren Sets – fünf kanonische Funktionen umfasste. Dies entspricht einer Gesamtvarianzerklärung von $R_C^2 = 1 - \lambda_{\text{Wilks}'} = .39$ (= 39%). Unter Berücksichtigung der Setgrößen in dieser Studie von fünf und sieben Variablen entspricht dieser R_C^2 -Wert einer mittleren Effektgröße von $f^2 = .13$ (Cohen, 1988) für das Gesamtmodell.

Der nächste Schritt bestand darin, zu entscheiden, welche der fünf kanonischen Funktionen einen signifikanten Anteil der Varianz erklären. Die Ergebnisse der Dimensionsreduktionsanalyse (Tab. 4) zeigen, dass nur die ersten beiden kanonischen Funktionen das Niveau der statistischen Signifikanz erreichen, was sich auch in ihren Eigenwerten widerspiegelt, wenn man sie mit denen der übrigen kanonischen Funktionen vergleicht. Während die erste kanonische Funktion einer Korrelation von $R_{C_1} = .44$ ($R_{C_1}^2 = .20$) entsprach, fiel die zweite mit $R_{C_2} = .39$ ($R_{C_2}^2 = .15$) etwas geringer aus. Die übrigen drei kanonischen Funktionen erklärten weniger als 10% der Varianz, was üblicherweise als Schwellenwert für die Relevanz angesehen wird (Tabachnick & Fidell, 2018).

Tabelle 4
Ergebnisse der Dimensionsreduktion

Kanonische Funktion	R_C	Eigenwert	F-Test	p
1	.44	.24	$F(35, 797.48) = 2.82$	< .001
2	.39	.18	$F(24, 664.04) = 2.25$	< .001
3	.22	.05	$F(15, 527.67) = 1.37$.16
4	.19	.04	$F(8, 384.00) = 1.34$.22
5	.14	.02	$F(3, 193.00) = 1.25$.29

Anmerkung. R_C = Kanonische Korrelation.

Zur Klärung der entscheidenden Frage nach dem Beitrag der einzelnen Variablen der beiden Sets innerhalb dieser beiden statistisch signifikanten kanonischen Funktionen (d. h. die Beziehungen zwischen den Variablen eines Sets und ihren jeweiligen kanonischen Variaten) können verschiedene Parameter verwendet werden (Tab. 5).

Tabelle 5

Standardisierte Gewichte, Strukturkoeffizienten und Kommunalitäten der CCA-Set-Variablen

Konstrukt	Variablen	h^2	Kanonische Funktion 1		Kanonische Funktion 2	
			$R_{C_1} = .44$		$R_{C_2} = .39$	
			$R_{C_1}^2 = .20$		$R_{C_2}^2 = .15$	
			β	r_s	β	r_s
Big Five-Persönlichkeitsmerkmale	Neurotizismus	0.12	-0.14	-.28	-0.46	-.20
	Extraversion	0.12	-0.07	.10	-0.21	-.34
	Offenheit	0.56	0.74	.71	0.24	.23
	Verträglichkeit	0.57	-0.22	-.08	-0.64	-.75
	Gewissenhaftigkeit	0.73	0.67	.63	-0.52	-.58
TPACK-bezogenes Selbstkonzept	TK	0.73	0.19	.43	1.05	.74
professionellen Wissens	CK	0.96	0.80	.96	-0.49	-.21
	PK	0.29	-0.05	.42	-0.31	-.33
	PCK	0.46	0.34	.68	0.55	.01
	TCK	0.17	0.05	.41	-0.11	.06
	TPK	0.27	-0.06	.52	-0.28	-.07
	TPACK	0.30	-0.09	.55	-0.06	-.03

Anmerkung. R_C = kanonische Korrelation; R_C^2 = erklärte Varianz durch kanonische Korrelation; h^2 = Kommunalität; β = standardisiertes kanonisches Gewicht; r_s = kanonischer Strukturkoeffizient/Ladung; TK = technologisches Wissen; CK = Fachwissen; PK = pädagogisches Wissen; PCK = fachdidaktisches Wissen; TCK = technologisches Fachwissen; TPK = technologisch-pädagogisches Wissen; TPACK = technologisch-fachdidaktisches Wissen.

Tabelle 5 zeigt, dass es für jeden der beiden Variablensätze einen eindeutigen Satz standardisierter kanonischer Gewichte β_{ij} pro kanonischer Funktion gibt, d. h. für jedes Paar von Variaten. Da nur die ersten beiden (statistisch signifikanten) kanonischen Funktionen betrachtet wurden (Tab. 4), sind entsprechend zwei Sätze von kanonischen Gewichten β_{ij} pro Variablensatz zu interpretieren. Im Grunde spiegeln diese kanonischen Gewichte β_{ij} die individuellen Beiträge der Variablen eines Sets zu seiner jeweiligen kanonischen Variaten wider. Die kanonischen Gewichte werden jedoch durch Interkorrelationen zwischen den Variablen eines Sets beeinflusst (Kuylen & Verhallen, 1981). Im Gegensatz dazu sind die

kanonischen Strukturkoeffizienten r_s unabhängig von solchen Wechselbeziehungen. Der Strukturkoeffizient r_s stellt die Ladung der Variablen eines Sets auf seiner kanonischen Variate dar und wird ab $r_s \geq |.32|$ als relevant angesehen, da oberhalb dieses Wertes die erklärte Varianz (r_s^2) zwischen Variable und Variate 10% übersteigt (Meloun & Militký, 2011). Um die Variaten sinnvoll zu interpretieren, sollten sowohl die Ladungen r_s als auch die kanonischen Gewichte β_{ij} berücksichtigt werden. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass sich ihre Werte sowohl gleich- als auch gegensinnig verhalten können, d. h. r_s und β_{ij} können entweder beide hoch oder beide niedrig sein, oder hohe Ladungen r_s können niedrigen kanonischen Gewichten β_{ij} entsprechen und umgekehrt. Letzterer Fall wäre ein Grund, die Daten noch einmal genauer auf Kollinearität oder Suppressionseffekte zu untersuchen (für eine ausführlichere Diskussion wird auf Fan und Konold (1984) verwiesen). Darüber hinaus können im Rahmen einer CCA die quadrierten kanonischen Strukturkoeffizienten r_s^2 zur Berechnung des Adäquatheitsindex (AI) verwendet werden, der angibt, wie genau eine kanonische Variate ihre konstitutive Variablenmenge repräsentiert (Johnston et al., 2018). Dazu werden die quadrierten Ladungen pro statistisch signifikanter kanonischer Funktion und pro Variablensatz summiert und diese Summe dann durch die Anzahl der Variablen im jeweiligen Satz geteilt. Der AI entspricht somit dem Anteil der geteilten Varianz zwischen einer Variaten und dem zugehörigen Set von Variablen pro kanonischer Funktion ($0 \leq AI \leq 1.0$). Schließlich muss bei der Interpretation der CCA-Ergebnisse die Kommunalität h^2 berücksichtigt werden. h^2 ist die Summe der quadrierten Strukturkoeffizienten r_s^2 der Variablen eines Sets über die betrachteten kanonischen Funktionen hinweg. Somit stellt h^2 den Gesamtanteil der Varianz der Variablen eines Sets dar, der mit den statistisch signifikanten kanonischen Funktionen verbunden ist (Kuylen & Verhallen, 1981).

Bei der Betrachtung der kanonischen Gewichte und Ladungen der ersten kanonischen Funktion (Tab. 5) wird deutlich, dass die Beziehung zwischen den beiden Variaten X_1^* und Y_1^* maßgeblich von den Variablen Offenheit für Erfahrungen und Gewissenhaftigkeit aus dem

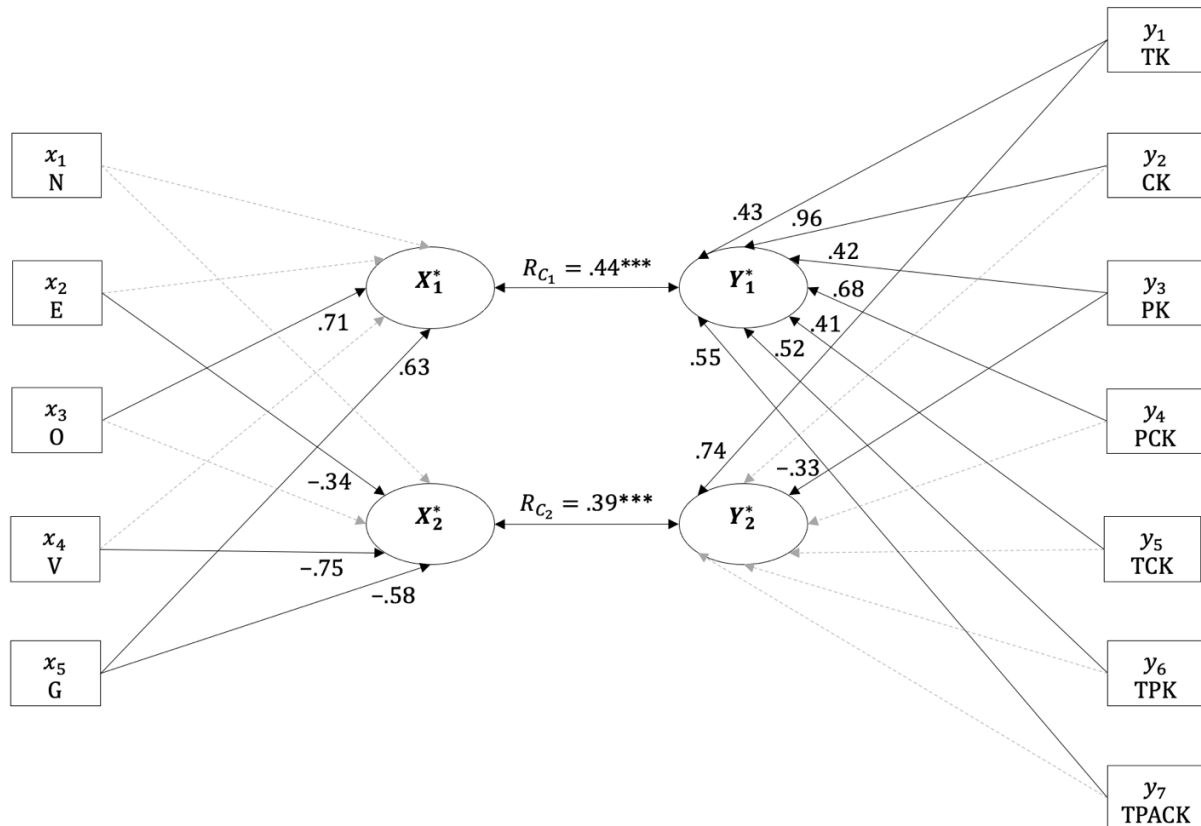
Big Five-Set sowie CK und PCK aus dem TPACK-Set bestimmt wird. Die Kommunalitäten zeigen auch, dass diese vier Variablen die wichtigsten Beiträge zu ihren jeweiligen Variaten der ersten kanonischen Funktion leisten, während alle anderen Variablen faktisch nur marginal agieren. In Anbetracht der jeweils positiven Vorzeichen bedeutet dies, dass höhere Werte für Offenheit für Erfahrungen und Gewissenhaftigkeit mit höheren Werten für CK und PCK einhergehen. Jedoch laden auch die anderen fünf TPACK-Variablen (TK, PK, TCK, TPK, TPACK) vergleichsweise hoch auf ihrer Variaten Y_1^* , allerdings deutet die Tatsache, dass sie gleichzeitig jeweils eher kleine Gewichte erreichen darauf hin, dass sich ihr Beitrag mit anderen Variablen in diesem Set überschneidet (obwohl sie viel Varianz mit Y_1^* teilen). Dieses Ergebnis weist also auf eine gewisse Kollinearität zwischen den Variablen des TPACK-Sets hin (Nimon et al., 2010; Fan & Konold, 1984), möglicherweise weil die Lehramtsstudierenden nicht ausreichend zwischen den Selbsteinschätzungselementen innerhalb des TPACK-Fragebogens differenzieren (können). Die eigentlichen digitalisierungsbezogenen Kompetenzvariablen des TPACK-Modells (TCK, TPK, TPACK) scheinen stattdessen in der ersten kanonischen Funktion in PCK aufzugehen, was auch durch die Analyse bivariater Korrelationen nahegelegt wird. Dies wiederum kann auf zwei Arten erklärt werden: Entweder werden die digitalisierungsbezogenen Kompetenzen von Studierenden, die hohe Werte bei Offenheit für Erfahrungen und Gewissenhaftigkeit erreichen, als selbstverständlich aufgefasst (d. h. diese Kompetenzen werden als PCK-inhärent betrachtet und somit nicht von dieser Wissensdomäne abgegrenzt) oder die Studierenden sind aufgrund mangelnder praktischer Lehrerfahrung noch nicht in der Lage, ihre eigenen Kompetenzen in dieser Hinsicht zuverlässig einzuschätzen (Gravett, 2014). Trotz dieses gewissen Grades an Kollinearität der TPACK-Variablen in der ersten kanonischen Funktion ist jedoch festzustellen, dass alle TPACK-Variablen eindeutig positiv mit den Big Five-Variablen Offenheit für Erfahrungen und Gewissenhaftigkeit assoziiert sind.

Bei der Betrachtung der kanonischen Gewichte der zweiten kanonischen Funktion erweisen sich die Variablen Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit aus dem Big Five-Set sowie TK und PK aus dem TPACK-Set als besonders relevant für die Beziehung zwischen den Variaten X_2^* und Y_2^* . Insgesamt stimmen diese Ergebnisse wiederum mit den Ladungen und den Kommunalitäten überein. Unter Berücksichtigung der algebraischen Vorzeichen bedeutet dies, dass höhere Werte bei Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit mit höheren Werten von PK, aber gleichzeitig mit niedrigeren Werten von TK einhergehen. Umgekehrt korrespondiert der letztgenannte Aspekt mit dem interessanten Ergebnis, dass eine dominante Technikaffinität offenbar mit dem Risiko niedrigerer Ausprägungen von Persönlichkeitsmerkmalen einherzugehen scheint, die als pädagogisch und didaktisch relevant angesehen werden. Darüber hinaus erweisen sich die Daten zu allen anderen Variablen der beiden Sets (Neurotizismus, Extraversion, Offenheit für Erfahrungen [Set X] sowie CK, PCK, TCK, TPK, TPACK [Set Y]) bei Betrachtung ihrer kanonischen Gewichte und Ladungen als inkonsistent, so dass eine eindeutige Interpretation ihres Beitrags zur Bildung der beiden Variaten nicht möglich ist.

Das Pfadmodell in Abbildung 2 gibt einen grafischen Überblick über die zentralen Ergebnisse der kanonischen Lösung, einschließlich der kanonischen Korrelationen der beiden statistisch signifikanten kanonischen Funktionen sowie der Ladungen der Set-Variablen auf ihren jeweiligen Variaten.

Abbildung 2

Pfadmodell der kanonischen Korrelationen R_{C_1} und R_{C_2} sowie der Strukturkoeffizienten r_s der Variablen der Sets NEO-FFI und TPACK



Anmerkung. N = Neurotizismus; E = Extraversion; O = Offenheit für Erfahrungen; V = Verträglichkeit; G = Gewissenhaftigkeit; TK = technologisches Wissen; CK = Fachwissen; PK = pädagogisches Wissen; PCK = fachdidaktisches Wissen; TCK = technologisches Fachwissen; TPK = technologisch-pädagogisches Wissen; TPACK = technologisch-fachdidaktisches Wissen; kleine Ladungen ($< .30$) werden nicht numerisch, sondern durch grau gestrichelte Pfeile dargestellt; X^* = kanonische Variante des Sets X (Big Five-Persönlichkeitsmerkmale); Y^* = kanonische Variante des Sets Y (Selbstkonzept des beruflichen Wissens, einschließlich digitalisierungsbezogener Fähigkeiten); R_C = kanonische Korrelation
 $*** = p < .001$.

Die AI weisen insgesamt darauf hin, dass über beide kanonische Funktionen hinweg nur maximal 35% der Variablensets in den Variaten vertreten sind. Kritisch betrachtet bedeutet dies, dass das kanonische Modell auch mit weniger Variablen auskommen könnte, nämlich TK, CK, PK und PCK auf der einen Seite sowie Offenheit für Erfahrungen, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit auf der anderen Seite. Dies ist sicherlich zu einem bedeutsamen Anteil auf die Kollinearität zwischen den TPACK-Variablen zurückführbar. Vor dem Hintergrund der Erklärungen für diese Interkorrelationen (Fehleinschätzung digitalisierungsbezogener Fähigkeiten als inhärente Facette von PCK oder fehlende Praxiserfahrung, die für eine

verlässliche Bewertung notwendig ist) wäre es überlegenswert, entweder eine Stichprobe von angehenden Lehrkräften mit mehr Praxiserfahrung auszuwählen (z. B. Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst) oder alternativ die Dimensionen des TPACK-Modells mit objektiven Leistungstests anstelle einer Selbsteinschätzung zu bewerten. Beide Ansätze könnten dazu beitragen, die digitalisierungsbezogenen Domänen des TPACK-Modells in den kanonischen Variablen deutlicher abzubilden. Zudem könnte möglicherweise auch eine Erhöhung der Probandenzahl die Genauigkeit der kanonischen Lösung insgesamt verbessern helfen (Hill & Lewicki, 2006; Thompson, 1984). Vor dem Hintergrund des explorativen Forschungsinteresses wird der heuristische Wert des vorliegend gefundenen kanonischen Modells jedoch als hilfreich und wichtig für zukünftige Forschung erachtet (Kap. 4).

3.2 Das Lernen von Lehramtsstudierenden in Zeiten von COVID-19²

Viele Menschen erlebten infolge der COVID-19-bedingten Lockdowns und der damit einhergehenden Einschränkung sozialer Kontakte Isolation und psychischen Stress (Andresen, et al., 2021; Rudert et al., 2021; Welter et al., 2021). Einige Studien zu den Folgen dieser Lockdowns deuten sogar auf Veränderungen zentraler Persönlichkeitsdimensionen hin (Ahmed et al., 2020; Sutin et al., 2020), die unter normalen Umständen eigentlich als recht stabil gelten (Ahmed et al., 2020; Specht et al., 2011; McCrae & John, 1992). Allerdings erweisen sich solche Ergebnisse als recht inhomogen, da sie keine (Ferrel, 2021), mehr (Ahmed et al., 2020) oder weniger Veränderungen (Sutin et al., 2020) bei verschiedenen eher adaptiven (z. B. verminderter Neurotizismus, erhöhte Gewissenhaftigkeit (Ahmed et al., 2020; Sutin et al., 2020)) oder weniger adaptiven Persönlichkeitsmerkmalen (z. B. verminderte Verträglichkeit (Sutin et al., 2020)) anzeigen.

² Die Inhalte sowie etwaige Abbildungen und Tabellen der Kapitel 3.2, 3.2.1 und 3.2.2 referieren sämtlich auf die Originalarbeit von Emmerichs et al. (2021a), sodass auf fortlaufenden Quellenverweis im Interesse der Lesbarkeit verzichtet wird.

Speziell im Bildungswesen bedeuten Lockdowns die Schließung von Universitäten und Schulen und betreffen somit sowohl die Lehrkräfte in diesen Einrichtungen als auch – in erster Linie – die große Gruppe der Lernenden (UNESCO et al., 2021). Die abrupte Umstellung des Lernens in der Schule und der Universität auf das bis dahin ungewohnte Distanzlernen (Bujard et al., 2021; Goertz & Hense, 2021) kann mit Schwierigkeiten beim Verständnis, beim Wissenserwerb und schließlich bei den akademischen Leistungen der Lernenden verbunden sein (Dorn et al., 2020; Grewenig et al., 2021; Hammerstein et al., 2021; Reinhold et al., 2021). Die Ursachen für diese Schwierigkeiten sind zum Teil sicherlich in bildungspolitischen Rahmenbedingungen und der digitalen Infrastruktur zu suchen (Bosse et al., 2020; Fickermann & Edelstein, 2020). Darüber hinaus sind aber auch individuelle Faktoren sowohl auf Seiten der Lernenden als auch der Lehrenden anzunehmen.

Auf Seiten der Lernenden erscheint zum einen der Entzug sozialer Lernerfahrungen in der Schule und die Beschränkung auf den familiären Kontext aus entwicklungspsychologischer Sicht bedenklich (Bujard et al., 2021; Holz & Richter-Kornweitz, 2020; Neumann, 2020; Schult et al., 2021). Zum anderen bedeutet die soziale Distanzierung von der relevanten Bezugsgruppe der Mitlernenden gerade im Hinblick auf schulische Leistungen eine Verminderung der sozialen Vergleichsdimension, die für die Entwicklung eines stabilen und realistischen Fähigkeitsselbstkonzepts entscheidend ist (Marsh & Yeung, 1997; Marsh et al., 1988). Nach dem Self-Enhancement-Ansatz (Calsyn & Kenny, 1977; Marsh & Yeung, 1997) und dem Modell der reziproken Effekte (REM; Marsh & Craven, 2006; Marsh et al., 2005; Seaton et al., 2014) steht das Fähigkeitsselbstkonzept wiederum in einem starken positiven Zusammenhang mit den schulischen Leistungen (Calsyn & Kenny, 1977; DuBois & Cooper, 2004; Marsh & Yeung, 1997; Möller & Trautwein, 2015; Valentine, 2004): Schlechte Leistungen führen zu einem schwächeren Fähigkeitsselbstkonzept und ein schwächeres Fähigkeitsselbstkonzept führt zu noch schlechteren Leistungen. Daher bleibt die Frage nach der grundlegenden Ursache für die gegenwärtigen Schwierigkeiten der Lernenden offen, da während der Pandemie beide

Faktoren gleichzeitig auftraten: Der Rückgang der schulischen Leistungen (Dorn et al., 2020; Grewenig et al., 2021; Hammerstein et al., 2021; Reinhold et al., 2021) und die Verringerung der sozialen Vergleiche, die für die Entwicklung eines stabilen Selbstkonzepts als wesentlich angesehen werden (Bujard et al., 2021; Holz & Richter-Kornweitz, 2020; Marsh et al., 1988; Marsh & Yeung, 1997; Neumann, 2020; Schult et al., 2021).

Schließlich müssen aber auch individuelle Faktoren auf Seiten der Lehrkräfte als mögliche (Mit-)Ursache für die Lernschwierigkeiten der Lernenden in Betracht gezogen werden. Sanders und Rivers (1997) konnten bereits vor 25 Jahren zeigen, dass der entscheidende Faktor für den Lernerfolg der Lernenden in der professionellen Kompetenz der Lehrkraft liegt – ein Ergebnis, das auch durch die bekannte Metaanalyse von Hattie (2008) bestätigt wurde. In der Praxis bedeutet dies, dass gute Lehrkräfte ihre Lernenden unabhängig von der Schulform oder anderen Strukturmerkmalen des Bildungssystems und der Lernumgebung (z. B. Klassengröße oder Ausstattung) zu erfolgreichem Lernen befähigen. Diese bedeutsame Eigenschaft einer guten Lehrkraft ist besonders relevant für leistungsschwache Lernende oder solche aus einkommensschwachen oder wenig gebildeten Elternhäusern. Gerade für diese Lernenden kann eine Durchlässigkeit der sozialen Schichtung durch die fachliche Kompetenz der Lehrkräfte unterstützt werden (Hattie, 2008). Auch wenn (fairerweise) nicht davon ausgegangen werden kann, dass sich Hattie und andere Forschende auf eine Ausnahmesituation wie die COVID-19-Pandemie beziehen, so ist doch nicht auszuschließen, dass die berufliche Kompetenz von Lehrkräften auch in Zeiten von COVID-19 zumindest einen erheblichen Einfluss auf den Lernerfolg von Lernenden haben kann.

Das Forschungsprojekt *University Teacher Students' Learning in Times of COVID-19* (Emmerichs et al., 2021a) wurde 2020 an der Universität zu Köln am Institut für Biologiedidaktik initiiert und umfasst insgesamt zwei Teilstudien. Der Autor der vorliegenden Dissertation hat maßgeblich an der Konzeptualisierung der ersten Teilstudie mitgewirkt und hat im Zeitraum 2018 bis 2021 die zugehörigen Forschungsdaten erhoben. Zudem war er sowohl

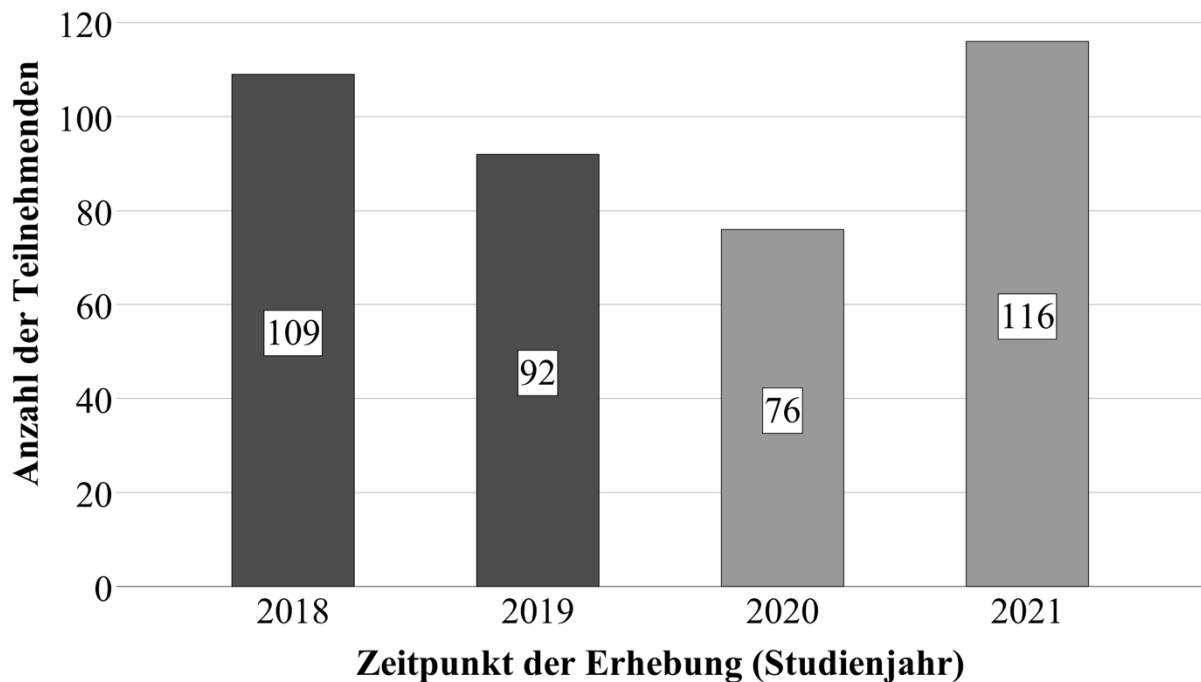
an der anschließenden Auswertung und Interpretation dieser erhobenen Daten als auch an der Formulierung und dem Redigieren des betreffenden Manuskripts beteiligt. An der Konzeption von Teilstudie 2 oder der zugehörigen Datenerhebung, Datenauswertung und Dateninterpretation war der Autor der vorliegenden Dissertation nicht beteiligt, sodass im vorliegenden Rahmenbeitrag lediglich die Teilstudie 1 dargestellt wird.

3.2.1 Kurzbeschreibung des Projekts

Sofern die Schließung von Universitäten im Rahmen von COVID-19-bedingten Lockdowns mit einem verringerten Kompetenzerwerb auch und speziell von Lehramtsstudierenden assoziiert ist, wäre erwartbar, dass sich dies erheblich auf ihren zukünftigen Schulunterricht auswirken könnte (Hattie, 2008, Sanders et al., 1997). Hierdurch könnten die Schulkinder schließlich im Ernstfall doppelt benachteiligt werden: Zunächst durch das pandemiebedingte Distanzlernen und einige Zeit später durch nicht optimal ausgebildete Lehrkräfte (Kap. 1.2). Dies wiederum bedeutet, dass potenzielle Defizite auf Seiten der angehenden Lehrkräfte rechtzeitig erkannt und korrigiert werden müssen, um derartige weitreichende Folgen zu verhindern. Vor diesem Hintergrund wurde in der vorliegenden Studie versucht, potenzielle Veränderungen im Selbstkonzept professionellen Wissens und bedeutsamen Persönlichkeitsdimensionen von Lehramtsstudierenden vor und nach Ausbruch der COVID-19-Pandemie zu ermitteln. Hierzu wurden Daten einer wiederholten Querschnittsbefragung verwendet, die im Zeitraum von 2018 bis 2021 durchgeführt wurde und mehrere vergleichbare Kohorten von insgesamt $N = 395$ Biologielehramtsstudierenden einschloss. Dieses Design ermöglichte es, die Teilnehmenden in zwei Gruppen aufzuteilen, die sich auf die Zeit vor und nach dem Wechsel zum Distanzlernen beziehen (Abb. 3).

Abbildung 3

Anzahl der Teilnehmenden pro Studienjahr



Anmerkung. Dunkelgrau = Präsenzlehre; hellgrau = Distanzlernen.

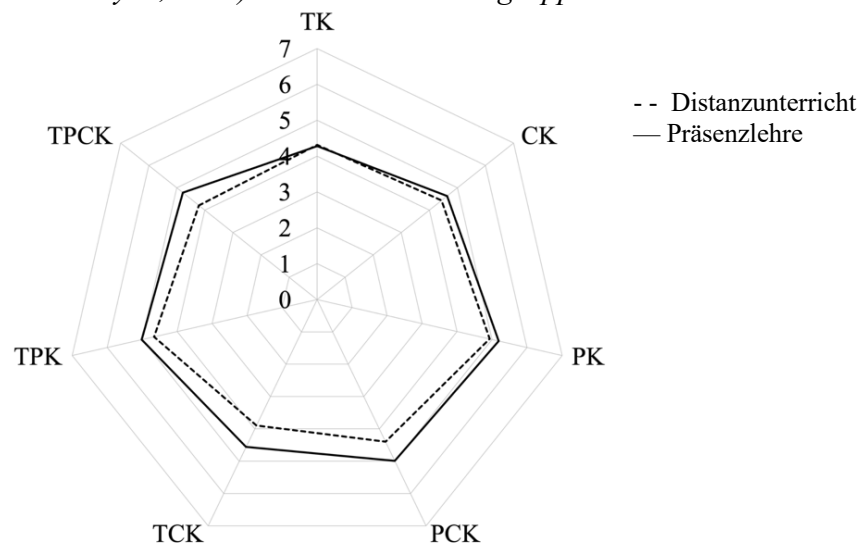
Etwa 76% der Teilnehmenden waren weiblich, 23% waren männlich und 1% fühlte sich keinem Geschlecht zugehörig. Im Durchschnitt waren die Studierenden 22.50 ($SD = 2.93$) Jahre alt und hatten bereits etwas mehr als die Hälfte ihres Bachelorstudiums abgeschlossen. Das Selbstkonzept professionellen Wissens wurde über die TPACK-Dimensionen (Mishra und Koehler, 2006) operationalisiert und mithilfe eines adaptierten Fragebogens von Schmidt et al. (2009) erfasst. Bedeutsame Persönlichkeitsdimensionen wurden über das Big Five-Modell (Costa & McCrae, 1992) operationalisiert und mithilfe der deutschen Version des NEO-FFI (Borkenau & Ostendorf, 2008) erfasst. Zur Beantwortung der Frage nach potenziellen Unterschieden auf den interessierenden Variablen, die mit der Umstellung auf Distanzlernen assoziiert sind, wurden sowohl für den Variablenbereich des Selbstkonzepts professionellen Wissens als auch für denjenigen der Persönlichkeitseigenschaften jeweils eine MANOVA (Globalunterschied) mit anschließenden t -Tests (Unterschiede auf einzelnen Dimensionen) durchgeführt.

3.2.2 Ergebnisse der Querschnittsstudie

Hinsichtlich des Selbstkonzepts professionellen Wissens zeigten die MANOVA-Ergebnisse signifikante globale Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, die einer Effektstärke von $d_{Cohen} = 0.70$ entsprachen. Die anschließenden t -Tests zeigten signifikant geringere Werte der Distanzlernen-Gruppe auf allen Subskalen außer TK (Abb. 4), wobei sich der größte signifikante Unterschied auf der Subskala PCK ($d_{Cohen} = 0.55$), der kleinste auf der Subskala CK ($d_{Cohen} = 0.23$) fand.

Abbildung 4

TPACK-Profil (Colvin & Tomayko, 2015) der beiden Studiengruppen



Anmerkung. TK = technologisches Wissen; CK = Fachwissen; PK = pädagogisches Wissen; PCK = fachdidaktisches Wissen; TCK = technologisches Fachwissen; TPK = technologisch-pädagogisches Wissen; TPACK = technologisch-fachdidaktisches Wissen.

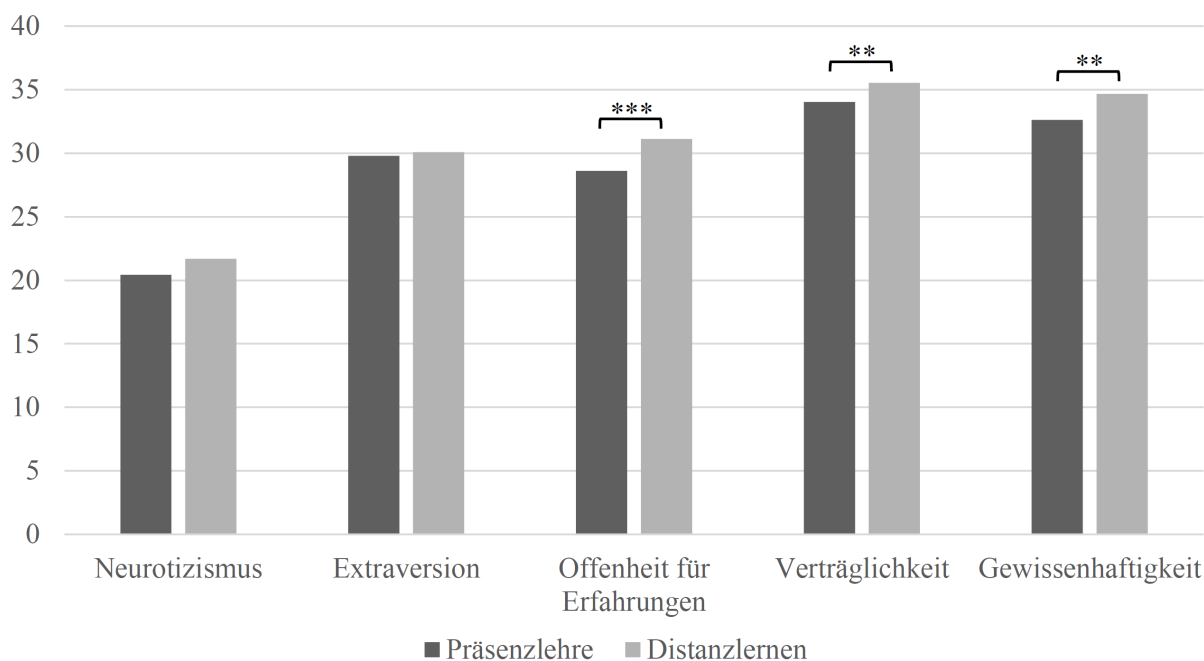
Unter Berücksichtigung theoretischer Überlegungen bieten sich zwei Erklärungen für diese Ergebnisse an: Zum einen könnten die niedrigeren Bewertungen natürlich ein tatsächliches Defizit beim Wissenserwerb während des Distanzlernens widerspiegeln. Diese Erklärung stünde im Einklang mit empirischen Befunden, die inzwischen deutlich gezeigt haben, dass der unvorbereitete Umstieg auf das Distanzlernen aufgrund von eingeschränkten Kommunikationsmöglichkeiten, technischen Schwierigkeiten und/oder mangelnden

Fähigkeiten zum selbstregulierten Lernen problematisch für den Lernerfolg von Schulkindern und Studierenden war (Blaskó et al., 2021; Choate et al., 2021; Donnelly & Patrinos, 2021; Engzell & Frey, 2021; Grewenig et al., 2021; König et al., 2020). Zum anderen könnten die niedrigeren Werte der Distanzlernen-Gruppe aber auch auf Schwierigkeiten bei der validen Bewertung der eigenen Fähigkeiten zurückführbar sein, verursacht durch den Wegfall der sozialen Vergleichsdimension, die für die Entwicklung eines stabilen und realistischen Fähigkeitsselbstkonzepts entscheidend ist (Marsh & Yeung, 1997; Marsh et al., 1988). Social Distancing und Distanzlernen schränken die Möglichkeiten für persönliche Interaktion, Kommunikation und Gruppenbildung sowie die kontinuierliche Aufrechterhaltung solcher sozialen Prozesse drastisch ein (Sikali, 2021). Das Argument, dass die Reduktion der Möglichkeiten zum sozialen Vergleich die Entwicklung eines stabilen Fähigkeitsselbstkonzepts erschwert (Marsh & Yeung, 1997; Marsh et al., 1988), betont die Abhängigkeit einer solchen Selbsteinschätzung vom jeweiligen Bezugskontext (Festinger, 1954; Marsh et al., 2014; Meyer, 1984). Während ein sozialer Bezugskontext die Interaktion und den Vergleich der eigenen akademischen Leistung mit der von Gleichaltrigen desselben Fachgebiets umfasst, bezieht sich ein individueller Bezugskontext auf den Vergleich der eigenen aktuellen Leistung mit der eigenen früheren Leistung (Rheinberg, 2014). Die Einschätzungen derjenigen Lehramtsstudierenden, die nach dem Wechsel zum Distanzlernen befragt wurden, werden also weitgehend durch solche intraindividuellen Vergleiche bestimmt worden sein. Folgt man der Theorie der Aufrechterhaltung der Selbstbewertung von Tesser (1988) sowie den empirischen Ergebnissen von Elsholz (2019), so scheint es möglich, dass diese auf Selbstreferenz basierenden Einschätzungen sogar eine Art Überschätzung der eigenen Fähigkeiten im Vergleich zu Einschätzungen darstellen könnten, die unter Bedingungen mit gültigen sozialen Vergleichen zu erwarten gewesen wären. Mit anderen Worten: Es scheint möglich, dass das Selbstkonzept professionellen Wissens der Teilnehmenden der Distanzlernen-Gruppe in Wahrheit noch geringer ausgeprägt gewesen sein könnte als berichtet.

Hinsichtlich der Big Five-Persönlichkeitsmerkmale zeigten die MANOVA-Ergebnisse signifikante globale Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, die einer Effektstärke von $d_{\text{Cohen}} = 0.63$ entsprachen. Die anschließenden t -Tests zeigten auf den drei Subskalen Offenheit für Erfahrungen, Verträglichkeit, und Gewissenhaftigkeit signifikant höhere Werte derjenigen Studierenden, die nach dem Wechsel zum Distanzlernen befragt wurden (Abb. 5), wobei sich der größte signifikante Unterschied auf die Subskala Offenheit für Erfahrungen ($d_{\text{Cohen}} = 0.44$), der kleinste auf die Subskala Verträglichkeit ($d_{\text{Cohen}} = 0.27$) fand.

Abbildung 5

Mittelwertvergleiche auf den einzelnen Big Five-Dimensionen zwischen der Präsenzlehre- und Distanzlernengruppe

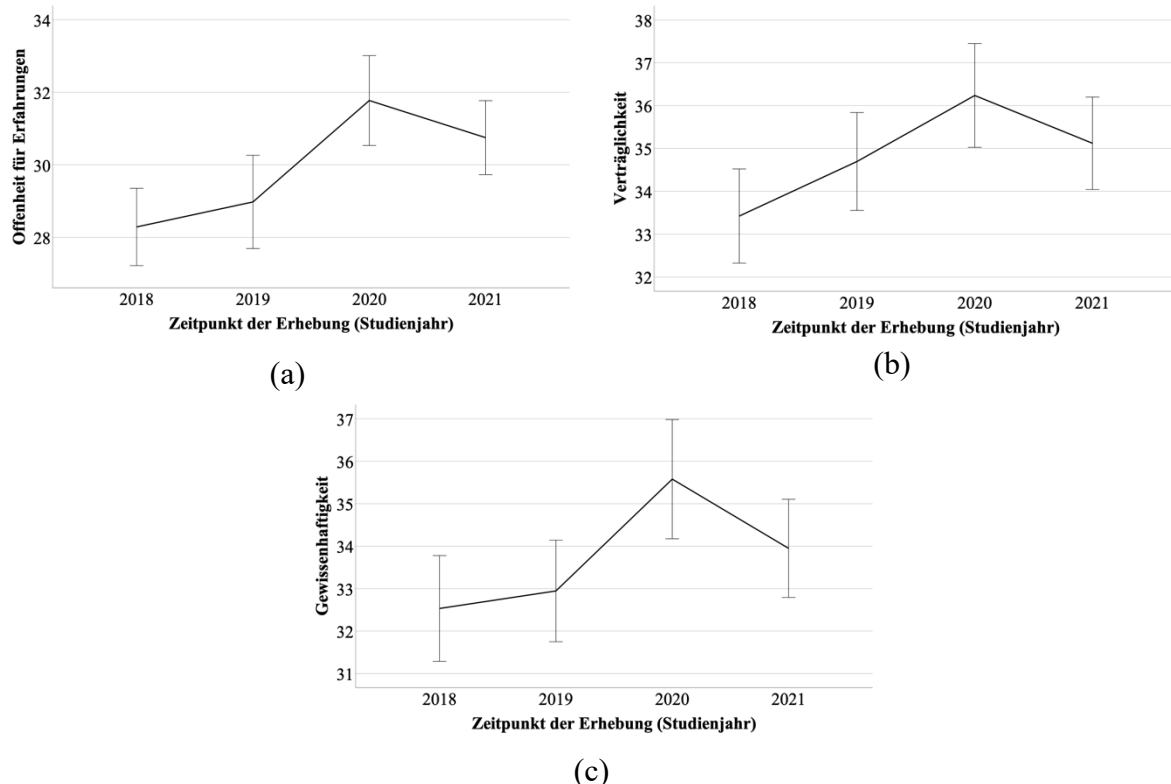


Zwar wurde die Vergleichbarkeit der befragten Kohorten auf soziodemografischen Variablen im Vorfeld explizit sichergestellt, jedoch ist dieses Verfahren in Bezug auf multideterminierte Persönlichkeitsfaktoren nicht robust genug (Neyer & Asendorpf, 2017; Rauthmann, 2017). Da die Vielzahl relevanter Faktoren der persönlichen Biographie in der vorliegenden Studie kaum erfasst werden konnten, wurde ein anderer Ansatz gewählt, um

näherungsweise abschätzen zu können, ob die signifikanten Unterschiede auf den Big Five-Dimensionen tatsächlich durch Faktoren verursacht wurden, die mit dem Ausbruch von COVID-19 zusammenhängen, oder ob es sich eher um einen unabhängigen, allgemeinen Trend handelt. Zu diesem Zweck wurden Liniendiagramme erstellt, die die Werte auf den drei Dimensionen Offenheit für Erfahrungen, Verträglichkeit, und Gewissenhaftigkeit im Verlauf der vier Befragungszeitpunkte visualisieren (Abb. 6a-c). Diese Diagramme zeigen für alle drei Variablen ein vergleichbares Muster: Vor dem Ausbruch von COVID-19 waren die Werte im Wesentlichen stabil (ein leichter Anstieg war lediglich für Verträglichkeit beobachtbar), bevor sie dann im Jahr 2020 (Ausbruch von COVID-19) sichtbar anstiegen und schließlich im Jahr 2021 (allmähliche Entspannung der Pandemiesituation durch Start der Impfkampagnen) erkennbar wieder abfielen.

Abbildung 6

Zeitliche Entwicklungen der Persönlichkeitseigenschaften Offenheit für Erfahrungen (a), Verträglichkeit (b) und Gewissenhaftigkeit (c) über alle vier Befragungszeitpunkte bzw. Kohorten hinweg



In früheren empirischen Studien wurden insbesondere Gewissenhaftigkeit und Offenheit für Erfahrungen immer wieder als hilfreich für den Studienerfolg angesehen (De Raad & Schouwenburg, 1996; Gatzka, 2021; Hogan & Ones, 1997; John et al., 2020; Mammadov, 2021; O'Connor & Paunonen, 2007; Trapmann et al., 2007). Höhere Werte auf diesen Dimensionen könnten daher als Indikatoren für eine positive psychosoziale Anpassung der Distanzlernen-Gruppe interpretiert werden, um die neuen Anforderungen und Belastungen im Rahmen des Lehramtsstudiums konstruktiv zu bewältigen (De Raad & Schouwenburg, 1996; Gatzka, 2021; Hogan & Ones, 1997; John et al., 2020; Mammadov, 2021; O'Connor & Paunonen, 2007; Trapmann et al., 2007). Diese Möglichkeit würde mit dem Befund der vorliegenden Studie übereinstimmen, dass die entsprechenden Werte wieder abfielen, als sich die Pandemiesituation im Jahr 2021 entspannte. Die Anpassungsfähigkeit von Persönlichkeitsstrukturen, die eigentlich als stabil angenommen werden (Ahmed et al., 2020; McCrae & John, 1992; Specht et al., 2011), wurde beispielsweise von Cook (2016) untersucht. Sie konnte empirische Belege dafür sammeln, dass Menschen in der Lage sein müssen, unterschiedliche Ausprägungen eines Merkmals (willentlich) zu realisieren, um unterschiedlichen oder sich ändernden Anforderungen gerecht zu werden (Cook, 2016). Im Einklang mit diesen Überlegungen deuten die Befunde der vorliegenden Studie eindeutig auf das Gegenteil von Resignation oder einer phlegmatischen Haltung der Lehramtsstudierenden hin, die offenbar versuchten, zu kooperieren, sich auf die neue Situation des Distanzlernens einzustellen und ihr Lernen gewissenhaft zu organisieren (Borkenau & Ostendorf, 2008; Körner et al., 2002). Unter diesem Gesichtspunkt erscheint es jedoch umso bedenklicher, dass die betreffende Gruppe ein derart signifikant schwächeres Selbstkonzept professionellen Wissens aufwies. Einschränkend muss allerdings beachtet werden, dass die vorliegende Studie nicht auf einem echten Längsschnittdesign basierte, das jedoch notwendig wäre, um Veränderungen im Zeitverlauf valide zu bestimmen. Daher müssen die Ergebnisse in dieser Hinsicht mit Vorsicht interpretiert werden, auch wenn eine daraus resultierende Beeinträchtigung der internen

Validität durch (1) die Vergleichbarkeit der Kohorten hinsichtlich relevanter, potenzieller Störvariablen in Bezug auf die TPACK-Dimensionen (Mishra & Koehler, 2006) und (2) die visuelle Inspektion der Liniendiagramme, die die NEO-FFI-Scores (Borkenau & Ostendorf, 2008) im Verlauf der vier betrachteten Studienjahre visualisieren, verringert werden konnte.

Zudem wurde das professionelle Wissen nicht direkt, also als objektives Leistungsmaß erfasst, sondern – im Sinne testökonomischer Überlegungen – das Selbstkonzept der Lehramtsstudierenden, um anschließend Rückschlüsse auf ihre faktische Leistung zu ziehen. Dennoch ist nicht davon auszugehen, dass dieses Vorgehen die interne Validität der Schlussfolgerungen signifikant beeinträchtigt hat, da das Fähigkeitsselbstkonzept und die faktischen akademischen Leistungen in der Regel mäßig bis hoch korreliert sind (Calsyn & Kenny, 1977; Marsh & Yeung, 1997; Möller & Trautwein, 2015; Valentine et al., 2004), sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Selbsteinschätzung ein valider Indikator ist. Dennoch wäre es wünschenswert, in zukünftigen Studien zusätzlich objektive Leistungsparameter zu erheben, da ein solcher Ansatz wahrscheinlich eine genauere Identifizierung spezifischer Ansatzpunkte für Interventionen ermöglichen würde. Außerdem erscheint es sinnvoll, zeitnah Studien mit vergleichbarem Fokus an anderen Universitäten durchzuführen, um einen breiten und validen Einblick in das aktuelle Qualifikationsniveau und mögliche pandemiebedingte Kompetenzrückstände auf Seiten der Lehramtsstudierenden zu erhalten. Sollten sich die Ergebnisse der vorliegenden Studie in anderen örtlichen Kontexten und beispielsweise auch in anderen Unterrichtsfächern (d. h. anderen als Biologie) replizieren lassen, würde sich die bildungspolitische Frage stellen, welche umfassenden und zeitlich gut abgestimmten Kompensationsmaßnahmen (evtl. noch vor Abschluss des Lehramtsstudiums der betreffenden Kohorten) ergriffen werden könnten.

3.3 Lernförderlichkeit digitaler Unterrichtselemente im Botanikunterricht³

Die Nutzung von Technologie spielt in der digitalen Gesellschaft und auch im Alltag von Lernenden eine zunehmend wichtige Rolle (Kuhn et al., 2017). Mit dem *DigitalPakt Schule* werden bis 2024 die Schulträger aller Bundesländer mit 6,5 Milliarden Euro unterstützt, um deutschlandweit die digitale Bildungsinfrastruktur auszubauen und damit allgemeinbildenden Schulen den Weg in einen digitalen Unterricht zu erleichtern (BMBF, 2019b). Auch im speziellen Kontext des Biologieunterrichts können digitale Medien zur zeitgemäßen Vermittlung von Fachinhalten und zur Unterstützung eines strukturierten Kompetenzerwerbs gewinnbringend integriert werden (Maxton-Küchenmeister & Meßinger-Koppelt, 2014; Meßinger-Koppelt et al., 2017; Ropohl et al., 2018).

Das Pflanzenwissen sowohl von Schulkindern (Fritsch & Dreesmann, 2015; Randler, 2008) als auch von Lehramtsstudierenden und aktiven Lehrkräften (Kadji-Beltrani et al., 2017; Lindemann-Matthies et al., 2017; Lindemann-Matthies & Knecht, 2011) ist tendenziell geringer ausgeprägt als jenes in den Bereichen Humanbiologie oder Zoologie. So erweisen sich beispielsweise Kenntnisse relevanter Pflanzengruppen wie Kräuter (Hesse, 2002; Jäkel & Schaer, 2004), Wildblumen (Bebbington, 2005) oder Bäume (Ammer & Gössinger, 2010) häufig als defizitär. Damit einhergehend ist zudem das Interesse von Lernenden an botanischen Themen vergleichsweise gering (Holstermann & Bögeholz, 2007; Hummel et al., 2012).

In Anbetracht ihrer hohen Relevanz des Themas (z. B. Verlust von Biodiversität, verringertes Ernährungsangebot) sollten angehende Lehrkräfte – in Eigenerfahrung – zeitgemäße unterrichtliche Zugänge kennenlernen, die eine Interesse weckende Auseinandersetzung mit botanischen Themen ermöglichen (IPBES, 2019; Balmford et al., 2005; Holstermann & Bögeholz, 2007). Obwohl die Medienkompetenzförderung einen festen

³ Die Inhalte sowie etwaige Abbildungen und Tabellen der Kapitel 3.3, 3.3.1 und 3.3.2 referieren sämtlich auf die Originalarbeiten von Emmerichs et al. (2021b, 2022b), sodass auf fortlaufenden Quellenverweis im Interesse der Lesbarkeit verzichtet wird.

Bestandteil in der universitären Ausbildung von Lehrkräften einnimmt (Eickelmann et al., 2020), finden botanische Bestimmungsübungen nach wie vor häufig mit einem klassischen dichotomen Bestimmungsschlüssel (Buch) statt. Diese Bestimmungsschlüssel (z. B. Schmeil, 2010) bestehen aus mehreren dichotomen Fragen zu Einzelmerkmalen der zu bestimmenden Pflanzen, die in einer vorgegebenen Reihenfolge zu beantworten sind. Lässt eine Person eine Frage aus oder beantwortet sie falsch, kann sie in den meisten Fällen die Pflanzenbestimmung nicht korrekt zu Ende führen, was bei Lernenden in Desinteresse und Frustration münden kann (Holstermann & Bögeholz, 2007; Kubiak et al., 2021; Senchina, 2008). Zudem besteht jeder Bestimmungsschritt aus der immer gleichen Aufgabe, nämlich dem Vergleich eines schriftlichen Bestimmungsmerkmals mit dem vorliegenden Pflanzenmaterial. Aufgrund dieser Monotonie kann die Pflanzenbestimmung leicht als langweilige Aufgabe empfunden werden und sich negativ auf die Motivation auswirken (Jeno et al., 2017; Veselý et al., 2014). Der Einsatz digitaler Tools zur Pflanzenbestimmung kann in dieser Hinsicht zu einem Vorteil angesichts der Ausbildung von thematischem Interesse und Motivation führen, da sehr unterschiedliche Aufgabentypen verwendet werden können, die auch spielerische Elemente enthalten (Jeno et al., 2017).

Das Forschungsprojekt *Digital first? Effects of Digital and Analogue Learning Tools on the Plant Knowledge Acquisition of Future Biology Teachers* (Emmerichs et al., 2021b, 2022b) wurde 2017 an der Universität zu Köln am Institut für Biologiedidaktik initiiert. Der Autor der vorliegenden Dissertation wurde ab dem Jahre 2017 mit der Kurskonzeption, der Datenerhebung, der Datenauswertung und der Dateninterpretation betraut. Darüber hinaus trug er Verantwortung für die Formulierung und das Redigieren des betreffenden Manuskripts und war an der Erstellung des Posters beteiligt.

3.3.1 Kurzbeschreibung des Projekts

Die Smartphone-App *Biparcours* (Bildungspartner NRW, 2022) ist ein interaktives Lerntool, in das flexibel verschiedene Aufgabentypen integriert werden können. Im vorliegenden Forschungsprojekt wurden die Aufgabeninhalte der Übung „Artenkenntnis Botanik“, die von den Biologie-Lehramtsstudierenden üblicherweise mithilfe des Bestimmungsschlüssels von Schmeil (2010) zu absolvieren sind, in *Biparcours* adaptiert. Sowohl die zu bestimmenden Pflanzenarten als auch deren Anzahl blieb dabei im Vergleich zur traditionellen Lehrmethode unverändert. Jedoch wurde ein abweichendes Aufgabenformat gewählt, indem die Studierenden aufgefordert wurden, die beschriebenen Pflanzenarten in der Natur selbst zu finden. Zudem wurden zusätzliche Informationen über den Lebensraum oder die praktische (z. B. medizinische, kulinarische) Verwendung der Pflanzenarten bereitgestellt.

Um die Frage zu beantworten, inwieweit sich das Lernen mit *Biparcours* inkrementell auf den thematischen Wissenszuwachs auswirkt, wurde eine Interventionsstudie durchgeführt, in der insgesamt $N = 125$ Biologie-Lehramtsstudierende teilnahmen. Etwa 64% der Teilnehmenden waren weiblich, 14% waren männlich und 2% fühlten sich keinem Geschlecht zugehörig. Im Durchschnitt waren die Studierenden 22.15 ($SD = 2.19$) Jahre alt und hatten bereits etwas mehr als die Hälfte ihres Bachelorstudiums abgeschlossen. Die theoretische Einführung wurde für alle Teilnehmenden identisch gestaltet. Anschließend wurden sie randomisiert einer von zwei Gruppen zugeteilt: Die Teilnehmenden der Experimentalgruppe (EG, $n = 57$) nahm die Pflanzenbestimmung mittels der App *Biparcours* vor, diejenigen der Kontrollgruppe (KG, $n = 41$) arbeiteten mit dem traditionellen Bestimmungsschlüssel. Das botanische Fachwissen wurde sowohl vor dem Lernen (Pretest, t_1) als auch nach dem Lernen (Posttest, t_2) mithilfe selbstkonstruierter Wissenstests erfasst. Die 15 Items im Single-Choice-Format wurden dichotom (richtig/falsch) bewertet. Pro richtig gelöstem Item wurde ein Punkt vergeben, sodass die maximal erreichbare Punktzahl 15 Punkte betrug. Die interne Konsistenz des Pretests ($\alpha = .31$) war niedriger als die des Posttests ($\alpha = .63$). Darüber hinaus wurden die

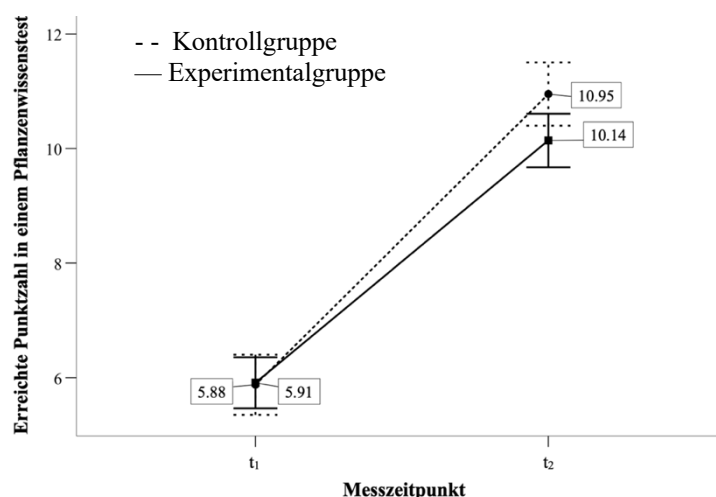
Studierenden gebeten, vor dem Wissenstest zu t_2 eine Subskala des *Intrinsic Motivation Inventory* (IMI, vier Items, $\alpha = .69$) zur Erfassung des Selbstkonzepts ihrer Fachkompetenz sowie eine adaptierte Version der CK-Subskala des *TPACK*-Inventars (drei Items, $\alpha = .76$) zur Erfassung ihres Selbstkonzepts des botanischen Fachwissens zu bearbeiten. Insgesamt $n = 94$ Studierende ($n = 54$ aus der EG und $n = 40$ aus der KG) kamen dieser Bitte nach. Zur Überprüfung eines potenziell differenziellen Wissenszuwachses der beiden Gruppen über die Zeit kam eine Varianzanalyse mit Messwiederholung zum Einsatz, zur Analyse potenziell differenzieller Zusammenhänge zwischen Variablen des Fähigkeitsselbstkonzepts und faktischem Wissensstand wurde ein Fisher-Z-Test genutzt.

3.3.2 Ergebnisse der Interventionsstudie

Die ANOVA-Ergebnisse indizierten einen signifikanten Effekt über die Zeit, d. h. die Kenntnisse der Lernenden haben sich – über beide Gruppen hinweg – vom Prä- zum Posttest signifikant verbessert ($d_{\text{Cohen}} = 0.50$). Im Hinblick auf Interaktionseffekte zwischen Gruppenzugehörigkeit und Zeit ergab sich jedoch kein signifikanter Unterschied, d. h. beide Gruppen wiesen im Zeitverlauf einen weitgehend identischen Wissenszuwachs auf (Abb. 7).

Abbildung 7

Durchschnittliche Testergebnisse der Teilnehmenden beider Gruppen zu beiden Messzeitpunkten



Dass die Teilnehmenden der KG zu t_2 nominell über ein leicht höheres Pflanzenwissen verfügten, könnte einerseits darauf zurückführbar sein, dass in der EG die Suche nach den Pflanzenarten in der Natur und/oder die Darbietung praktischer Zusatzinformationen möglicherweise doch eine kognitive Überforderung (Chandler & Sweller, 1991) der Teilnehmenden dargestellt hat, die hierdurch ihre Aufmerksamkeit weniger auf die wesentlichen Lerninhalte (spezifische Pflanzenmerkmale) lenken konnten. Umgekehrt werden bei jedem Bestimmungsvorgang mittels des konventionellen Bestimmungsschlüssels die Identifikationskriterien erneut rezipiert, was zu einer permanenten Wiederholung der im Wissenstest geprüften Inhalte führte. Andererseits könnte es sich jedoch auch so verhalten, dass die Teilnehmenden der EG, die ja zumindest im Hinblick auf statistische Signifikanz keinen Nachteil gegenüber der KG hatte, insgesamt zeitstabileres Wissen erworben haben. Diese Frage lässt sich allerdings nur in Follow-up-Studien mit adäquat gewählten Time-Delays beantworten. Derartige Studien konnten jedoch im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts aufgrund zeitlich und finanziell begrenzter Ressourcen nicht durchgeführt werden, sodass insgesamt eine Aussage über die faktische Lernförderlichkeit der App *Biparcours* nur mit großer Unsicherheit zu treffen ist. Einen Hinweis auf weiterführende positive Effekte liefern zumindest die durchgeführten Analysen zu den Zusammenhängen zwischen Variablen des Fähigkeitsselbstkonzepts und dem objektiv gemessenen Wissen. In dieser Hinsicht zeigten sich nämlich ausschließlich für die EG positive Korrelationen in relevanter Höhe, während für die KG schwach negative Korrelationen resultierten (Tab. 6). Vergleicht man die Enge der Zusammenhänge zwischen EG und KG in einem Fisher-Z-Test miteinander, so ergeben sich jeweils Differenzen, die großen standardisierten Effektstärken korrespondieren, d. h. Teilnehmende, die mit *Biparcours* gearbeitet hatten, verfügten im Mittel über ein signifikant realistischeres Fähigkeitsselbstkonzept als Teilnehmende, die auf traditionellem Wege gelernt hatten.

Tabelle 6*Gruppenspezifische Pearson-Korrelationen*

	<i>r</i> Wissen – Selbstkonzept Fachkompetenz	<i>r</i> Wissen – Selbstkonzept Fachwissen
EG (<i>n</i> = 54)	.28*	.51***
KG (<i>n</i> = 40)	-.26	-.21
Δ_r	<i>d</i> = 0.55	<i>d</i> = 0.78

Anmerkung. * $p < .05$ *** $p < .001$

Ein realistisches Fähigkeitsselfkonzept kann als eine entscheidende Voraussetzung für gelingendes, selbstreguliertes Lernen gelten (Artelt et al., 2003; Baumert et al., 2000; Brühwiler, 2006; Großschedel & Harms, 2013). Erklären lässt sich dieser positive Effekt in der EG am ehesten durch Gestaltungsmerkmale der App *Biparcours*, die als digitales Medium ein an den individuellen Lernfortschritt adaptiertes Prompting im Rahmen der bearbeiteten Parcoursstationen ermöglichte. Zwar wurden vergleichbare Prompts (z. B. „Auf was könnte diese Ähnlichkeit zwischen den Arten hinweisen?“) auch in der KG eingesetzt, jedoch konnte das Prompting hier lediglich non-adaptiv erfolgen (verbal durch den Dozenten zum Ende der Lerneinheiten und bei auftretenden Problemen der Lernenden). Ein entscheidender Wirkfaktor beim Prompting ist jedoch gerade sein Einsatz zu spezifischen kritischen Zeitpunkten des individuellen Lernprozesses, um die Aktivierung von Vorwissensbeständen und den adäquaten Einsatz von Lernstrategien effektiv zu fördern (Großschedel & Harms, 2013; Kalyuga et al., 2001). Ein derart flexibler Einsatz von Prompting ist in traditionellen Unterrichtssettings folglich schwer leistbar, da er ein fortlaufendes Monitoring der individuellen Lernprozesse aller Lernenden durch die Lehrkraft erfordern würde. Digitale Medien scheinen aufgrund ihrer Adaptivität also einen entscheidenden Vorteil zu bieten, wenn es darum geht, adaptive und individualisierte Unterrichtsszenarien lernförderlich umzusetzen (Backfisch et al., 2020). Die Ergänzung traditionellen Unterrichts durch die Einbindung derartiger Szenarien muss dabei, wie die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, nicht auf inklusiven Unterricht beschränkt sein, sondern könnte sich insgesamt nachhaltig positiv auf die Fähigkeit zum selbstregulierten

Lernen auch homogenerer Lerngruppen auswirken (Krug & Schukajlow, 2020; Nett & Götz, 2019; Perels & Dörrenbacher, 2020).

4 Diskussion

Die in Kapitel 3 vorgestellten Studien haben bedeutsame Aspekte sowohl des Lehrens und Lernens mit digitalen Medien als auch der professionellen Kompetenz von Lehrkräften beleuchtet und dabei die vielschichtige und enge Verwobenheit beider Bereiche exemplarisch aufgezeigt. Die referierten Befunde ermöglichen die Herausarbeitung verschiedener Zukunftsaussichten im Hinblick auf die Gestaltung der (fachdidaktischen) Lehramtsausbildung und zeitgemäßen Fachunterrichts.

Innerhalb der ersten, im Kapitel 3.1 vorgestellten Studie zu den Zusammenhängen zwischen Persönlichkeitsmerkmalen und der Innovationsfähigkeit von Lehramtsstudierenden zeigte sich, dass es hilfreich sein könnte, im Rahmen der Lehramtsausbildung die Persönlichkeit der angehenden Lehrkräfte stärker in den Blick zu nehmen, um den Erfolg von Bildungsinitiativen zu unterstützen, die auf die Digitalkompetenz angehender Lehrkräfte fokussieren (Caena & Redecker, 2019; Kultusministerkonferenz, 2016; Redecker, 2017). Innerhalb der ersten kanonischen Funktion scheinen die beiden Persönlichkeitsmerkmale Offenheit für Erfahrungen und Gewissenhaftigkeit signifikant mit dem gesamten TPACK-bezogenen Selbstkonzept professionellen Wissens zusammenzuhängen, zu dem auch die spezifischen digitalisierungsbezogenen Domänen (TCK, TPK und TPACK) gehören, die wiederum positiv mit dem Konstrukt der Innovativität assoziiert sind (Redding et al., 2014; Saatci & Ovaci, 2020; Serdyukov, 2017; Salmon, 2014). Damit gehen die Ergebnisse über den Konsens der referierten organisationspsychologischen Befunde hinaus, die Offenheit für Erfahrungen als Schlüsselfaktor für innovatives Verhalten von Mitarbeitenden in anderen beruflichen Kontexten benennen (Palmer, 2016). Der Befund, dass sich Gewissenhaftigkeit in

der im Kapitel 3.1 vorgestellten Studie als ebenso wichtig herausstellte, erscheint jedoch plausibel, da im Rahmen der öffentlichen Debatten um die Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ (Kultusministerkonferenz, 2016) oder das europäische DigCompEdu-Rahmenwerk (Redecker, 2017) den meisten Lehramtsstudierenden bewusst geworden sein dürfte, dass von Lehrkräften heutzutage erwartet wird, dass sie den erfolgreichen Einsatz von Technologie im Unterricht beherrschen. Da Gewissenhaftigkeit auch Facetten wie Pflichtbewusstsein und Leistungsstreben umfasst (John et al., 2008; De Raad, 2000), dürften besonders gewissenhafte Lehramtsstudierende daher wahrscheinlich eher daran arbeiten, diese Fertigkeiten auch erfolgreich zu erwerben. Nichtsdestotrotz scheint aber auch die Offenheit für Erfahrungen entscheidend für einen solchen erfolgreichen Kompetenzerwerb zu sein. Diese Eigenschaft war jedoch in der untersuchten Stichprobe deutlich geringer ausgeprägt als das Merkmal Gewissenhaftigkeit (Anhang A). Dementsprechend könnte die Förderung von Erfahrungsoffenheit ein entscheidender Faktor sein, um die Entwicklung des professionellen Wissens von Lehramtsstudierenden zu unterstützen. Inzwischen konnten verschiedene Studien in unterschiedlichen Bereichen bereits zeigen, dass eine stabile Veränderung hin zu mehr Erfahrungsoffenheit in vergleichsweise kurzer Zeit (einige Wochen) und mit unterschiedlichen Ansätzen erreicht werden kann. So kann z. B. ein kognitives Training insbesondere bei älteren Menschen zu deutlich mehr Offenheit für Erfahrungen (d. h. kognitive Flexibilität bei der Wahl verschiedener Handlungsoptionen) führen (Jackson et al., 2012). Daneben haben sich für jüngere Menschen auch Smartphone-basierte Coaching-Angebote als wirksam erwiesen (Stieger et al., 2020). Eine gezielte Einbindung solch wirksamer Elemente in die universitäre Lehramtsausbildung könnte daher ein möglicher Ansatzpunkt sein, um die Innovationsfähigkeit der angehenden Lehrkräfte zu fördern.

Da die Ergebnisse der in Kapitel 3.1 vorgestellten Studie jedoch nicht robust genug sind, um weitreichende Handlungsempfehlungen abzuleiten, wäre die Durchführung weiterer Studien wünschenswert, um die bestehenden Beziehungen zwischen den Konstrukten

Persönlichkeit, Professionswissen und Innovationsfähigkeit von (angehenden) Lehrkräften zu klären. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass auch für andere Unterrichtsfächer als Biologie und erst recht für andere Studiengänge als das Lehramt andere Ergebnisse gefunden werden könnten. So berichtet Vedel (2016) in ihrer umfassenden Übersichtsarbeit von erheblichen vorbestehenden und geschlechtsunabhängigen Persönlichkeitsunterschieden zwischen Studierenden verschiedener Studienfächer, wobei die größten Effekte für den Big Five-Faktor Offenheit für Erfahrungen gefunden wurden. In einer anderen Studie zeigten Hartmann und Ertl (2021), dass Lehramtsstudierende signifikant extravertierter waren als solche, die das gleiche Fach studierten, aber nicht beabsichtigten, Lehrer zu werden. Darüber hinaus fanden sie in einem Vergleich zwischen angehenden Lehrkräften, die ein MINT-Fach oder ein Nicht-MINT-Fach studierten, Unterschiede in verschiedenen Richtungen, je nachdem, welche spezifischen MINT- und Nicht-MINT-Fächer verglichen wurden. Daher scheint es notwendig zu sein, die Studienfächer in zukünftigen Untersuchungen als Gruppenfaktor oder Kovariate zu berücksichtigen. Solche zukünftigen Studien könnten auch andere relevante Konstrukte der Innovation im Bildungskontext berücksichtigen, wie z. B. inklusives Lehren und Lernen (Weishaupt, 2016) oder die erfolgreiche Integration aktueller Themen wie Umwelt- oder Gesundheitserziehung in der Schule (Welter et al., 2020). Die Ergebnisse solcher Studien könnten im besten Fall dazu beitragen, einen nachhaltigen Wandel im Bildungswesen hin zu mehr Innovation und Fortschritt voranzutreiben.

Dass ein solcher Wandel wichtig und notwendig ist, wurde u. a. auch durch die im Kapitel 3.2 vorgestellten Ergebnisse der Studie zu den Effekten des COVID-19-bedingten Distanzlernens in der Lehramtsausbildung deutlich. Innerhalb dieser Studie zeigte sich, dass die Umstellung auf das Distanzlernen mit niedrigeren Werten auf fast allen Dimensionen des Selbstkonzepts professionellen Wissens der Lehramtsstudierenden assoziiert war, obwohl parallel dazu ihre Werte in den Big Five Dimensionen Offenheit für Erfahrungen, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit signifikant angestiegen waren, was insgesamt auf ein

gewisses Maß an Compliance gegenüber der veränderten Situation hindeutet (Borkenau & Ostendorf, 2008; Han, 2021; Körner et al., 2002). Gemäß den Forschungstraditionen des Self-Enhancement-Ansatzes (Calsyn & Kenny, 1977; Marsh & Yeung, 1997) und des REM (Marsh & Craven, 2006; Marsh et al., 2005; Seaton et al., 2014) ergeben sich aus diesen Ergebnissen potenziell weitreichende praktische Implikationen, da teils starke reziproke Beziehungen zwischen Fähigkeitsselbstkonzept und akademischen Leistungen bestehen (Calsyn & Kenny, 1977; Marsh & Yeung, 1997; Möller & Trautwein, 2015; Valentine et al., 2004). Vor diesem Hintergrund liegt die Vermutung nahe, dass das schwächere Selbstkonzept professionellen Wissens der Distanzlernen-Gruppe tatsächlich mit schlechteren akademischen Leistungen der angehenden Lehrkräfte zusammenhängen könnte. So erscheint die Entwicklung einer sich selbst verstärkenden Abwärtsspirale möglich, in der ein schwächeres Fähigkeitsselbstkonzept zu schlechteren Leistungen führt und schlechte Leistungen wiederum zu einem noch schwächeren Fähigkeitsselbstkonzept usw. (Calsyn & Kenny, 1977; Marsh & Yeung, 1997; Möller & Trautwein, 2015; Valentine et al., 2004). Betrachtet man andererseits die Wirkungskette zwischen der Lehramtsausbildung, der professionellen Kompetenz von Lehrkräften und dem Lernerfolg von Schulkindern, so scheint es außerdem möglich, dass sich potenzielle Kompetenzdefizite der angehenden Lehrkräfte negativ auf den Lernerfolg der zukünftig von ihnen unterrichteten Schulkinder auswirken könnten (Hattie, 2008; Sanders et al., 1997), die aufgrund der Pandemie ohnehin schon mit Lernrückständen zu kämpfen haben (Dorn et al., 2020; Grewenig et al., 2021; Hammerstein et al., 2021; Reinhold et al., 2021). Es erscheint daher unerlässlich, solche potenziellen Kompetenzdefizite von Lehramtsstudierenden rechtzeitig zu erkennen und zu korrigieren, damit sie sowohl ihre eigene Ausbildung erfolgreich abschließen als auch ihre zukünftigen Schulkinder erfolgreich unterrichten können, um weitere Nachteile für sie zu vermeiden.

Da die Ergebnisse der in Kapitel 3.2 vorgestellten Studie jedoch nicht robust genug sind, um weitreichende Handlungsempfehlungen abzuleiten, wäre die Durchführung weiterer

Studien wünschenswert, in denen andere an der Lehramtsausbildung beteiligte Hochschullehrkräfte sowohl die faktischen Leistungen als auch das Fähigkeitsselbstkonzept ihrer Studierenden evaluieren, um feststellen zu können, ob es signifikante Abweichungen von einschlägigen Vergleichsgruppen oder curricularen Vorgaben gibt. Der zweite Schritt wäre, die möglicherweise festgestellten Kompetenzrückstände durch die Schaffung spezifischer universitärer Zusatzangebote zu kompensieren. Unabhängig davon, ob diese Angebote auf Distanz- oder Präsenzunterricht basieren, sollten in Anlehnung an die metaanalytischen Ergebnisse von Hattie (2009) konsistente Lernziele, motivierende didaktische Ansätze (z. B. Diskussionen im Klassenraum), Feedback einschließlich formativer Evaluation und Selbsteinschätzung der Studierenden, klare Kommunikation über die Lerninhalte und deren Relevanz sowie Scaffolding implementiert werden. Erklärtes Ziel solcher Maßnahmen ist nicht nur die Kompensation von Kompetenzrückständen, sondern auch die Festigung einer positiven Selbsteinschätzung und Selbstwirksamkeit der angehenden Lehrkräfte.

Inwieweit sich didaktische Ansätze, die die zuvor genannten Kriterien mehr oder weniger gut erfüllen, differenziell auf die Entwicklung eines realistischen Fähigkeitsselbstkonzepts von Studierenden auswirken können, wurde durch die im Kapitel 3.3 vorgestellten Studienergebnisse deutlich. Das Absolvieren der Bestimmungsübung Botanik mithilfe der App *Biparcours* führte zwar im Vergleich zum Lernen mit einem traditionellen Bestimmungsschlüssel nicht zu einem unterschiedlichen Wissenszuwachs der Teilnehmenden zum Zeitpunkt des Posttests, jedoch zu einer signifikant akkurateren Einschätzung eigener auf Lerninhalte bezogener Fähigkeiten. Erklärt wurde dieser positive Effekt damit, dass ein wesentlicher Unterschied zwischen EG und KG in der Darbietungsweise eingebundener Prompts bestand. Obwohl sich diese Annahme post hoc nicht verifizieren lässt, scheint es vor dem Hintergrund theoretischer Überlegungen plausibel, davon auszugehen, dass individualisiertes Prompting eine bessere Wirksamkeit als nicht-individualisiertes aufweisen kann (Wirth et al., 2008). Es ist eine der größten Herausforderungen für zeitgemäßen

Unterricht, den unterschiedlichen Voraussetzungen von Lernenden gerecht zu werden. Sie werden häufig mit dem Schlagwort Diversität beschrieben (Bertelsmann Stiftung, 2011; Sliwka, 2012; Schroeder, 2011). Möglichst allen Lernenden eingehendes Verständnis von Inhalten zu vermitteln, ist das Idealziel von Bildung (Krieck, 2019). Doch wie soll eine einzelne Lehrkraft auf alle Lernenden (z. B. 30 Schulkinder in einer Klasse oder 100 Studierende in einer Vorlesung) gleichzeitig und individuell eingehen? Digitale Medien können bei dieser Herausforderung eine sinnvolle Unterstützung sein, weshalb in letzter Zeit auch die Einbindung von KI-basierten adaptiven Lernsystemen im Unterricht immer weiter in den Fokus der Aufmerksamkeit rückt (Frohn et al., 2020; Hardy et al., 2020; Küchemann et al., 2021). Derartige digitale Lösungen bieten zudem vielfältige weitere Vorteile, die sich insbesondere motivationsförderlich auswirken können, z. B. die Möglichkeit, Lerninhalte im Feld zu erarbeiten. Diesen Vorteilen konträr gegenüber stehen jedoch die Ergebnisse zahlreicher empirischer Wirksamkeitsstudien, die wiederholt zu dem Schluss gekommen sind, dass digitale Technik im Unterricht nicht besonders wirksam hinsichtlich des Lernerfolgs bei Schulkindern sei, wobei diese Ergebnisse gleichsam die praktisch irrelevante Effektstärke (Computerunterstützung [$d_{Cohen} = 0.37$]) bei Hattie (2008) formieren. Genau auf jene Effektstärke wurde bei der zögerlichen Umsetzung praktischer Maßnahmen in Richtung Digitalisierung des Bildungssystems jedoch immer wieder rekurriert (Herzig, 2014; Schaumburg, 2018). Bei dieser Argumentation handelt es sich allerdings um eine verkürzte, wenn nicht sogar falsche Instrumentalisierung von Hatties (2009) Ergebnissen. Zierer (2015), Übersetzer der deutschen Ausgabe der Hattie-Studien, spricht in diesem Kontext von „Fast-Food-Hattie“ (S. 5). Genauso wie sich die professionelle Kompetenz einer Lehrkraft aus mehreren additiv und multiplikativ verknüpften Bereichen zusammensetzt, kann auch die Wirksamkeit des bloßen Einsatzes digitaler Medien nicht per se beurteilt werden. Vielmehr dürfte es darum gehen, didaktische Elemente, die sich als wirksam erwiesen haben (z. B. Selbsteinschätzung von Noten [$d_{Cohen} = 1.33$] oder Gruppenpuzzle-Methode [$d_{Cohen} = 1.20$]), in

der Gestaltung digitalen Unterrichts ebenso umzusetzen wie in der Gestaltung analogen Unterrichts.

Da die Ergebnisse der in Kapitel 3.3 vorgestellten Studie jedoch nicht robust genug sind, um weitreichende Handlungsempfehlungen abzuleiten, wäre die Durchführung weiterer Interventionsstudien wünschenswert, in denen einzelne mediale Gestaltungsmerkmale variiert werden, um ihre differenzielle Wirksamkeit hinsichtlich Wissenserwerb, Lernmotivation, Selbstkonzept und anderen Variablen zu überprüfen. Hierbei sollten zudem einerseits unterschiedliche Time-Delays gewählt werden, um auch die zeitliche Stabilität von Effekten abschätzen zu können. Andererseits wäre auch speziell die Betrachtung potenzieller Moderations- oder Mediationseffekte bedeutsam, da anzunehmen ist, dass das Lernformat mit Variablen wie z. B. der kognitiven Belastung während des Lernens (Böhme et al., 2020; Mayer, 2014; Renkl & Atkinson, 2007; Sweller et al., 2011) oder dem Interesse am Lerngegenstand (Steinhorst, 2018; Ryan & Deci, 2000) interagiert.

5 Fazit

Die vorliegende Dissertation leistet einen relevanten Beitrag zur Verbesserung der universitären Ausbildung angehender Lehrkräfte. Hierbei ist deutlich geworden, dass Lehren und Lernen mit digitalen Medien unter Berücksichtigung der Zusammenhänge zwischen relevanten Professionswissensdomänen und Persönlichkeitsmerkmalen sehr viele Bedarfe für die zukünftige Lehrkräfteausbildung sichtbar gemacht hat. Im Sinne einer evidenzbasierten Professionsforschung sollten daher folgende Aspekte eine besondere Aufmerksamkeit erfahren:

- (1) Angehende Lehrkräfte sollten auf der intra- und interindividuellen Ebene besser verstanden werden, um passgenauere Studienverläufe zu ermöglichen. Die Berücksichtigung von Diversität sollte einen Aspekt darstellen, der bisher zu wenig Beachtung erfahren hat.

Hierzu bieten sich Verfahren an, die auf der Basis von validierten Erhebungsinstrumenten neben individuellen Faktoren (z. B. Persönlichkeitsmerkmalen) auch die fachliche Expertise (z. B. Einsatz digitaler Medien im Unterricht) erfassen. Bedauerlicherweise sind verpflichtende Angebote zum Erwerb digitaler Kompetenzen im Lehramtsstudium weiter eher eine Ausnahme und deutsche Hochschulen haben in den letzten Jahren nur geringe Fortschritte bei der curricularen Verankerung erzielt (Jorzik & Kreher, 2021). In Deutschland kann ein Lehramtsstudium weiterhin ohne den Erwerb digitaler Kompetenzen absolviert werden (ebd.). Aus diesem Grund müssen auch die zweite bzw. dritte Phase der Lehrkräfteausbildung stärker in den Fokus gerückt werden (Agricola et al., 2022; Forkosh-Baruch et al., 2019; Voithofer et al., 2019), damit auch bereits aktive Lehrkräfte ihr Professionswissen weiterentwickeln können.

- (2) Aktuell erscheint der Wissenstransfer zwischen den einzelnen Phasen der Lehrkräfteausbildung nicht hinreichend verankert (Brinkmann et al., 2018). Lehrkräfte im Schuldienst sollten im Rahmen einer verbindlichen Ausbildungs- und Fortbildungskultur mit zeitgemäßen und vor allem evidenzbasierten Lehr- und Lernkonzepten in Berührung kommen (van Ackeren et al., 2019; Tondeur et al., 2012; Kay, 2006).
- (3) Der Schwerpunkt aktueller Implementierungsbestrebungen liegt oftmals auf der Suffizienz einer entsprechenden Infrastruktur, etwa bei der Ausstattung mit digitalen Endgeräten. Zeitgemäßer Unterricht geht über diese Perspektive jedoch weit hinaus. Das Praxissemester bietet erste Verzahnungen von Theorie und Praxis, die ihr Potenzial bisher nicht vollumfänglich ausschöpfen. Noch immer findet kein ausreichend strukturierter Dialog zwischen den beteiligten Lernorten (Hochschule, Schule und ZfsL) darüber statt, welche Kompetenzen wo erworben werden und inwieweit die zweite oder dritte Phase der Lehrkräfteausbildung hierauf aufbauen kann (Borthwick et al., 2020; Brinkmann et al., 2018; van Ackeren et al., 2019). Diese Passungsprobleme sollten kurzfristig angegangen werden.

(4) Lehrkräfte müssen so ausgebildet werden, dass aktuelle und zukünftige gesellschaftliche Herausforderungen gemeistert werden können, um die daraus resultierenden Möglichkeiten gewinnbringend im Unterricht umzusetzen. Ihnen obliegt deshalb eine bedeutsame Aufgabe. Sie müssen fachbezogenes und fachübergreifendes Lehren und Lernen mit digitalen Medien kompetenz- und handlungsorientiert umsetzen. Aus diesem Grund sollten Hochschulen in den nächsten Jahren verstärkt den nachhaltigen Aufbau digitalisierungsbezogener Kompetenzen in den Mittelpunkt ihrer Lehrkräfteausbildung rücken, da angehende Lehrkräfte nicht aufgrund ihrer digitalisierten Sozialisation über ein entsprechendes Professionswissen verfügen (Altman, 1983; Hochschulrektorenkonferenz, 2022).

Wiederkehrend wird davon gesprochen, dass Hochschulen durch die spezifischen Möglichkeiten von digitalen Medien (z. B. nahezu unbeschränkte Zugänglichkeit von Wissen) als Ort der Wissensgenese an Bedeutung verlieren und deshalb einem starken Legitimationsdruck unterliegen. Das Gegenteil ist der Fall! Nie zuvor war es wichtiger, gesellschaftliche Wissensorte zu erhalten, die auf Grundlage empirischer Evidenz begründete Empfehlungen für zukünftige Generationen aussprechen. Aus diesem Grund müssen Hochschulen auch in Zukunft Orte sein, an denen Menschen diejenigen Kompetenzen erwerben können, die für den Erhalt einer prosperierenden Gesellschaft notwendig sind und möglichst vielen Menschen eine würdevolle Teilhabe in einer digitalisierten Gesellschaft ermöglichen.

Literaturverzeichnis

- Abell, S. K. (2007). Research on teacher knowledge. In S. K. Abell, *Handbook of research on science education* (pp. 1105-1149). Mahwa, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Agasisti, T., Frattini, F., & Soncin, M. (2020). Digital innovation in times of emergency: reactions from a school of management in Italy. *Sustainability*, 12(24), p. 10312. <https://doi.org/10.3390/su122410312>
- Agricola, I., Schröter, L., Bücken, C., Danielmeier, K., & Dietz, K.-J. (2022, März). *Positionspapier der Fachgesellschaften zu Fort- und Weiterbildung von Lehrkräften für mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://wissenschaft-verbindet.de/gemeinsame-aktivitaeten/positionspapier-der-fachgesellschaften-zu-fort-und-weiterbildung-von-lehrkraeften-fuer-mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher>.
- Ahmed, A., Mukta, M. S., Muntasir, F., Rahman, S., Islam, A. N., & Ali, M. E. (2020). Can Covid-19 change the Big5 Personality Traits of Healthcare Workers? In *7th International Conference on Networking, Systems and Security* (pp. 12-17). <https://doi.org/10.1145/3428363.3428370>
- Ainsworth, S., Anatopoulou, S., Sharples, M., Crook, C., & O'Malley, C. (2010). Engaging students with assessment: inquiry cartoons. In *ICLS '10: Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences - Volume 2* (pp. 88-89). [doi/10.5555/1854509.1854545](https://doi.org/10.5555/1854509.1854545)
- Ala-Mutka, K. (2011). *Mapping digital competence: Towards a conceptual understanding*. Institute for Prospective Technological Studies. 10.13140/RG.2.2.18046.00322
- Algermissen, P., Hauser, M., & van Ledden, H. (2020). Inklusion ist (k) eine Frage der Persönlichkeit-Inklusive Kompetenzen institutionell verankern! *Off-Qualifizierung für Inklusion*, 2(1). <https://doi.org/10.21248/qfi.23>
- Altman, H. B. (1983). Training Foreign Language Teachers for Learner-Centered Instruction: Deep Structures, Surface Structures, and Transformations. *34th Georgetown University Round Table on Languages and Linguistics*, (pp. 19-25).
- Ammer, U., & Gössinger, L. (2010). Was wissen bayrische Schulkinder über den Wald? *Waldpädagogik. Unser Wald*(1), pp. 10-12.
- Andresen, S., Heyer, L., Lips, A., Rusack, T., Schröer, W., Thomas, S., & Wilmes, J. (2021, 23.03.2021). *Das Leben von Jungen Menschen in der Corona-Pandemie. Erfahrungen, Sorgen, Bedarfe*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.bertelsmannstiftung.de/fileadmin/files/Projekte/Familie_und_Bildung/Studie_WB_Das_Leben_von_jungen_Menschen_in_der_Corona-Pandemie_2021.pdf
- Anger, C., & Plünnecke, A. (2021). *Schulische Bildung in Zeiten der Corona-Krise: Bildungsdefizite Schnell Beheben*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2021/Kurzstudie_INSM_Bildungsmonitor.pdf
- Arndt, A. K., & Werning, R. (2017). Inklusive Schul- und Unterrichtsentwicklung. In F. Hellmich, G. Görel, & M. F. Löper, *Lehrer-Schüler-Interaktion* (pp. 607-623). Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-15083-9>
- Artelt, C., Baumert, J., Julius-McElvany, N., & Peschar, J. (2003). *Das Lernen lernen. Voraussetzungen für lebensbegleitendes Lernen. Ergebnisse von PISA 2000*. OECD Publishing.
- Azevedo, J. P., Hasan, A., Goldemberg, D., Iqbal, S. A., & Geven, K. (2021, Juni). *Simulating the Potential Impacts of COVID-19 School Closures on Schooling and Learning Outcomes: A Set of Global Estimates*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://elibrary.worldbank.org/doi/pdf/10.1596/1813-9450-9284>

- Böhme, R., Munser-Kiefer, M., & Prestride, S. (2020). Lernunterstützung mit digitalen Medien in der Grundschule. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 13(1), pp. 1-14. <https://doi.org/10.1007/s42278-019-00066-3>
- Backfisch, I., Jacob, L., & Christine, C. (2020). *Evidenzbasierte Hinweise zum Einsatz digitaler Medien im Lehr-Lernkontext*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://vitruv.uni-tuebingen.de/ilias3/goto.php?target=wiki_wpage_790
- Backfisch, I., Jacob, L., & Pflicht, C. (2020, April). Adaptiven Unterricht digital gestalten. In *Digitalisierung in der Lehrerbildung Tübingen (TüDiLB) (Hrsg.)*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://vitruv.uni-tuebingen.de/ilias3/goto.php?target=wiki_wpage_790
- Baier, F., Decker, A.-T., Voss, T., Kleickmann, T., Klusmann, U., & Kunter, M. (2019). What makes a good teacher? The relative importance of mathematics teachers' cognitive ability, personality, knowledge, beliefs, and motivation for instructional quality. *British Journal of Educational Psychology*(89), pp. 767-786. DOI: 10.1111/bjep.12256
- Bailey, D., Duncan, G. J., Murnane, R. J., & Yeung, N. A. (2021). Achievement Gaps in the Wake of COVID-19. *Educational Researcher*, 50(5), pp. 266-275. <https://doi.org/10.3102/0013189X211011237>
- Baks, N. (2007). *Which personality traits do innovative people possess?* [Masterarbeit, University of Amsterdam]. <https://docplayer.net/23321264-Which-personality-traits-do-innovative-people-possess.html>
- Basilotta-Gómez-Pablos, V., Matarranz, M., Casado-Aranda, L.-A., & Otto, A. (2022). Teachers' digital competencies in higher education: a systematic literature review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(8). <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00312-8>
- Bastian, K. C., McCord, D. M., Julie, T. M., & Carpenter, D. (2017). A Temperament for Teaching? Associations Between Personality Traits and Beginning Teacher Performance and Retention. *AERA Open*(3), p. 2332858416684764. <https://doi.org/10.1177/2332858416684764>
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), pp. 469-520. 10.1007/s11618-006-0165-2
- Baumert, J., Köller, O., & Schnabel, K.-U. (2000). Schulreformen als differenzielle Entwicklungsmilieus - eine ungehörige Fragestellung? In M. Demmer, *Messung sozialer Motivation. Eine Kontroverse* (pp. 26-68). GEW.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das mathematikspezifische Wissen von Lehrkräften, kognitive Aktivierung im Unterricht und Lernfortschritte von Schülerinnen und Schülern. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, S. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand, *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (pp. 163 - 192). Waxmann.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2013). The COACTIV model of teachers' professional competence. In *Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers* (pp. 25-48). Springer.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., Tsai, Y. M. (2017). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, pp. 133-180. <https://doi.org/10.3102/0002831209345157>
- Bebington, A. (2005). The ability of A-level students to name plants. *Journal of Biological Education*, 39(2), pp. 63-67. <https://doi.org/10.1080/00219266.2005.9655963>
- Benkowitz, D. (2014). *Wirkung von Schulgartenerfahrung auf die Wahrnehmung pflanzlicher Biodiversität durch Grundschul Kinder*. Schneider-Verlag.
- Bertelsmann Stiftung. (2011). *Diversität gestalten. Erfolgreiche Integration in Kommunen - Handlungsempfehlungen und Praxisbeispiele*. Verlag Bertelsmann Stiftung.

- Bertelsmann Stiftung (Hrsg.), & Goertz, L. (2014). *Digitales Lernen adaptiv. Technische und didaktische Potenziale für die Weiterbildung der Zukunft*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/digitales-lernen-adaptiv>
- Bildungspartner NRW. (2022). *Biparcours - die Bildungs-App*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.bildungspartner.schulministerium.nrw.de/Bildungspartner/BIPARCO_URS/
- Blömeke, S. (2009). Voraussetzungen bei der Lehrperson. In K.-H. Arnold, J. Wiechmann, & U. Sandfuchs, *Handbuch Unterricht* (pp. 122-126). Klinkhardt/UTB.
- Blackman, A., Moscardo, G., & Gray, D. E. (2016). Challenges for the Theory and Practice of Business Coaching: A Systematic Review of Empirical Evidence. *Human Resource Development Review*(15), pp. 459-486. <https://doi.org/10.1177/1534484316673177>
- Blaskó, Z., da Costa, P., & Schnepf, S. V. (2021). *Learning Loss and Educational Inequalities in Europe: Mapping the Potential Consequences of the COVID-19 Crisis*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <http://ftp.iza.org/dp14298.pdf>
- BMBF. (2019a). *Digitale Zukunft: Lernen. Forschen. Wissen. - Die Digitalstrategie des BMBF*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/2019-03-BMBF_Digitalstrategie.pdf
- BMBF. (2019b). *Verwaltungsvereinbarung Digitalpakt Schule 2019 bis 2024*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/vv_digitalpakt_schule_web.pdf;jsessionid=A7244747C3CDE1DD52CE4E22AA2F5B00.live382?__blob=publicationFile&v=1
- Bohnsack, R. (2009). The Interpretation of Pictures and the Documentary Method. *Historical Social Research / Historische Sozialforschung*, 34(2), pp. 296-321. <https://doi.org/10.12759/hsr.34.2009.2.296-321>
- Borgwardt, A. (2021). "… und es Hat Zoom Gemacht."—Studierende im Dritten Digitalsemester: Situation und Perspektiven. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <http://library.fes.de/pdf-files/a-p-b/18012.pdf>
- Borkenau, P., & Ostendorf, F. (2008). *NEO-Fünf-Faktoren-Inventar nach Costa und McCrae*. Hogrefe.
- Borowski, A., Neuhaus, B. J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H., Leutner, D., . . . Sumpfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) - Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(16), pp. 341-349.
- Borthwick, A., Foulger, T., & Graziano, K. J. (2020). *Championing Technology Infusion in Teacher Preparation: A Framework for Supporting Future Educators*. INTL SOCIETY FOR TECHNOLOGY ED.
- Bortz, J., & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12770-0>
- Bosse, E., Lübcke, M., Book, A., & Würmseer, G. (2020). *Corona@Hochschule: Befragung von Hochschulleitungen zur (Digitalen) Lehre*. HIS-Institut für Hochschulentwicklung. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://medien.his-he.de/fileadmin/user_upload/HIS-HE_Medium_7_2020_Corona%40Hochschule.pdf
- Brühwiler, C. (2006). Effects of school context and adaptive teaching competency on self-regulated learning. *Swiss Journal of educational research*, 28(3), pp. 425-452. <https://doi.org/10.24452/sjer.28.3.4735>
- Breitenbach, A. (2021). *Digitale Lehre in Zeiten von Covid-19: Risiken und Chancen*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.pedocs.de/volltexte/2021/21274/pdf/Breitenbach_2021_Digitale_Lehre_in_Zeiten.pdf. DOI: 10.25656/01:21274

- Bremm, N. (2021). Bildungsbenachteiligung in der Corona-Pandemie. Erste Ergebnisse einer multiperspektivischen Fragebogenstudie. *Zeitschrift für Schul- und Professionsentwicklung*, 3(1), pp. 54-70. <https://doi.org/10.11576/pflb-3937>
- Brinda, T., Brüggem, N., Diethelm, I., Knaus, T., Kommer, S., Kopf, C., & Weich, A. (2020). Frankfurt-Dreieck zur Bildung in der digital vernetzten Welt. Ein interdisziplinäres Modell. 157-167. DOI: 10.25656/01:22117
- Brinkmann, B., Müller, U., Scholz, C., & Siekmann, D. (2018). *Lehramtstudium in der digitalen Welt - Professionelle Vorbereitung auf den Unterricht mit digitalen Medien?* Abgerufen am 10. Mai 2022 von [https://www.che.de/wpcontent/uploads/upload/Monit or_Lehrerbildung_Broschuere_Lehramtsstudium_in_der_digitalen_Welt.pdf](https://www.che.de/wpcontent/uploads/upload/Monit_or_Lehrerbildung_Broschuere_Lehramtsstudium_in_der_digitalen_Welt.pdf)
- Brinkmann, B., Prill, A., & Friedrich, J.-D. (2018). *Fünf Thesen von Hochschulen in der Lehrerbildung für eine digitalisierte Welt*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/Diskussionspapier2_AG%20Lehrerbildung.pdf
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte. Zur Psychologie des professionellen Wissens*. Waxmann.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Klusmann, U., Baumert, J., & Blum, W. (2006). Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Konzeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht. Eine Zwischenbilanz des COACTIV-Projekts. In M. Prenzel, & L. H. Allolio-Näcke, *Untersuchungen zur Unterrichtsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (pp. 54-82). Münster: Waxmann.
- Bujard, M., von den Driesch, E., Ruckdeschel, K., Laß, I., Thönnissen, C., Schumann, A., & Schneider, N. F. (2021). *Belastungen von Kindern, Jugendlichen und Eltern in der Corona-Pandemie*. BiB. DOI: 10.12765/bro-2021-02
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2016a). *Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft. Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Themen/Digitale-Welt/Bildungsoffensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2016b). *Neue Wege in der Lehrerbildung. Die Qualitätsoffensive Lehrerbildung*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://ql.bmbfclust.de/files/Neue_Wege_in_der_Lehrerbildung.pdf
- Burchert, J. (2010). *Innovationsfähigkeit und Innovationsbereitschaft an Beruflichen Schulen*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://media.suub.unibremen.de/bitstream/elib/4111/1/00010687.pdf>
- Buse, L., & Pawlik, K. (1996). Konsistenz, Kohärenz und Situationsspezifität individueller Unterschiede. In K. Pawlik, *Grundlagen und Methoden der Differenziellen Psychologie* (pp. 269-300). Hogrefe.
- Bygstad, B., Øvrelid, E., Ludvigsen, S., & Dæhlen, M. (2022). From dual digitalization to digital learning space: Exploring the digital transformation of higher education. *Computers & Education*(182), p. 104463. DOI: 10.1016/j.compedu.2022.104463
- Caena, F., & Redecker, C. (2019). Aligning teacher competence frameworks to 21st century challenges: The case for the European Digital Competence Framework for Educators (Digcompedu). *European Journal of Education*, 54(3), pp. 356-369. <https://doi.org/10.1111/ejed.12345>
- Calsyn, R. J., & Kenny, D. A. (1977). Self-concept of Ability and Perceived Evaluation of Others: Cause or Effect of Academic Achievement? *Journal of educational psychology*, 69(2), pp. 136-145. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.69.2.136>
- Cattaneo, A. A., Antonietti, C., & Rausedo, M. (2022). How digitalised are vocational teachers? Assessing digital competence in vocational education and looking at its underlying factors. *Computers & Education* (176), p. 104358. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104358>

- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of instruction. *Cognitive and Instruction*, 8(4), pp. 293 - 332. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2
- Chen, S.-C., Wu, M.-C., & Chen, C.-H. (2010). Employee's Personality Traits, Work Motivation and Innovative Behavior in Marine Tourism Industry. *Journal of Service Science and Management*(3), pp. 198-205. DOI: 10.4236/jssm.2010.32025
- Choate, K., Goldhaber, D., & Theobald, R. (2021). The effects of COVID-19 on teacher preparation. *Phi Delta Kappan*, 102(7), pp. 52 - 57 <https://doi.org/10.1177/00317217211007340>
- Ciriello, R. F., Richter, A., & Schwabe, G. (2018). Digital Innovation. *Business & Information Systems Engineering*, 60(6), 563-569. DOI: 10.1007/s12599-018-0559-8
- Clandinin, D. J., & Conelly, F. M. (1996). Teachers' professional knowledge landscapes: Teacher Stories. Stories of Teachers. School Stories. Stories of Schools. *Educational Researcher*, 25(3), pp. 24-30. <https://doi.org/10.2307/1176665>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Colvin, J. C., & Tomayko, M. C. (2015). Putting TPACK on the radar: A visual quantitative model for tracking growth of essential teacher knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 15(1), pp. 68-84.
- Cook, C. T. (2016). *Is Adaptability of Personality a Trait?* [Dissertation, The University of Manchester]. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.research.manchester.ac.uk/portal/files/54579342/FULL_TEXT.PDF
- Costa, P. T., & McCrae, R. R. (1992). The five-factor model of personality and its relevance to personality disorders. *Journal of Personality Disorders*, 6(4), pp. 343-359. <https://doi.org/10.1521/pedi.1992.6.4.343>
- De Raad, B., & Schouwenburg, H. C. (1996). Personality in learning and education: A review. *European Journal of Personality*, 10(5), pp. 303 – 336. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0984\(199612\)10:5<303::AID-PER262>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0984(199612)10:5<303::AID-PER262>3.0.CO;2-2)
- De Raad, B. (2000). *The Big Five Personality Factors: The Psycholexical Approach to Personality*. Hogrefe & Huber.
- Dellbrügge, B., & Marohn, A. (2017). Choice2interact - Interaktives Lernen mit Tablets im Chemieunterricht. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß, *Lernprozesse mit digitalen Medien unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer*. Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Donitsa-Schmidt, S., & Ramot, R. (2020). Opportunities and challenges: Teacher education in Israel in the Covid-19 pandemic. *Journal of Education for Teaching*, 46(4), pp. 586-595. <https://doi.org/10.1080/02607476.2020.1799708>.
- Donnelly, R., & Patrinos, H. A. (2021). Learning loss during COVID-19: An early systematic review. *Prospects*, pp. 1-9. DOI: 10.1007/s11125-021-09582-6.
- Dorn, E., Hancock, B., Sarakatsannis, J., & Viruleg, E. (2020). *COVID-19 and Student Learning in the United States: The Hurt Could Last a Lifetime*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://www.mckinsey.com/industries/public-and-social-sector/our-insights/covid-19-and-student-learning-in-the-united-states-the-hurt-could-last-a-lifetime>.
- Egger, D., Brauns, S., Sellin, K., Barth, M., & Abels, S. (2019). Professionalisierung von Lehramtsstudierenden für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht. *Journal für Psychologie*, 27(2), pp. 50-70. <https://doi.org/10.30820/0942-2285-2019-2-50>
- Eickelmann, B., & Vennemann, M. (2017). Teachers' attitudes and beliefs regarding ICT in teaching and learning in European countries. *European Educational Research Journal*(16), pp. 733-761. <https://doi.org/10.1177/1474904117725899>

- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., & Schwippert, K. (2019). *ICILS 2018# Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Waxmann.
- Eickelmann, B., & Drossel, K. (2020). *Schule auf Distanz. Perspektiven und Empfehlungen für den neuen Schulalltag. Eine repräsentative Befragung von Lehrkräften in Deutschland*. Vodafone Stiftung Deutschland. <https://www.vodafone-stiftung.de/schule-auf-distanz/>
- Elkins, R. K., Kassenboehmer, S. C., & Schurer, S. (2017). The stability of personality traits in adolescence and young adulthood. *Journal of Economical Psychology*(60), pp. 37-52. DOI: 10.1016/j.joep.2016.12.005
- Elsholz, M. (2019). *Das akademische Selbstkonzept angehender Physiklehrkräfte als Teil ihrer professionellen Identität–Dimensionalität und Veränderung während einer zentralen Praxisphase* [Dissertation, Julius-Maximilians-Universität Würzburg]. Logos.
- Emmerichs, L., Welter, V. D.E., & Schlüter, K. (2021a). University Teacher Students' Learning in Times of COVID-19. *Education Sciences*, 11(12), p. 776. <https://doi.org/10.3390/educsci11120776>
- Emmerichs, L., Welter, V. D.E., & Schlüter, K. (2021b). *Effekte kognitiver und metakognitiver Prompts im digital aufbereiteten Botanikunterricht* [Posterpräsentation]. 23. Internationale Konferenz der Fachsektion Didaktik der Biologie im Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland e. V. (VBIO), virtuelle Konferenz, Deutschland
- Emmerichs, L., Mohneke, M., Hofhues, S., & Schlüter, K. (2022a). *What do the Relationships between Biology Teacher Students' Personality and Professional Knowledge reveal about their Innovativeness? — An Exploratory Study using Canonical Correlation Analysis*. [Manuskript eingereicht zur Publikation]. Institut für Biologiedidaktik, Universität zu Köln.
- Emmerichs, L., Mohneke, M., Hofhues, S., & Schlüter, K. (2022b). Digital First? Effects of Digital and Analogue Learning Tools on the Plant Knowledge Acquisition of Future Biology Teachers. In M. Korfiatis, & M. Grace, *Current Research in Biology Education: Contributions from Biology Education Research* (S. 99-110). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89480-1_8
- Engzell, P., Frey, A., & Verhagen, M. D. (2021). Learning loss due to school closures during the COVID-19 pandemic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(17). <https://doi.org/10.1073/pnas.2022376118>
- Evagorou, M., Erduran, S., & Mäntylä, T. (2015). The role of visual representations in scientific practices: from conceptual understanding and knowledge generation to 'seeing' how science works. *International Journal of STEM Education*, 2(1), p. 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0024-x>
- Falkenstern, A., & Walz, K. (2020). Hochschulbildung im Spannungsfeld von digitaler Kommunikation und virtuellen Lernumwelten. In M. Stanisavljevic, & P. Tremp, *(Digitale) Präsenz—Ein Rundumblick auf das Soziale Phänomen Lehre* (p. 4144). Pädagogische Hochschule Luzern. 10.5281/zenodo.4291793
- Fan, X., & Konold, T. R. (1984). *Canonical correlation analysis: Uses and interpretation*. Sage Publications.
- Fauville, G., Lantz-Andersson, A., & Säljö, R. (2014). ICT tools in environmental education: Reviewing two newcomers to schools. *Environmental Education Research*, 2, pp. 248-283. <https://doi.org/10.1080/13504622.2013.775220>
- Ferrel, B. (2021, 21. Mai). *Is COVID-19 Changing How People Score on Personality Assessments?* Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://www.hoganassessments.com/blog/is-covid-19-changing-how-people-score-on-personality-assessments/>

- Festinger, L. (1954). A theory of social comparison processes. *Human Relations*, 7(2), pp. 117-140. <https://doi.org/10.1177/001872675400700202>
- Fickermann, D., & Edelstein, B. (2020). Editorial: “Langsam vermissee ich die Schule...”—Schule während und nach der Corona-Pandemie. In D. Fickermann, & B. Edelstein, *Die Deutsche Schule* (Vol. 16, pp. 9-33). Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:23869>
- Fillery-Travis, A., & Lane, D. A. (2020). Does coaching work or are we asking the wrong question? In J. Passmore, & D. Tee, *Coaching Researched: A Coaching Psychology Reader* (pp. 63-47). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119656913.ch3>
- Fischer, C., Fischer-Ontrup, C., & Schuster, C. (2020). Individuelle Förderung und selbstreguliertes Lernen: Bedingungen und Optionen für das Lehren und Lernen in Präsenz und auf Distanz. In D. Fickermann, & B. Edelstein, “Langsam Vermissee ich Die Schule...”—*Schule Während und nach der Corona-Pandemie* (pp. 136-152). Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:20234>
- Fischer, H. (2008). Physikdidaktisches Wissen und Handlungskompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(14), pp. 51-55.
- Forkosh-Baruch, A., & Avidov-Ungar, O. (2019). ICT Implementation in Colleges of Education: A Framework for Teacher Educators. *Journal of Information Technology Education: Research*(18), pp. 207-229. DOI: 10.28945/4312
- Friedrich-Ebert-Stiftung. (2021). *Lehren aus der Pandemie: Gleiche Chancen für Alle Kinder und Jugendlichen Sichern*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <http://library.fes.de/pdf-files/a-p-b/17249.pdf>
- Frohn, J., Schmitz, L., & Anand Pant, H. (2020). Lehrkräfteprofessionalisierung: adaptive Lehrkompetenz für inklusiven Unterricht. In E. Brodesser, J. Frohn, N. Welskop, A.-C. Liebsch, V. Moser, & D. Pech, *Inklusionsorientierte Lehr-Lern- Bausteine für die Hochschullehre. Ein Konzept zur Professionalisierung zukünftiger Lehrkräfte* (pp. 30-36). Klinkhardt. <https://doi.org/10.25656/01:19014>
- García-Morales, V. J., Garradio-Moreno, A., & Martín-Rojas, R. (2021). The Transformation of Higher Education After the COVID Disruption: Emerging Challenges in an Online Learning Scenario. *Frontiers in Psychology*(12), p. 616059. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.616059>
- Gatt, S., Tunnicliffe, S. D., Borg, K., & Lautier, K. (2007). Young Maltese children’s ideas about plants. *Journal of Biological Education*, 41(3), pp. 117-112. <https://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656080>
- Gatzka, T. (2021). Aspects of openness as predictors of academic achievement. *Personality and Individual Differences*(170), p. 110422. DOI: 10.1016/j.paid.2020.110422
- Geis-Thöne, W., & Plünnecke, A. (2021). *Auswirkungen der Corona-Pandemie auf Die Bildungsgerechtigkeit: Ein Blick auf Die Bildungswege Junger Erwachsener*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.insm.de/fileadmin/insm-dms/text/publikationen/Bildungsmonitor_2021/2021-04-29_INSM_Corona_und_Bildungsgerechtigkeit_Final.pdf
- Gerick, J., & Eickelmann, B. (2020). Lehrerbildung und Digitalisierung. Ein empirischer Blick auf die Grundlage der Studie ICILS 2018. In M. Rothland, & S. Herrlinger, *Digital?! Perspektiven der Digitalisierung für den Lehrerberuf und die Lehrerbildung* (pp. 87-103). Waxmann.
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (2001). *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (Vol. 6). Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1>
- Godoy, L. D., Falcoski, R., Incrocci, R. M., Versuti, F. M., & Padovan-Neto, F. E. (2021). The Psychological Impact of the COVID-19 Pandemic in Remote Learning in Higher Education. *Education Sciences*, 11(9), p. 473. <https://doi.org/10.3390/educsci11090473>

- Goertz, L., & Hense, J. (2021). *Studie zu Veränderungsprozessen in Unterstützungsstrukturen für Lehre an Deutschen Hochschulen in der Corona-Krise*.
Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_56_Support-Strukturen_Lehre_Corona_mmb.pdf
- Gröschner, A. (2013). Innovationskompetenz als Element der Lehrerbildung: Befunde und Perspektiven. In M. Rürup, & I. Bormann, *Innovationen im Bildungswesen: Analytische Zugänge und empirische Befunde* (pp. 303-327). Springer. <https://doi.org/10.25656/01:14930>
- Graham, C. R. (2011). Theoretical considerations for understanding technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers & Education*, 2011, pp. 1953-1969. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.010>
- Gravett, S. (2014). Crossing the “Theory-practice Divide”: Learning to Be(come) a Teacher. *South African Journal of Childhood Education*, 2(2), pp. 1-14. DOI: 10.4102/sajce.v2i2.9
- Grewenig, E., Lergetporer, P., Werner, K., Woessmann, L., & Zierow, L. (2021). COVID-19 and educational inequality: How school closures affect low-and high-achieving students. *European Economic Review*, 12, p. 103920.
- Groß, J. (2018). Die APP ID-logics als digitale Bestimmungshilfe. In J. Meßinger-Koppelt, & J. Maxton-Küchenmeister, *Naturwissenschaften Digital* (pp. 56-59). Joachim Herz Stiftung.
- Großschedel, J., & Harms, U. (2013). Effekte metakognitiver Prompts auf den Wissenserwerb beim Concept Mapping und Notizen Erstellen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (19), pp. 375-395.
- Großschedel, J., Welter, V., & Harms, U. (2019). A new instrument for measuring pre-service biology teachers' pedagogical content knowledge: The PCK-IBI. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(4), pp. 402-439. <https://doi.org/10.1002/tea.21482>
- Haider, M., & Knoth, S. (2022). Kompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt. In M. Haider, & D. Schmeinck, *Digitalisierung in der Grundschule. Grundlagen, Gelingensbedingungen und didaktische Konzeptionen am Beispiel des Fachs Sachunterricht* (pp. 56-70). Julius Klinkhardt. <https://doi.org/10.25656/01:24250>
- Hammerstein, S., König, C., Dreisörner, T., & Frey, A. (2021). Effects of COVID-19-Related School Closures on Student Achievement: A Systematic Review. *Frontiers in Psychology*, p. 746289. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.746289>
- Han, H. (2021). Exploring the association between compliance with measures to prevent the spread of COVID-19 and big five traits with Bayesian generalized linear model. *Personality and Individual Differences*, 176, p. 110787. DOI: 10.1016/j.paid.2021.110787
- Hardy, I., Mannel, S., & Meschede, N. (2020). Adaptive Lernumgebungen. In M. Kampshoff, & C. Wiepcke, *Vielfalt in Schule und Unterricht. Konzepte und Debatten im Zeichen der Heterogenität* (pp. 17-26). Kohlhammer.
- Harms, U., & Riese, J. (2018). Professionelle Kompetenz und Professionswissen. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker, *Theorien der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 283-297). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5>
- Hartmann, F. G., & Ertl, B. (2021). Big Five personality trait differences between students from different majors aspiring to the teaching profession. *Current Psychology*. <https://doi.org/10.1007/s12144-021-02528-3>
- Harvey, M. W., Yssel, N., Bausermann, A. D., & Merbler, J. B. (2008). Preservice Teacher Preparation for Inclusion: An Exploration of Higher Education Teacher-Training Institutions. *Remedial. Spec. Educ*, 31, pp. 24-33. 10.1177/0741932508324397

- Hattie, J. (2008). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Hattie, J. (2012). *Visible learning for teachers: Maximizing impact on learning*. Routledge.
- Hattie, J. (2015). The applicability of Visible Learning to higher education. *Scholarship of Teaching and Learning in Psychology*, 1(1), pp. 79-91. <https://doi.org/10.1037/stl0000021>
- Hattie, J. (2017). *Hattie Ranking: 252 Influences And Effect Sizes Related To Student Achievement*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://visible-learning.org/hattie-ranking-influences-effect-sizes-learning-achievement/>
- Hattie, J., Beywel, W., & Zierer, K. (2013). *Lernen sichtbar machen*. Schneider-Verlag.
- Helm, C., Huber, S., & Loisinger, T. (2021). Was wissen wir über schulische Lehr-Lern-Prozesse im Distanzunterricht während der Corona-Pandemie? –evidenz aus Deutschland, Österreich und der Schweiz. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(2), pp. 237-311. 10.1007/s11618-021-01000-z
- Helmke, A. (2012). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (4. überarbeitete Aufl. ed.). Klett-Kallmeyer.
- Helmke, A., & Helmke, T. (2015). Unterrichtsdiagnostik als Ausgangspunkt für Unterrichtsentwicklung. In H.-G. Rolff. Beltz.
- Hermes, A., & Kuckuck, M. (2016). Digitale Lehrpfade selbstständig entwickeln–Die App Action-bound als Medium für den Geographieunterricht zur Erkundung außerschulische Lernorte. *GW-Unterricht*, pp. 174-182. <https://dx.doi.org/10.1553/gw-unterricht142/143s174>
- Hero, L.-M., Lindfors, E., & Taatila, V. (2017). Individual Innovation Competence: A Systematic Review and Future Research Agenda. *International Journal of Higher Education*, 6(5), pp. 103-121. DOI: 10.5430/ijhe.v6n5p103
- Herzig, B. (2014). *Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht?* Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.bertelsmannstiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/Graue_Publikationen/Studie_IB_Wirksamkeit_digitale_Medien_im_Unterricht_2014.pdf
- Herzig, B., & Martin, A. (2018). *Lehrerbildung in der digitalen Welt*. In S. Ladel, J. Knopf, & A. Weinberger, *Digitalisierung und Bildung* (pp. 89-113). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18333-2_6
- Hesse, M. (2000). Erinnerungen an die Schulzeit—Ein Rückblick auf den erlebten Biologieunterricht junger Erwachsener. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(6), pp. 187-201
- Hill, T., & Lewicki, P. (2006). *Statistics: Methods and Applications - A comprehensive reference for science, industry, and data mining*. StatSoft.
- Hillmyr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, p. 103897. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>
- Hochschulrektorenkonferenz. (2022, 22. März). *Lehrer:innenbildung in einer digitalen Welt*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://www.hrk.de/positionen/beschluss/detail/lehrer-innenbildung-in-einer-digitalen-welt/>
- Hogan, J., & Ones, D. S. (1997). Conscientiousness and integrity at work. In R. Hogan, J. Johnson, & J. Briggs, *Handbook of Personality Psychology* (pp. 849-870). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012134645-4/50033-0>
- Holstermann, N., & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, pp. 71-86.
- Holz, G., & Richter-Kornweitz, A. (2020). *Corona-Chronik: Gruppenbild Ohne (Arme) Kinder—Eine Streitschrift*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://www.iss->

ffm.de/fileadmin/assets/themenbereiche/downloads/Corona-
Chronik_Streitschrift_final.pdf

- Hsieh, H.-L., Hsieh, J.-R., & Wang, I.-L. (2011). Linking personality and innovation: the role of knowledge management. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 9(1), pp. 38-44.
- Huber, S. G., Helm, C., Günther, P. S., Schneider, N., Schwander, M., Pruitt, J., & Schneider, J. A. (2020). COVID-19: Fernunterricht aus Sicht der Mitarbeitenden von Schulen in Deutschland, Österreich und der Schweiz. *Zeitschrift für Schul- und Professionsentwicklung*, 2(6), pp. 27-44. <https://doi.org/10.4119/pflb-3967>
- Humpl, S., & Andersen, T. (2022). *The future of digital and online learning in higher education*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://data.europa.eu/doi/10.2766/587756>
- Hund, A., Wagner, H.-T., Beimborn, D., & Weitzel, T. (2021). Digital innovation: Review and novel perspective. *The Journal of Strategic Information Systems*, 30(4), pp. 61-85. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2021.101695>
- Initiative D21. (2011). *Ausstattung der Schulen mit Computern in Deutschland 2010*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/180361/umfrage/ausstattung-der-schulen-mit-computern/#professional>
- Jäger-Biela, D., Kaspar, K., & König, J. (2020). Lerngelegenheiten zum Erwerb von digitalisierungsbezogenen Medienkompetenzen. In K. Kaspar, M. Becker-Mrotzek, S. Hofhues, J. König, & D. Schmeinck, *Bildung, Schule, Digitalisierung* (pp. 66-72). Waxmann.
- Jäkel, L., & Schaer, A. (2004). Sind Namen nur Schall und Rauch?: Wie sicher sind Pflanzenkenntnisse von Schülerinnen und Schülern? *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB)-Biologie Lehren und Lernen*, 13, pp. 1-24. <https://doi.org/10.4119/zdb-1672>
- Jackson, J., Hill, P. L., Payne, B. R., Roberts, B. W., & Stine-Morrow, E. A. (2012). Can an old dog learn (and want to experience) new tricks? Cognitive training increases openness to experience in older adults. *Psychology and Aging*, 27(2), pp. 286-292. doi: 10.1037/a0025918
- 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, pp. 45-62. DOI: 10.1016/j.compedu.2015.12.009
- Jeno, L. M., Grytnes, J.-A., & Vandvik, V. (2017). The effect of a mobile-application tool on biology students' motivation and achievement in species identification: A Self-Determination Theory perspective. *Computers & Education*(107), pp. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.011>
- John, O. P., Naumann, L. P., & Soto, C. J. (2008). Paradigm shift to the integrative Big Five trait taxonomy: History, measurement, and conceptual issues. In O. P. John, R. W. Robins, & L. A. Pervin, *Handbook of Personality: Theory and Research* (pp. 114-158). The Guilford Press.
- John, R., John, R., & Rao, Z. -R. (2020). The Big Five Personality Traits and Academic Performance. *Journal of Law & Social Studies*, 2(1), pp. 10-19. [Doi.org/10.52279/jlss.02.01.1019](https://doi.org/10.52279/jlss.02.01.1019)
- Johnston, R., Jones, K., & Manley, D. (2018). Confounding and collinearity in regression analysis: a cautionary tale and an alternative procedure, illustrated by studies of British voting behaviour. *Quality & Quantity*, 52, pp. 1957-1976. DOI: 10.1007/s11135-017-0584-6
- Jones, R. J., Woods, S. A., & Guillaume, Y. R. (2015). The effectiveness of workplace coaching: A meta-analysis of learning and performance outcomes from coaching. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*(89), pp. 249-277. <https://doi.org/10.1111/joop.12119>

- Jorzik, B., & Kreher, C. (2021). *Lehrkräfte vom ersten Semester an für die digitale Welt qualifizieren*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://2020.monitor-lehrerbildung.de/export/sites/default/.content/Downloads/Monitor-Lehrerbildung_Digitale-Welt_Policy-Brief-2021.pdf
- Köhler, K. (2004). Welche Medien werden im Biologieunterricht genutzt? In U. Spörhase-Eichmann, & W. Ruppert, *Biologiedidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (pp. 160-182). Cornelsen-Scriptor.
- Köller, O. (2014). Entwicklung und Erträge der jüngeren empirischen Bildungsforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*(60), pp. 102-122. <https://doi.org/10.25656/01:9089>
- König, J., Jäger-Biela, D., & Glutsch, N. (2020). Adapting to online teaching during COVID-19 school closure: Teacher education and teacher competence effects among early career teachers in Germany. *European Journal of Teacher Education*, 43(4), pp. 608-622. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1809650>
- Körner, A., Geyer, M., & Brähler, E. (2002). Das NEO-Fünf-Faktoren Inventar (NEO-FFI). *Diagnostica*, 48(1), pp. 19-27. DOI: 10.1026//0012-1924.48.1.19
- Küchemann, S., Dengel, A., & Kuhn, J. (2021). Künstliche Intelligenz im Lehr-Lernprozess von MINT-Fächern: Vom adaptiven Lernmaterial zur Implementation in die Lehrkräftebildung. *Bildung und Erziehung*, 74(3), pp. 313-330. DOI: 10.13109/buer.2021.74.issue-3
- Kalthoff, H., & Röhl, T. (2021). Bildungsorganisationen und ihre sozio-technischen Innovationen. In B. Blättel-Mink, I. Schulz-Schaeffer, & A. Windeler, *Handbuch Innovationsforschung* (pp. 649-665). Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-17668-6>
- Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J., & Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), p. 579. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.3.579>
- Kaputa, V., Loučanová, E., & Tejerina-Gaite, F. (2022). Digital Transformation in Higher Education Institutions as a Driver of Social Oriented Innovations. In C. Păunescu, K.-L. Lepik, & N. Spencer, *Social Innovation in Higher Education* (pp. 61-85). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-84044-0_4
- Kay, R. H. (2006). Evaluating Strategies Used To Incorporate Technology Into Preservice Education: A Review Of the Literature. *Journal of Research on Technology in Education*(38), pp. 383-408. DOI: 10.1080/15391523.2006.10782466
- Kerres, M. (2020). Against All Odds: Education in Germany Coping with Covid-19. *Postdigital Science and Education*, 2(3), pp. 690-694. <https://doi.org/10.1007/s42438-020-00130-7>
- Keuper, F., Hamidian, K., Verwaaygen, E., Kalinowski, T., & Kraijo, C. (2013). Digitalisierung und Innovation: Planung-Entstehung-Entwicklungsperspektiven. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-00371-5>
- Killermann, W., Hering, P., & Starosta, B. (2020). *Biologieunterricht heute: Eine moderne Fachdidaktik*. Auer Verlag.
- Kim, L., Jörg, V., & Klassen, R. (2019). A Meta-Analysis of the Effects of Teacher Personality on Teacher Effectiveness and Burnout. *Educational Psychology Review*(31), pp. 163-195. <https://doi.org/10.1007/s10648-018-9458-2>
- Kirchmann, A., Laub, N., Maier, A., Zühlke, A., & Boockmann, B. (2021). *Technologische Innovationen und Wandel der Arbeitswelt in Deutschland: Herausforderungen für die berufliche Aus- und Weiterbildung sowie die Re-Qualifizierung im Zuge des digitalen Wandels, Studie zum deutschen Innovationssystem Nr. 10-2021*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.efi.de/fileadmin/Assets/Studien/2021/StuDIS_10_2021.pdf

- Klieme, E. (2020). Guter Unterricht–auch und besonders unter Einschränkungen der Pandemie? In D. Fickermann, & B. Edelstein, “*Langsam Vermisse ich Die Schule...* ” – *Schule Während und nach der Corona-Pandemie* (pp. 117-135). Waxmann.
- Koşar, G. (2021). Distance Teaching Practicum: Its Impact on Pre-Service EFL Teachers’ Preparedness for Teaching. *IAFOR Journal of Education*, 9(2), pp. 111-126. <https://doi.org/10.22492/ije.9.2.07>
- Krause, M., & Eilks, I. (n.d.). Lernwege mit PREZI modern gestalten–Beispiele zum Teilchenkonzept. In J. Maxton-Küchenmeister, J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), *Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht* (pp. 209-215). Joachim-Herz-Stiftung Verlag.
- Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., & Neubrand, M. (2004). COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. In J. Doll, & M. Prenzel, *Die Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülervorstellungen als Strategien der Qualitätsverbesserungen* (pp. 31-53). Waxmann.
- Kriek, E. (2019). *Geschichte der Bildung. Sonderausgabe aus dem Handbuch der deutschen Lehrerbildung*. De Gruyter.
- Krommer, A. (2022). *3. Tag der Digitalen Bildung - Lernen@Tablet: Lehren und Lernen mit digitalen Endgeräten – Teil 1*. [Video]. YouTube. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=H76XletoPY8&t=2256s>
- Krug, A., & Schukajlow, S. (2020). Entwicklung prozeduraler Metakognition und des selbstregulierten Lernens durch den Einsatz multipler Lösungen zu Modellierungsaufgaben. *Journal für Mathematik-Didaktik*(41), pp. 423-458. DOI: 10.1007/s13138-019-00154-y
- Krumsvik, R. J. (2014). Teacher educators' digital competence. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 58(3), pp. 269-280. <https://doi.org/10.1080/00313831.2012.726273>
- Kubiatko, M., Fančovičová, J., & Prokop, P. (2021). Factual knowledge of students about plants is associated with attitudes and interest in botany. *International Journal of Science Education*, 43(9), pp. 1426-1440. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1917790>
- Kuhn, J., Ropohl, M., & Groß, J. (2017). Fachdidaktische Mehrwerte durch Einführung digitaler Werkzeuge. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß, *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen. Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (pp. 11-33). Joachim Herz Stiftung.
- Kultusministerkonferenz. (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf
- Kunter, M., & Klusmann, U. (2010). Die Suche nach dem kompetenten Lehrer - ein personenzentrierter Ansatz. In W. Bos, E. Klieme, & O. Köller, *Schulische Lerngelegenheiten und Kompetenzentwicklung* (pp. 207-230). Waxmann.
- Kunter, M., Baumert, J., & Blum, W. (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Waxmann.
- Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U., & Richter, D. (2013). The development of teachers' professional competence. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand, *Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers* (pp. 63-77). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5_4
- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, D., & Hachfeld, A. (2013). A. Professional competence of teachers: Effects on instructional quality and student

- development. *Journal for Educational Psychology* (105), pp. 805-820.
<https://doi.org/10.1037/a0032583>
- Kuylen, A. A., & Verhallen, T. M. (1981). The use of canonical analysis. *Journal of Economic Psychology*, 1(3), pp. 217-237. [https://doi.org/10.1016/0167-4870\(81\)90039-8](https://doi.org/10.1016/0167-4870(81)90039-8)
- Lauret, D., & Bayram-Jacobs, D. (2021). COVID-19 Lockdown Education: The Importance of Structure in a Suddenly Changed Learning Environment. *Education Sciences*, 11(221).
<https://doi.org/10.3390/educsci11050221>
- Lenz, T. (2003). Handlungsorientierung im Geographieunterricht. *Geographie heute*, 4(24), pp. 2-7
- Leutner, D., & Leopold, D. (2003). Selbstreguliertes Lernen als Selbstregulation von Lernstrategien. Ein Trainingsexperiment mit Berufstätigen zum Lernen aus Sachtexten. *Unterrichtswissenschaft*(31), pp. 38-56. <https://doi.org/10.25656/01:6772>
- Limniou, M., Varga-Atkins, T., Hands, C., & Elshamaa, M. (2021). Learning, Student Digital Capabilities and Academic Performance over the COVID-19 Pandemic. *Education Sciences*, 11(361). <https://doi.org/10.3390/educsci11070361>
- Lock, R. (1995). Biology and the environment—A changing perspective? Or ‘there’s wolves in them there woods!’. *Journal of Biological Education*, pp. 3-4.
<https://doi.org/10.1080/00219266.1995.9655409>
- Lorenz, R., Bos, W., Endberg, M., Eickelmann, B., Grafe, S., & Vahrenhold, J. (2017). *Schule digital - Der Länderindikator 2017: Digitale Medien in den MINT-Fächern*. Deutsche Telekom Stiftung.
- Möller, J., & Trautwein, U. (2015). Selbstkonzept. In E. Wild, & J. Möller, *Pädagogische Psychologie* (pp. 177-199). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41291-2>
- Mahler, D., & Arnold, J. (2017). Wissen und Motivation im Umgang mit digitalen Technologien. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß, *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (pp. 264-277). Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Mahler, D., & Arnold, J. (2022). MaSter-Bio - Messinstrument für das akademische Selbstkonzept zum technologiebezogenen Professionswissen von angehenden Biologielehrpersonen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 28(3)
- Mammadov, S. (2021). Big Five personality traits and academic performance: A meta-analysis. *Journal of Personality*, 90(2), pp. 222-255. <https://doi.org/10.1111/jopy.12663>
- Marsh, H. W., & Craven, R. G. (2006). Reciprocal Effects of Self-Concept and Performance from a Multidimensional Perspective. Beyond Seductive Pleasure and Unidimensional Perspectives. *Perspectives on Psychological Science*, 2, pp. 133-163. DOI: 10.1111/j.1745-6916.2006.00010.x
- Marsh, H. W., & Yeung, A. S. (1997). Causal Effects of Academic Self-Concept on Academic Achievement: Structural Equation Models of Longitudinal Data. *Journal of Educational Psychology*(69), pp. 41-54. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.89.1.41>
- Marsh, H. W., Byrne, B. M., & Shavelson, R. J. (1988). Multifaceted Academic Self-Concept: Its Hierarchical Structure and Its Relation to Academic Achievement. *Journal of Educational Psychology*(89), pp. 366-380. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.80.3.366>
- Marsh, H. W., Kuyper, H., Seaton, M., Parker, P. D., Morin, A. J., Möller, J., & Abduljabbar, A. S. (2014). Dimensional comparison theory: An extension of the internal/external frame of reference effect on academic self-concept formation. *Contemporary Educational Psychology*, 39, pp. 326-341. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2014.08.003>
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O., & Baumert, J. (2005). Academic Self-Concept, Interest, Grades, and Standardized Test Scores: Reciprocal Effects Models of Causal Ordering. *Child Development*, 76(2), pp. 397-416. DOI: 10.1111/j.1467-8624.2005.00853.x

- Maxton-Küchenmeister, J., & Meßinger-Koppelt, J. (2014). *Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Mayer, J. (1995). *Formenvielfalt als Thema des Biologieunterrichts. Vielfalt begreifen-Wege zur Formenkunde*. IPN Leibniz-Institut f. d. Pädagogik d. Naturwissenschaften an d. Universität Kiel.
- Mayr, J. (2010). Selektieren und/oder qualifizieren? Empirische Befunde zu der Frage, wie man gute Lehrpersonen bekommt. In J. Abel, & G. Faust, *Wirkt Lehrerbildung? Antworten aus der empirischen Forschung* (pp. 73-90). Waxmann.
- Mayr, J., & Neuweg, G. H. (2006). Der Persönlichkeitsansatz in der Lehrer/innen/forschung: Grundsätzliche Überlegungen, exemplarische Befunde und Implikationen für die Lehrer/innen/bildung. In M. Heinrich, & U. Greiner, *Schauen, was 'rauskommt - Kompetenzförderung, Evaluation und Systemsteuerung im Bildungswesen* (pp. 183-206). Lit: Vienna.
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369>
- Mayr, K., Resinger, P., Schratz, M. (2009). *E-Learning im Schulalltag. Eine Studie zum Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien im Unterricht*. Verlag Julius Klinkhardt. <https://doi.org/10.25656/01:2027>
- McAdams, D. P., Shiner, R. L., & Tackett, J. L. (2019). *Handbook of Personality Development*. Guilford.
- McCrae, R. R., & John, O. P. (1992). An introduction to the five-factor model and its applications. *Journal of personality*, pp. 175-215. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.1992.tb00970.x>
- Meßinger-Koppelt, J., Schanze, S., & Groß, J. (2017). *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen*. Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Meloun, M., & Militký, J. (2011). *Statistical Data Analysis. A Practical Guide*. Woodhead Publishing.
- Meyer, A., Balster, S., Birkhölzer, C., & Wilde, M. (2011). Der Einfluss von lebenden Tieren als Unterrichtsmittel auf die Lernerwahrnehmung der konstruktivistischen Orientierung ihres Biologieunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(17), pp. 339-355
- Meyer, W. U. (1984). Das Konzept von der eigenen Begabung: Auswirkungen, Stabilität und vorauslaufende Bedingungen. *Psychologische Rundschau*, pp. 136-150.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), pp. 1017-1054. [10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x)
- Mitchell, B. S., Hirn, R. G., & Lewis, T. J. (2017). Enhancing effective classroom management in schools: Structures for changing teacher behavior. *Teacher Education and Special Education*, 40(2), pp. 140-153. <https://doi.org/10.1177/0888406417700961>
- Moser, S., Staudacher, D., & Panfil, E.-M. (2021). Lernen nach meinen Bedürfnissen. Förderung der Selbstlernkompetenz durch E-Learning in der praktischen Ausbildung. *PADUA*, 16(5). <https://doi.org/10.1024/1861-6186/a000645>
- Munir, R., & Beh, L.-O. (2016). Do Personality Traits Matter in Fostering Innovative Work Behavior? *The Social Sciences* (11), pp. 4393-4398. DOI: 10.36478/sscience.2016.4393.4398
- Munir, F. (2021). Mitigating COVID: Impact of COVID-19 Lockdown and School Closure on Children's Well-Being. *Social Sciences*, 10(387). <https://doi.org/10.3390/socsci10100387>
- Nett, U. E., & Götz, T. (2019). Selbstreguliertes Lernen. In D. Urhahne, M. Dresel, & F. Fischer, *Psychologie für den Lehrberuf* (pp. 67-84). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55754-9>

- Neuböck-Hubinger, B., Aschauer, M., Breitwieser, I., Schwarz, T., Bisenberger, A., & Hirschenhauser, K. (2016). *Lehramtsstudierende erforschen den Einsatz von lebenden Tieren und Pflanzen im Sachunterricht*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://gdsu.de/sites/default/files/gdsu-info/files/5_3_neuboeck.pdf
- Neumann, S. (2020). *Nicht Systemrelevant? Die Sicht Junger Menschen auf Die Corona-Krise*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://sozpaed-corona.de/nicht-systemrelevant-die-sicht-junger-menschen-auf-die-corona-krise/>
- Neyer, F. J., & Asendorpf, J. B. (2017). *Psychologie der Persönlichkeit*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54942-1>
- Nimon, K., Henson, R., & Gates, M. (2010). Revisiting Interpretation of Canonical Correlation Analysis: A Tutorial and Demonstration of Canonical Commonality Analysis. *Multivariate Behavioral Research*, 45(4), pp. 702-724. DOI: 10.1080/00273171.2010.498293
- O'Connor, M. C., & Paunonen, S. V. (2007). Big Five personality predictors of post-secondary academic performance. *Personality and Individual Differences*, 43(5), pp. 971-990. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2007.03.017>
- Ones, D. S., Anderson, N., Viswesveran, C., & Sinangil, H. K. (2005). *The SAGE Handbook of Industrial, Work & Organizational Psychology*. Sage. DOI:<https://dx.doi.org/10.4135/9781473914957>
- Onyeaka, H., Anumudu, C. K., Al-Sharify, Z. T., Egele-Godswill, E., & Mbaegbu, P. (2021). COVID-19 pandemic: A review of the global lockdown and its far-reaching effects. *Science Progress*, 104(2), pp. 1-18. DOI: 10.1177/00368504211019854
- Orschulik, A. B. (2021). *Entwicklung der Professionellen Unterrichtswahrnehmung. Eine Studie zur Entwicklung Studierender in universitären Praxisphasen*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33931-9>
- Otto, B., Perels, F., & Schmitz, B. (2015). Selbstreguliertes Lernen. In H. Reinders, *Empirische Bildungsforschung. Gegenstandsbereiche* (pp. 41-53). Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19994-8>
- Palmer, C. (2015). *Kreativität – Praktische Messung einer schillernden Fähigkeit*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.researchgate.net/profile/Carolin-Palmer-2/publication/281091413_Kreativitaet_praktische_Messung_einer_schillernden_Faehigkeit/links/55d455af08ae0b8f3ef95f8f/Kreativitaet-praktische-Messung-einer-schillernden-Faehigkeit.pdf
- Palmer, C. (2016). *Berufsbezogene Kreativitätsdiagnostik: Beschreibung und Messung der personalen Voraussetzungen von Innovationen*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-12433-5>
- Paulus, D., Veber, M., & Gollub, P. (2021). Perspektiven von angehenden Lehrpersonen auf pädagogische Medienkompetenzen in Zeiten digitalen Lehrens und Unterrichtens. In C. Reintjes, R. Porsch, & G. im Bram, *Das Bildungssystem in Zeiten der Krise: Empirische Befunde, Konsequenzen und Potenziale für das Lehren und Lernen* (pp. 205-220). Waxmann.
- Pekkala Kerr, S., Kerr, W. R., & Xu, T. (2017). *Personality Traits of Entrepreneurs: A Review of Recent Literature*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://www.nber.org/papers/w24097>. DOI 10.3386/w24097
- Perels, F., & Dörrenbacher, L. (2020). Selbstreguliertes Lernen und (technologiebasierte) Bildungsmedien. In H. Niegemann, & A. Weinberger, *Handbuch Bildungstechnologiei* (pp. 81-92). Springer. 10.1007/978-3-662-54368-9_5
- Petko, D. (2012). Hemmende und förderliche Faktoren des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht: Empirische Befunde und forschungsmethodische Probleme. In *Jahrbuch Medienpädagogik 9* (pp. 29-50). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-531-94219-3_3

- Petko, D., Prasse, D., & Cantieni, A. (2018). The interplay of school readiness and teacher readiness for educational technology integration: a structural equation model. *Computers in Schools, 35*(1), pp. 1-18. DOI: 10.1080/07380569.2018.1428007
- Pews-Hocke, C. (1995). *Vielfalt der Arten. Eine Einführung in die Grundlagen der Systematik*. Duden Paetec.
- Pfligersdorffer, G. (1991). *Die biologisch-ökologische Bildungssituation von Schulabgängern. Eine empirische Untersuchung über die Kenntnisse von Schülern sowie über die Lehrplangegebenheiten des entsprechenden Unterrichts im weiterführenden Schulwesen der AHS, BHS und BMS Österreich*. ABAKUS-Verlag.
- Porsch, R., Reintjes, C., Görlich, K., & Paulus, D. (2021). Pädagogische Medienkompetenzen und ICT-Beliefs von Lehramtsstudierenden: Veränderungen während eines “digitalen Semesters”? In C. Reintjes, R. Porsch, & G. im Brahm, *Das Bildungssystem in Zeiten der Krise: Empirische Befunde, Konsequenzen und Potenziale für das Lehren und Lernen* (pp. 187-203). Waxmann.
- Postholm, M. B. (2013). Classroom management: What does research tell us? *European Educational Research Journal, 12*(3), pp. 389-402. <https://doi.org/10.2304/eej.2013.12.3.389>
- Randier, C. (2002). Comparing methods of instruction using bird species identification skills as indicators. *Journal of Biological Education, 36*(4), pp. 181-188. <https://doi.org/10.1080/00219266.2002.9655830>
- Rathgeb, T., Schmidt, T., Feierabend, S., & Reutter, T. (2020). *JIM-Studie 2019*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2019/JIM_2019.pdf
- Rauthmann, J. F. (2017). *Persönlichkeitspsychologie: Paradigmen—Strömungen—Theorien*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53004-7>
- Rauthmann, J. F. (2021). *The Handbook of Personality Dynamics and Processes*. Elsevier.
- Redding, S., Twyman, J. S., & Murphy, M. (2014). What is an innovation in learning? In M. Murphy, S. Redding, & J. Twyman, *Handbook on innovations in learning* (pp. 3-14). Information Age Publishing.
- Redecker, C. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Reinhold, F., Schons, C., Scheuerer, S., Gritzmann, P., Richter-Gebert, J., & Reiss, K. (2021). Einfluss motivational-emotionaler Orientierungen auf die Bewältigung selbstregulatorischer Anforderungen beim Lernen tertiärer Mathematik in Zeiten der COVID-19-Pandemie. In D. C. Proceedings of the Digital Conference Year of the Society for Empirical Educational Research, *Bildung und Corona* (pp. 104-105).
- Remmele, M., Schmidt, E., Lingenfelder, M., & Martens, A. (2018). The impact of stereoscopic imagery and motion on anatomical structure recognition and visual attention performance. *Anatomical Sciences Education, 11*(1), pp. 15-24. DOI: 10.1002/ase.1704
- Renkl, A., & Atkinson, R. (2007). Interactive Learning Environments: Contemporary Issues and Trends. An Introduction to the Special Issue. *Educational Psychology*(19), pp. 235-238. DOI: 10.1007/s10648-007-9052-5
- Rheinberg, F. (2014). Bezugsnormen und schulische Leistungsbeurteilung. In F. E. Weinert, *Leistungsmessungen in Schulen* (pp. 59-71). Beltz.
- Robert-Bosch-Stiftung. (2021). *Das Deutsche Schulbarometer Spezial: Ein Schlaglicht auf die Folgen der Pandemie*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://deutscheschulportal.de/unterricht/umfrage-deutsches-schulbarometer/>
- Roloff, J., Klusmann, U., Lüdtke, O., & Trautwein, U. (2020). The Predictive Validity of Teachers' Personality, Cognitive and Academic Abilities at the End of High School on Instructional Quality in Germany: A Longitudinal Study. *AERA Open*(6), p. 2332858419897884

- Ropohl, M., Lindmeier, A., Härtig, H., Kampschulte, L., Mühling, A., & Schwanewedel, J. (2018). *Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen*. Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Rothland, M. (2013). Allgemeine Persönlichkeitsmerkmale als Eignungskriterien für den Lehrerberuf? Eine Folgestudie. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*(6), pp. 70-91. <https://doi.org/10.25656/01:15515>
- Rudert, S. C., Gleibs, I. H., Gollwitzer, M., Häfner, M., Hajek, K. V., Harth, N. S., & Schneider, D. (2021). Us and the virus: Understanding the COVID-19 pandemic through a social psychological lens. *European Psychologist*, 26(4), p. 259. <http://dx.doi.org/10.1027/1016-9040/a000457>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 1, pp. 54-67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Südkamp, A., & Möller, J. (2012). Accuracy of teachers' judgments of students' academic achievement: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 104(3), p. 743. [10.1037/a0027627](https://doi.org/10.1037/a0027627)
- Saatci, E. Y., & Ovaci, C. (2020). Innovation competencies of individuals as a driving skill sets of future works and impact of their personality traits. *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, 12(1), pp. 27-44. [10.1504/ijtlid.2020.108637](https://doi.org/10.1504/ijtlid.2020.108637)
- Salmon, G. (2014). Learning Innovation: A Framework for Transformation. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, 17(2), pp. 220-236. <https://doi.org/10.2478/eurodl-2014-0031>
- Sanders, W. L., Wright, S. P., & Horn, S. P. (1997). Teacher and classroom context effects on student achievement: Implications for teacher evaluation. *Journal of Personnel Evaluation in Education*, 11(1), pp. 57-67. <https://doi.org/10.1023/A:1007999204543>
- SAP America. (2022). *Qualtrics Survey (Online Survey Software)*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://unikoelnspsych.eu.qualtrics.com/login?path=%2FControlPanel%2F&product=ControlPanel>
- Schön, A. D. (1987). *Educating the reflective practitioner: Toward a new design of teaching and learning on the profession*. Jossey-Bass
- Schaffers, H., Vartiainen, M. A., & Bus, J. (2020). *Digital Innovation and the Future of Work*. River Publishers.
- Schaumburg, H. (2015). *Chancen und Risiken digitaler Medien in der Schule. Medienpädagogische und Didaktische Perspektiven*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.bertelsmannstiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_IB_Chancen_Risiken_digitale_Medien_2015.pdf
- Schaumburg, H. (2018). Empirische Befunde zur Wirksamkeit unterschiedlicher Konzepte des digital unterstützten Lernens. In N. McElvany, F. Schwabe, W. Bos, & H. G. Holtappels, *Digitalisierung in der schulischen Bildung: Chancen und Herausforderungen* (pp. 27-40). Waxmann.
- Schmeil, O. (2010). *Tabelle zum Bestimmen von Pflanzen*. Quelle & Meyer.
- 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), pp. 123-149. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782544>
- Schneider, G., & Martin, A. (2019). *Innovationsfähigkeit: Ein systematisches Literaturreview*. Retrieved from <https://www.econstor.eu/handle/10419/194801>

- Schroeder, J. (2011). Wenn Schulen Vielfalt nutzen (möchten). Möglichkeiten und Hindernisse im Umgang mit Diversität im Bildungssystem. In W.-D. Bukow, G. Heck, E. Schulze, & E. Yildiz, *Neue Vielfalt in der urbanen Stadtgesellschaft* (pp. 83-95). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-93082-4>
- Schult, J., Mahler, N., Fauth, B., & Lindner, M. A. (2021). Did Students Learn Less During the COVID-19 Pandemic? Reading and Mathematics Competencies Before and After the First Pandemic Wave. *PsyArXiv*. 10.31234/osf.io/pqtgf
- Schulte, K. (2008). *Selbstwirksamkeitserwartungen in der Lehrerbildung: Zur Struktur und dem Zusammenhang von Lehrer-Selbstwirksamkeitserwartungen, Pädagogischem Professionswissen und Persönlichkeitseigenschaften bei Lehramtsstudierenden und Lehrkräften*. [Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen]. <http://dx.doi.org/10.53846/goediss-297>
- Schultz-Pernice, F., Becker, S., Berger, S., Ploch, N., Radowitsch, A., Vejvoda, J., & Fischer, F. (2021). *Digitales Lehren und Lernen an der Hochschule: Erkenntnisse aus der empirischen Lehr-Lernforschung*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://lehrerbildung.ub.uni-muenchen.de/lehrerbildung/article/view/23/26>
- Schulz-Zander, R. (2005). Veränderung der Lernkultur mit digitalen Medien im Unterricht. In *Perspektiven der Medienpädagogik in Wissenschaft und Bildungspraxis* (pp. 125-140).
- Schuster, C., Stebner, F., Leutner, D., & Wirth, J. (2020). Transfer of metacognitive skills in self-regulated learning: an experimental training study. *Metacognition and Learning*(15), pp. 455-477. <https://doi.org/10.1007/s11409-020-09237-5>
- Schwippert, K. (2002). *Optimalklassen: mehrebenenanalytische Untersuchungen. Eine Analyse hierarchisch strukturierter Daten am Beispiel des Leseverständnisses*. Waxmann.
- Seaton, M., Parker, P., Marsh, H., Craven, R., & Yeung, A. S. (2014). The reciprocal relations between self-concept, motivation and achievement: Juxtaposing academic self-concept and achievement goal orientations for mathematics success. *34*(1), pp. 49-72. <https://doi.org/10.1080/01443410.2013.825232>
- Senchina, D. (2008). The Students Were Right All Along...Plants Really Are B.O.R.I.N.G. *Plant Science Bulletin*, *54*(2), pp. 50-55.
- Serdyukov, P. (2017). Innovation in education: what works, what doesn't, and what to do about it? *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, *10*(1), pp. 4-33. DOI: 10.1108/JRIT-10-2016-0007
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), pp. 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*, *57*(1), pp. 1-23
- Sikali, K. (2021). The dangers of social distancing: How COVID-19 can reshape our social experience. *Journal of community psychology*, *48*, pp. 2435-2438. DOI: 10.1002/jcop.22430
- Sliwka, A. (2012). Diversität als Chance und als Ressource in der Gestaltung wirksamer Lernprozesse. In K. Fereidooni, *Das interkulturelle Klassenzimmer. Perspektiven neuer deutscher Lehrkräfte auf den Bildungs- und Integrationsdiskurs* (pp. 169-176). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-94344-2>
- Sliwka, A., & Klopsch, B. (2020). Disruptive Innovation! Wie die Pandemie die "Grammatik der Schule" herausfordert und welche Chancen sich jetzt für eine "Schule ohne Wände" in der digitalen Wissensgesellschaft bieten. In D. Fickermann, & B. Edelstein, *"Langsam Vermisse ich Die Schule..."—Schule Während und nach der Corona-Pandemie* (pp. 216-229). Waxmann.

- Son, C., Hegde, S., Smith, A., Wang, X., & Sasangohar, F. (2020). Effects of COVID-19 on College Students' Mental Health in the United States: Interview Survey Study. *Journal of Medical Internet Research*, 22(9). doi: 10.2196/21279
- Spannagel, C. (2007). *Benutzungsprozesse beim Lernen und Lehren mit Computern*. Franzbecker.
- Specht, J., Egloff, B., & Schmukle, S. C. (2011). Stability and change of personality across the life course: The impact of age and major life events on mean-level and rank-order stability of the Big Five. *Journal of personality and social psychology*, pp. 862-882. <https://doi.org/10.1037/a0024950>
- Specht, J. (2017). *Personality Development Across the Lifespan*. Elsevier.
- Spitzer, M. (2012). *Digitale Demenz. Wie wir unsere Kinder um den Verstand bringen*. Droemer.
- Stalder, F. (2016). *Kultur der Digitalität*. Suhrkamp.
- Steinhorst, H. (2018). Lernen durch Anschauung. In A. Kaiser, & D. Pech, *Neuere Konzeptionen und Zielsetzungen im Sachunterricht* (p. 105). Schneider Verlag Hohengehren.
- Stieger, M., Wepfer, S., Rügger, D., Kowatsch, T., Roberts, B. W., & Allemand, M. (2020). Becoming More Conscientious or More Open to Experience? Effects of a Two-Week Smartphone-Based Intervention for Personality Change. *European Journal of Personality*(34), pp. 345-366. <https://doi.org/10.1002/per.2267>
- Stifterverband. (2021). *Vom Arbeiterkind zum Doktor*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.hochschulbildungsreport.de/2021/chancengerechte_bildung
- Stringer Keefe, E. (2020). Learning to Practice Digitally: Advancing Preservice Teachers' Preparation via Virtual Teaching and Coaching. *Journal of Technology and Teacher Education*, 28(2), pp. 223-232
- Sturm, T. (2018). Begriffliche Perspektiven auf Unterschiede und Ungleichheit im schulpädagogischen Diskurs — eine kritische Reflexion. In D. Rott, N. Zeuch, C. Fischer, E. Souvignier, & E. Terhart, *Dealing with Diversity: Innovative Lehrkonzepte in der Lehrer*Innenbildung zum Umgang Mit Heterogenität und Inklusion* (Vol. 6, pp. 15-28). Waxmann.
- Sutin, A. R., Luchetti, M., Aschwanden, D., Lee, J. H., Sesker, A. A., Strickhouser, J. E., Stephan, Y., Terracciano, A. (2020). Change in five-factor model personality traits during the acute phase of the coronavirus pandemic. *PLoS ONE*, 15, p. e0237056. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237056>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Measuring Cognitive Load. In *Cognitive Load Theory* (pp. 71-85). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2018). *Using Multivariate Statistics*. Pearson.
- Terhart, E. (2007). Was wissen wir über gute Lehrer? Ergebnisse aus der empirischen Lehrerforschung. *Friedrich Jahresheft*(25), pp. 20-24
- Tesser, A. (1988). Toward a self-evaluation maintenance model of social behavior. In *Advances in Experimental Social Psychology* (pp. 181-227). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)60227-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60227-0)
- Thompson, B. (1984). *Canonical Correlation Analysis: Uses and interpretation*. Sage Publications.
- Thorn, W., & Vincent-Lancrin, S. (2021). *Schooling During a Pandemic: The Experience and Outcomes of Schoolchildren During the First Round of COVID-19 Lockdowns*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.oecd-ilibrary.org/education/schooling-during-a-pandemic_1c78681e-en. <https://doi.org/10.1787/1c78681e-en>
- Thorvaldsen, S., & Madsen, S. S. (2021). Decoding the Digital Gap in Teacher Education: Three Perspectives across the Globe. In M. J. Hernández-Serrano, *Teacher Education in the 21st Century* (pp. 1-16). IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.96206

- Thurlings, M., Evers, A., & Vermeulen, M. (2015). Toward a Model of Explaining Teachers' Innovative Behavior: A Literature Review. *Review of Educational Research*(85), pp. 430-471. <https://doi.org/10.3102/0034654314557949>
- 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), pp. 134-144. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.009>
- Tran, V., & Voyer, B. (2015). Fostering innovation: An organisational perspective. *British Journal of Healthcare Management*, 21(3), pp. 141-145. <https://doi.org/10.12968/bjhc.2015.21.3.141>
- Trapmann, S., Hell, B., Hirn, J.-O., & Schuler, H. (2007). Meta-analysis of the relationship between the Big Five and academic success at university. *Zeitschrift für Psychologie/Journal of Psychology*, 215(2), pp. 132-151. DOI: 10.1027/0044-3409.215.2.132
- Traus, A., Höffken, K., Thomas, S., Mangold, K., & Schröer, W. (2020). *Stu.di.Co.—Studieren Digital in Zeiten von Corona*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:hil2-opus4-11578>. <https://doi.org/10.18442/150>
- Trempler, K., Schellenbach-Zell, J., & Gräsel, C. (2013). Der Einfluss der Motivation von Lehrpersonen auf den Transfer von Innovationen. In M. Rürup, & I. Bormann, *Innovationen im Bildungswesen. Analytische Zugänge und empirische Befunde* (pp. 330-347). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19701-2>
- Tunnicliffe, S. D. (2001). Talking about plants—comments of primary school groups looking at plant exhibits in a botanical garden. *Journal of Biological Education*, 36(1), pp. 27-34. <https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655792>
- Tunnicliffe, S. D., & Reiss, M. J. (2010). Building a model of the environment: How do children see plants? *Journal of Biological Education*, 34(4), pp. 172-177. <https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655714>
- UNESCO. (2021). *Inklusion und Bildung: Für Alle Heißt für Alle*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.unesco.de/sites/default/files/2020-06/weltbildungsbericht_2020_kurzfassung.pdf
- UNESCO, UNICEF, The World Bank, & OECD. (2021). *What's Next? Lessons on Education Recovery: Findings from a Survey of Ministries of Education Amid the COVID-19 Pandemic*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/lessons_on_education_recovery.pdf
- Valentine, J. C., DuBois, D. L., & Cooper, H. (2004). The Relation between Self-Beliefs and Academic Achievement: A Meta-Analytic Review. *Educational Psychologist*, 39(2), pp. 111-113. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3902_3
- van Ackeren, I., Aufenanger, S., Eickelmann, B., Friedrich, S., Kammerl, R., Knopf, J., & Scheika, H. (2019). Digitalisierung in der Lehrerbildung: Herausforderungen, Entwicklungsfelder und Förderung von Gesamtkonzepten. *DDS-Die Deutsche Schule*, 111(1), pp. 103-119
- van Ackeren, I., Endberg, M., & Locker-Grütjen, O. (2020). Chancenausgleich in der Corona-Krise: Die soziale Bildungsschere wieder schließen. *DDS - Die Deutsche Schule*, 112(2), pp. 245-248
- Vedel, A. (2016). Big Five personality group differences across academic majors: A systematic review. *Personality and Individual Differences*(92), pp. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.12.011>
- Vesely, O., Vild, O., & Stastny, J. (2014). *A Novel Approach for the Increase in Student's Learning Motivation*. [Konferenzbeitrag]. 10th International Scientific Conference on Distance Learning in Applied Informatics Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://ww>

- w.researchgate.net/publication/263772614_A_Novel_Approach_for_the_Increase_in_Student%27s_Learning_Motivation
- Voithofer, R., Nelson, M., Han, G., & Caines, A. (2019). Factors that influence TPACK adoption by teacher educators in the US. *Educational Technology Research and Development*(67), pp. 1427-1453. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09652-9>
- Waßmann, S. (2015). *Innovationsfähigkeit im demografischen Wandel: Entwicklung und Validierung des Assessment-Tools NovaDemo zur Erfassung der Innovationsfähigkeit von Einzelpersonen und Arbeitsgruppen*. [Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie]. DOI: 10.5445/IR/1000043656
- Wakefield, J. C. (1989). Levels of Explanation in Personality Theory. In D. M. Buss, & N. Cantor, *Personality Psychology: Recent Trends and Emerging Directions* (pp. 333-346). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-0634-4>
- Wandersee, J. H., & Schussler, E. E. (1999). Preventing plant blindness. *The American Biology Teacher*, 61(2), pp. 82-86. <https://doi.org/10.2307/4450624>
- Weishaupt, H. (2016). Inklusion als umfassende schulische Innovation: Streitbare Anmerkungen zu einer wichtigen Schulreform. In V. Moser, & B. Lütje-Klose, *Schulische Inklusion* (pp. 27-41). Beltz Juventa.
- Weitzel, H. (2004). Medien aus Bits & Bytes. *Unterricht Biologie*, 292(28), pp. 4-10
- Weitzel, H. (2013). Licht an - und "action". Mit Handyclips diagnostizieren und dokumentieren. *Unterricht Biologie*, 33(3), pp. 15-31
- Welter, V., Großschedl, J., & Schlüter, K. (2020). Biologie in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung: Perspektiven einer kompetenzorientierten Fachdidaktik. In C. Cramer, M. Drahm, J. König, M. Rothland, & S. Blömeke, *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (pp. 387-393). Klinkhardt/UTB.
- Welter, V. D., Welter, N. G., & Großschedl, J. (2021). Experience and health-related behavior in times of the corona crisis in Germany: An exploratory psychological survey considering the identification of compliance-enhancing strategies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 3, p. 933. DOI: 10.3390/ijerph18030933
- Weng, A., & Pfeiffer, A. (2016). "Lernen durch Lehren" in der Mathematik: Videotutorials und Apps im Praxistest. Abgerufen am 10. Mai 2022 von https://www.pedocs.de/frontdoor.php?source_opus=12264. <https://doi.org/10.25656/01:12264>
- West, M., & Vosloo, S. (2015). *Policy Guidelines for Mobile Learning*. UNESCO Publishing.
- Wirth, J., Thillmann, H., Künsting, J., Fischer, H. E., & Leutner, D. (2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(3), pp. 361-375. <https://doi.org/10.25656/01:4356>
- Wittpahl, V. (2017). *Digitalisierung. Bildung, Technik, Innovation*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-52854-9>
- Woods, S. A., Mustafa, M. J., Anderson, N., & Sayer, B. (2018). Innovative work behavior and personality traits: Examining the moderating effects of organizational tenure. *Journal of Managerial Psychology*(33), pp. 29-42. DOI: 10.1108/JMP-01-2017-0016
- Züchner, I., & Jäkel, H. R. (2021). Fernbeschulung während der COVID-19 bedingten Schulschließungen weiterführender Schulen: Analysen zum Gelingen aus Sicht von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(2), pp. 479-502. doi: 10.1007/s11618-021-01006-7
- Zancajo, A. (2020). *The Impact of the Covid-19 Pandemic on Education: Rapid Review of the Literature*. Abgerufen am 10. Mai 2022 von <https://www.thebritishacademy.ac.uk/publications/covid-decade-impact-of-the-pandemic-on-education/>
- Zierer, K. (2015). *Kernbotschaften aus John Hatties Visible Learning*. <https://www.thebritishacademy.ac.uk/publications/covid-decade-impact-of-the-pandemic-on-education/>

https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=c943ad48-df39-d2f1-aa54-80d5f432815a&groupId=252038

Zumbach, J. (2021). *Digitales Lehren und Lernen*. Kohlhammer.

Zylka, J. (2018). *Digitale Schulentwicklung: Das Praxisbuch für Schulleitung und Steuergruppen*. Beltz.

Danksagung

Die Entstehung einer Dissertation ist ein besonderer Prozess, der viele Veränderungen auslöst. Derartige Veränderungen nehme ich bezogen auf meinen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn zum Themenfeld der vorliegenden Dissertation wahr, sowie bezogen auf meine persönliche Entwicklung. Ein solch tiefgreifender Prozess lässt sich folglich nicht allein durchschreiten. An dieser Stelle möchte ich deshalb allen Menschen meinen großen Dank aussprechen, die mich auf diesem Weg unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt deshalb Frau Prof. Dr. Kirsten Schlüter, die es mir durch ihr Vertrauen, ihre Begleitung und Verständnis ermöglicht hat, im Rahmen meiner Abordnung diese Dissertation anzufertigen. Herr Prof. Dr. Jörg Großschedl danke ich für seine Bereitschaft, die Zweitbegutachtung im Rahmen meines Promotionsvorhabens zu übernehmen. Außerdem gilt mein Dank Frau Prof. Dr. Sandra Hofhues für die fachliche Beratung und hilfreichen Impulse, die mir immer eine große Hilfe waren.

Virginia Deborah Elaine Welter danke ich für die zahlreichen inspirierenden und klärenden Gespräche, die methodische Beratung und die ausgesprochen angenehme Zusammenarbeit, die durchgehend von Kooperativität und Wertschätzung geprägt war.

Dr. Gabriele Schwager-Büschges, die – gemeinsam mit ihrem Team – der Graduiertenschule für Lehrer*innenbildung der Universität zu Köln – unermüdlich ein beachtliches Ausmaß an Engagement aufbringt, um den Doktorierenden in allen Phasen ihrer jeweiligen Promotionsvorhaben treffsicher diejenigen individuellen Hilfestellungen zukommen zu lassen, die sie aktuell benötigen.

Dem Team des Instituts für Biologiedidaktik und hierbei in besonderem Maße Andrea Germund für die vielen praktischen Hinweise und die zwischenmenschliche Unterstützung in allen erdenklichen bewegenden beruflichen wie privaten Momenten.

Den Studierenden in meinen Veranstaltungen, die mich durch ihre kritischen Rückfragen und Neugier stets dazu inspiriert haben den schulpraktischen Fokus nicht aus den Augen zu verlieren.

Der Kölner Universitätsstiftung für die finanzielle Förderung des Drittmittelprojekts BIODIGILAB sowie den Studierenden des Departments für die Auszeichnung mit dem Albertus Magnus-Lehrpreis.

Abschließend möchte ich meine tiefe Dankbarkeit gegenüber den Mitgliedern meiner Familie und meines Freundeskreises aussprechen, die kontinuierlichen Einsatz gezeigt und ein beachtliches Maß an Flexibilität und nicht zuletzt Geduld aufgebracht haben, um mir auch in privater Hinsicht eine bestmögliche Umgebung zur zielstrebigem Verfolgung meines Promotionsvorhabens ermöglichten.

Erklärung zur Verfügung von Primärdaten

Primärdaten, welche den in der vorliegenden Dissertation vorgestellten Ergebnissen zugrunde liegen, wurden im Rahmen der Forschungsprojekte am Institut für Biologiedidaktik der Universität zu Köln von den jeweils für die Projekte verantwortlichen Mitarbeitenden archiviert. Auf entsprechende Anfrage können diese Primärdaten – mit Ausnahme personenbezogener Daten der Versuchspersonen – zwecks Analyse oder Replikation als digitale Datei zur Verfügung gestellt werden. Eine derartige Anfrage ist per E-Mail an nachfolgend genannte Ansprechpersonen zu richten:

Projekt 1 (Kap. 3.1): Virginia Welter
E-Mail: welter@leibniz-ipn.de

Projekt 2 (Kap. 3.2): Lars Emmerichs
E-Mail: lars.emmerichs@uni-koeln.de

Projekt 3 (Kap. 3.3): Lars Emmerichs
E-Mail: lars.emmerichs@uni-koeln.de

Bochum, 6. Juni 2022



Lars Emmerichs

Erklärung zur Dissertation

Gemäß der Promotionsordnung vom 12. März 2020

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig und ohne die Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel und Literatur angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Ich versichere an Eides statt, dass diese Dissertation noch keiner anderen Fakultät oder Universität zur Prüfung vorgelegen hat; dass sie - abgesehen von unten angegebenen Teilpublikationen und eingebundenen Artikeln und Manuskripten - noch nicht veröffentlicht worden ist sowie, dass ich eine Veröffentlichung der Dissertation vor Abschluss der Promotion nicht ohne Genehmigung des Promotionsausschusses vornehmen werde. Die Bestimmungen dieser Ordnung sind mir bekannt. Darüber hinaus erkläre ich hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten der Universität zu Köln gelesen und sie bei der Durchführung der Dissertation zugrundeliegenden Arbeiten und der schriftlich verfassten Dissertation beachtet habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen. Ich versichere, dass die eingereichte elektronische Fassung der eingereichten Druckfassung vollständig entspricht.

Teilpublikationen:

- [1] Welter, V.D.E.[†], Emmerichs, L.[†], Schlüter, K. (2022a). *What do the Relationships between Biology Teacher Students' Personality and Professional Knowledge reveal about their Innovativeness? — An Exploratory Study using Canonical Correlation Analysis*. [Manuskript eingereicht zur Publikation]. Institut für Biologiedidaktik, Universität zu Köln.
- [2] Emmerichs, L., Welter, V.D.E.[†], Schlüter, K. (2021a). University Teacher Students' Learning in times of COVID-19. *Education Sciences*, 11(12), 776. <https://doi.org/10.3390/educsci11120776>

- [3] Emmerichs, L., Mohneke, M., Hofhues, S., Schlüter, K. (2022b). Digital First? Effects of Digital and Analogue Learning Tools on the Plant Knowledge Acquisition of Future Biology Teachers. In K. Korfiatis, M. Grace (Hrsg.), *Current Research in Biology Education: Contributions from Biology Education Research* (S. 99-110). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89480-1_8
- [4] Emmerichs, L., Welter, V.D.E., Schlüter, K. (2021b). *Effekte kognitiver und metakognitiver Prompts im digital aufbereiteten Botanikunterricht* [Posterpräsentation]. 23. Internationale Konferenz der Fachsektion Didaktik der Biologie im Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland e.V. (VBIO), virtuelle Konferenz, Deutschland.

Bochum, 6. Juni 2022



Lars Emmerichs

Anhang

Anhang A: Teilpublikation 1

Anhang B: Teilpublikation 2

Anhang C: Teilpublikation 3

Anhang D: Teilpublikation 4

Anhang A

Teilpublikation 1

Welter, V.D.E.[†], Emmerichs, L.[†], Schlüter, K. (2022a). *What do the Relationships between Biology Teacher Students' Personality and Professional Knowledge reveal about their Innovativeness? — An Exploratory Study using Canonical Correlation Analysis*. [Manuskript eingereicht zur Publikation]. Institut für Biologiedidaktik, Universität zu Köln.

Article

What do the Relationships between Pre-service Biology Teachers' Personality and Professional Knowledge Reveal about Their Innovativeness? – An Exploratory Study Using Canonical Correlation Analysis

Abstract: Already in 2016, the German educational policy adopted the Education in the Digital World strategy, recommending that all teachers should become experts in using media. However, despite this initiative regarding the promotion of innovative forms of teaching using digital media, most teachers did not feel optimally prepared to successfully cope with the demands of implementing e-learning during the COVID-19 pandemic. Most empirical studies on potential barriers to innovation pertain to comparatively easy changeable environmental factors, whereas only a few studies have focused on teachers as an individual factor so far. Since several organizational psychological studies on the relationships between innovativeness and personality traits in professional contexts identified the personality trait of openness to experience to be particularly influential on employees' innovative behavior, our study aimed to explore whether comparable results can also be found in the educational context. Therefore, we conducted a cross-sectional survey ($n = 201$) to analyze to what extent the Big Five personality traits are related to pre-service teachers' self-concept of professional knowledge and, in particular, its digitization-related domains. The results of our canonical correlation analysis show that the two personality traits of openness to experience and conscientiousness appear to be significantly related to the overall professional knowledge of our sample. Furthermore, a dominant affinity for technology seems to be associable with the risk of lower values on personality traits that are regarded to be pedagogically relevant. However, we found that our canonical model could also get along with fewer variables since the actual digitization-related teaching skills were not sufficiently reflected by the canonical solution but were rather caught up in the domain of pedagogical content knowledge. Interpretations of these findings as well as practical implications are discussed.

Keywords: pre-service teachers; innovativeness; Big Five personality traits; self-concept of professional knowledge; digitization-related skills; canonical correlation analysis

1. Introduction

Digitization is considered a paradigmatic field of innovation [1–4]. The extent to which digital technologies are assimilated or accepted as innovations and finally can be used profitably, depends on both material conditions (e.g., a sufficient infrastructure) and personal factors on part of the users. Besides, for example, basic IT operation skills, a reflected use also requires an awareness of the mechanisms and potentials of digital technologies as well as the willingness to deal with ongoing technological progress [2]. Thus, it becomes understandable that a profitable use of digital technologies often requires extensive learning and competence development [5–7].

The whole extent to which private and professional life is shaped and claimed or could be facilitated by digital technologies was impressively revealed during the COVID-19 pandemic: Many employees worked from home, e-commerce became common standard, meetings, conferences, trade fairs, concerts, church services, and much more temporarily took place online in many countries [8]. Especially the education system was challenged by the public expectation to maintain school and university education by quickly shifting regular on-site teaching to e-learning offers [9]. Already in 2016, the German

educational policy adopted the Education in the Digital World strategy, recommending that all teachers should become “media experts” (p. 24) regarding teaching and learning in their respective teaching subjects [10]. However, despite this initiative regarding the promotion of innovative forms of teaching using digital media, three years later most teachers did not feel optimally prepared to successfully cope with the abrupt demands of implementing COVID-19-related e-learning [11,12]. What has been carried out (comparatively spontaneously and unprepared) in this regard, including its functionality for teachers, students, and their teaching and learning success, is a matter of current deficit analyses at various levels [9,13–16].

On the one hand, potential barriers to innovation can certainly be attributed to structural conditions, i.e., environmental factors such as social and political structures, technical infrastructure, or the school itself and its organizational specifics [17]. On the other hand, these barriers seem also being related to personal conditions, i.e., individual factors on part of the (aspiring) teachers, including aspects of their professional competence as well as personality traits [17–19]. Most empirical studies on this issue pertain to the first-mentioned (comparatively easy changeable) environmental factors in order to efficiently derive measures for school development [20]. In contrast, only a few studies have systematically focused on teachers as an individual factor so far, although the identification of relevant personal characteristics influencing innovative behavior seems crucial as well [21–23]. For example, the challenge of digital change requires a specific individual willingness and ability to both adapt to changed options for action and actively support, as well as, if necessary, help shape innovations [6,7].

1.1. Teachers’ Professional Knowledge and Digitization-Related Skills

In order to shift the increasingly important field of digital teaching and learning away from a kind of implicitness towards an appropriate integration into the skills profile of teachers, Mishra and Koehler [24] proposed their Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) model. Basically, TPACK is an extension of Shulman’s [25,26] well-known classification of teachers’ professional knowledge, stating pedagogical content knowledge (PCK) to be the teacher’s ability to make subject matter knowledge understandable for learners by considering their individual characteristics, such as interests or prior knowledge. Thus, PCK includes, for example, knowledge about difficulties of learners, about common misconceptions, or about the appropriateness of using certain concepts, pictorial representations, examples, analogies, and metaphors when teaching a specific topic. This combination of teachers’ subject-related content knowledge (CK) and elements of cross-disciplinary pedagogical knowledge (PK) constitutes PCK as an independent domain of professional knowledge [27,28], that relates to a teacher’s ability to facilitate the learners’ meaningful learning of a respective subject [25,26]. According to this PCK construct in terms of Shulman [25,26], TPACK is also regarded as an independent domain of teacher knowledge that, however, relates to the successful integration of subject-specific content, pedagogical aspects, and technological expertise [29–31] (see Figure 1).

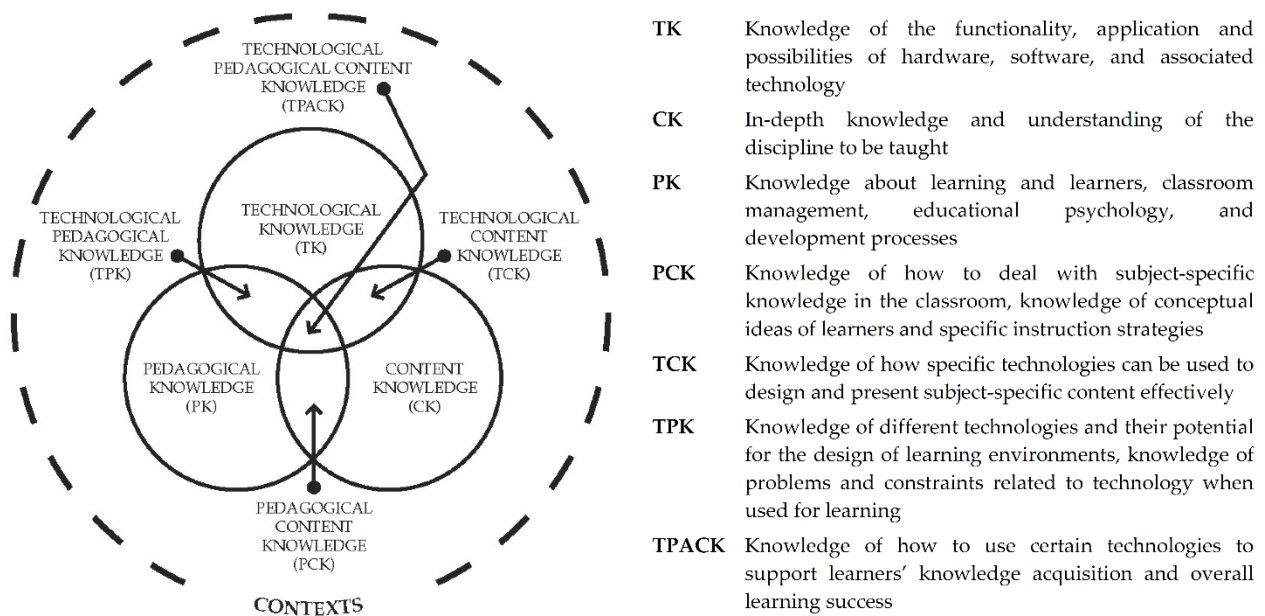


Figure 1. Domains of knowledge considered in the TPACK model [24].

Most of the recent conceptualizations and initiatives of educational policy cover the TPACK model's domains, but some of them even go beyond Mishra and Koehler's [24] framework. For example, the European Framework for the Digital Competence of Educators (DigCompEdu) [32] additionally specifies aspects such as organizational communication, formative evaluation of digital teaching and learning, or promotion of learners' digital competence, as these are regarded to significantly complement successful teaching and learning using digital technology [32,33].

1.2. Personality in Research on Teachers' Professional Competence

In accordance with current models of teachers' professional competence [19], the cognition-related knowledge base (CK, PK, PCK, etc.) is regarded to be supplemented by further motivational and attitude-related aspects of competence, such as self-efficacy, enthusiasm for teaching, or epistemological beliefs. Besides, variables that can be attributed to a narrower dimension of personality are also gaining in importance in research on teachers' professional competence [21,34–37]. However, such a consideration of personality traits in teachers' skills profiles does no longer relate to the search for the ideal, charismatic teacher [38,39] but, for example, addresses the empirical finding that good self-regulation skills are decisive resources for coping with professional demands and achieving high teaching quality [40].

Personality traits belong to the field of differential and personality psychology, which investigates intraindividual characteristics in peoples' experience and behavior as well as related interindividual differences. Corresponding descriptions, explanations, and predictions of personality-related phenomena are predominantly based on the trait theory since the trait concept allows for more general statements than those that only refer to idiosyncratic behavior in specific situations. Accordingly, the trait theory regards a personality trait as a person's disposition or willingness to behave in a characteristic way when being confronted with comparable classes of situations. Thus, personality traits include comparably stable interindividual differences in temperament, motives, interests, beliefs, attitudes, values, and general mental state [41–43].

Following the well-established Big Five model of personality, everyone can be characterized on a total of five cross-culturally replicable dimensions [44,45]:

1. Neuroticism (anxiety, irritability, depression, social bias, impulsiveness, vulnerability);

2. Extraversion (cordiality, sociability, assertiveness, activity, love of adventure, cheerfulness);
3. Openness to experience (imagination, curiosity, interest in aesthetics such as art, music, and poetry, preference for variety instead of routine);
4. Agreeableness (faithfulness, cooperativity, altruism, modesty, kindness);
5. Conscientiousness (tidiness, sense of duty, need for achievement, self-discipline, considerateness).

Despite their replicability and cross-cultural stability, the Big Five (in contrast to constructs such as self-regulation or enthusiasm for teaching) have so far only been rarely considered in research on teachers' professional competence [46]. For example, Kim et al. [47] conducted a comprehensive meta-analysis of 25 studies on the relationships between teachers' Big Five personality traits and the two job-related outcomes of teacher effectiveness and teacher burnout. Whereas the authors found the Big Five domains of emotional stability (i.e., low neuroticism), extraversion, openness to experience, and conscientiousness to be positively related to teacher effectiveness, the outcome of teacher burnout appeared to be negatively associated with emotional stability, extraversion, and conscientiousness. Furthermore, in their longitudinal study over 10 years, Roloff et al. [48] investigated the predictive validity of more than 3,000 students' personality, cognitive skills, and academic abilities at the end of high school on their later instructional quality after finishing teacher training. Complementing Kim et al.'s [47] results, Roloff et al. [48] found especially agreeableness to be predictive for teachers' abilities in creating a supportive social environment for their students. Moreover, in a study focusing on mathematics teachers, Baier et al. [49] investigated the predictive validity of teacher characteristics (cognitive ability, personality, professional knowledge, beliefs about teaching, and enthusiasm for teaching) on their instructional quality (learning support, classroom disruptions, and cognitive activation), rated by their students. Regardless of other significant predictor variables, they found extraversion to be positively associated to learning support whereas conscientiousness turned out to be significant regarding classroom discipline. In addition, in their study on associations between personality traits and beginning teacher performance as well as career continuance, Bastian et al. [50] found conscientiousness to be significantly related to higher teacher value-added estimates, higher evaluation ratings, and higher retention rates of first-year public school teachers.

Regardless these interesting findings, however, most other studies on teachers' professional competence do not take the Big Five into account. One reason for this may be the widely held belief that personality traits are rather stable over time, thus difficult to change, and therefore of little practical relevance [38]. However, regarding the question of alterability, *relative* stability is indeed a theoretically and pragmatically decisive parameter of personality, but, at the same time, this relativity offers possibilities for further, even intentional change [51–54]. Since coaching and/or personality development offers have been successfully taken up in several professional fields for many years [55–57], it seems reasonable to explore whether and to what extent there are corresponding action-oriented starting points within the framework of teacher education.

1.3. Relationships between Personality Traits and Innovativeness

The relationships between personality traits and innovativeness have so far mainly been addressed by organizational psychological research within the economic context, so study participants have typically been considered in sectors other than education. Some of these studies could, for example, show that high levels of personal competence such as communication skills, personal responsibility, perseverance, creativity, flexibility, and curiosity are positively associated with the willingness of employees to use new products, procedures, or services and deal successfully with them [58–64].

Regarding the specific relationships between innovativeness and Big Five personality traits, there is a heterogeneous picture of findings, which is most likely caused by both

differences in research methods and a dependence of the relationships on the respective job sector [62]. For example, Hsieh et al. [65] found openness to experience, extraversion, and conscientiousness to particularly influence innovative behavior among Taiwanese biotech employees, whereas Chen et al. [66] found significant effects of openness to experience, extraversion, and agreeableness (instead of conscientiousness) on innovative behavior of employees in Taiwan's maritime tourism sector when developing and selling ideas. In contrast, based on her analysis of data from hotel employees in Amsterdam, Baks [67] summarizes that both high levels of openness to experience and low levels of neuroticism are the most decisive predictors of innovative behavior, whereas Munir and Beh [68] found only openness to experience significantly associated with innovative behavior of employees of a Malaysian automotive supplier. Furthermore, Woods et al. [69] found that the duration of employment of employees of a British finance company positively moderated the influence of openness to experience on the development of ideas, i.e., the more pronounced openness to experience and the longer the duration of employment, the more innovative ideas were developed. In addition, they found that the duration of employment negatively moderated the influence of conscientiousness on the development of ideas, i.e., the more pronounced conscientiousness and the longer the duration of employment, the fewer innovative ideas were developed. These results demonstrate that, besides differential effects of research methodology and the respective job sector, other moderating factors must also be taken into account when looking at the relationships between the Big Five and innovativeness. In this respect, Waßmann [64] presented very differentiated effects regarding his 4-cluster solution for describing the innovation type of employees considering seven innovativeness-related aspects: (1.) creativity, (2.) absence of mental blocks, (3.) social competence, (4.) need for achievement, (5.) methodical competence, (6.) ability to cooperate, and (7.) communication skills. For example, one cluster (low innovativeness) is characterized by above-average neuroticism scores along with below-average extraversion scores, and average scores on the remaining three Big Five dimensions. Another cluster (high innovativeness) is composed of below-average values for neuroticism but above-average values for all other Big Five dimensions. In particular, openness to experience is above average in the two clusters that are most closely associated with innovativeness.

In summary, research to date presents a large number of fragmentary results, some of which are complex to interpret. Nevertheless, this heterogeneous picture offers a repetitive quintessence: Especially the Big Five factor of openness to experience consistently turned out to be particularly influential on employees' innovative behavior [62].

1.4. Research Question

In our study, we take up these empirical findings on the relationships between innovativeness and personality traits in professional contexts. Since authors of several studies [47–50] have already pointed out that neither the experiential framework nor the professional demands in organizations other than schools can per se be considered equivalent or comparable to those of the teaching profession, we want to investigate whether comparable results can also be found in the educational context of university teacher training. Since the field of digital teaching and learning is regarded paradigmatic for the construct of innovation in education [70–73], we chose pre-service teachers' digitization-related skills as appropriate operationalization of innovativeness (see section 2.1). Specifically, we ask the following research question: To what extent are the Big Five, perhaps also beyond openness to experience, related to pre-service teachers' self-concept of professional knowledge and, in particular, its digitization-related domains? Answering this question may allow deriving recommendations regarding didactical approaches or training elements focusing on personality development to qualify aspiring teachers, as it were, for acting as 'agents of change' during their professional careers.

2. Materials and Methods

In the period from 2018 to 2021, we repeatedly conducted cross-sectional surveys of several (basically comparable) cohorts of pre-service teachers. These surveys always took place as part of the same courses of the Institute of Biology Education at our university, which were offered one time per academic year and should be completed by each student at a defined point in his or her teacher education program (nonrecurring participation). With this study, we originally wanted to not only answer the question about existing relationships between personality traits and innovativeness but also to check whether both these connections and the scores achieved on the respective constructs vary between the different cohorts over time (e.g., systematically towards higher or lower values). However, COVID-19's unpredictable outbreak frustrated our plans by dramatically altering both pre-service teachers' personal situation and university learning [8,74–80]. This made it impossible for us to validly compare data collected before March 2020 with data collected after. We, therefore, decided to use the collected data in two ways: On the one hand, we used the overall collected data ($N = 395$) in a previous study report that specifically focused on COVID-19-associated changes in pre-service teachers' self-concept of professional knowledge [15]. On the other hand, we would now like to refer only to that part of the total data ($n = 201$) which has been collected prior to the COVID-19 pandemic (in the period from 2018 to 2019). These data, however, do not allow anymore for considering possible variations in the constructs or their relationships over time, but they do allow us to answer the general question about the relationships between pre-service teachers' personality traits and innovativeness.

Approximately 77% of the $n = 201$ pre-service biology teachers were female, 22% were male, and 1% was non-binary gender. On average, the participants were 22.38 ($SD = 2.58$) years old and had already completed slightly more than half of their undergraduate studies. All of them were asked to complete an online questionnaire covering both their self-concept of professional knowledge, including digitization-related skills, and the Big Five personality traits. For this purpose, we used the Qualtrics Survey software (SAP America, Newtown Township, PA, USA) [81].

2.1. Questionnaires

The Big Five personality traits were assessed using the German version of the NEO Five-Factor Inventory (NEO-FFI) [82], comprising self-assessments on five 12-item scales. These 60 items should be rated each on a 5-point Likert scale (0 = *strongly disagree* to 4 = *strongly agree*). The NEO-FFI's objectivity, factorial structure, and validity are supported by previous findings [82,83]. The homogeneity of the five subscales ranged between $\alpha = .72$ and $.85$ in our sample.

To assess the pre-service teachers' self-concept of professional knowledge, including digitization-related skills, we used a questionnaire by Schmidt et al. [84], whose items relate to the seven dimensions of the TPACK model (see Figure 1). A previous validation study confirmed the instrument's objectivity, factorial structure, and validity [84]. In our study, we adopted the TK, PK, and TPK subscales without any changes, whereas items for the assessments of the remaining subject-specific dimensions (CK, PCK, TCK, and TPACK) were specifically adapted for the subject of biology (by replacing the original subjects of "mathematics", "social studies", "science", and "literacy" by those areas our pre-service biology teachers were familiar with: "botany", "zoology", and "human biology"). The final version of our questionnaire comprised overall 40 items, which should be rated each on a 7-point Likert scale (1 = *strongly disagree* to 7 = *strongly agree*). The homogeneity of the seven subscales ranged between $\alpha = .77$ and $.89$ in our sample.

2.2. Statistical Methods

To answer the question of the relationships between the pre-service teachers' Big Five personality traits and their self-concept of professional knowledge, including digitization-related skills, we conducted a canonical correlation analysis (CCA) using IBM SPSS

Statistics 28 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) [85]. In contrast to the standard Pearson correlation coefficient r , which measures the extent to which two single variables are related, a CCA is a multivariate procedure, determining the relationship between two sets of variables.

First of all, we checked our data for meeting the assumptions of CCA:

1. CCA requires a large sample size to avoid Type II errors when generating the model [86,87]. In cases of large effects (canonical correlations $> .70$), $n = 50$ is considered to be sufficient, whereas medium or small effects require at least 10 to 20 times as many cases as variables in the analysis [88,89]. Since we included 12 variables in our CCA, we regarded our sample size of $n = 201$ to be adequate.
2. CCA assumes linear relations among the variables [87,88], so we screened the scatter plots of each pair of variables for non-linear patterns. However, since we did not find any curvilinear patterns, we considered the linearity assumption to be sufficiently met.
3. CCA works best when the relationships between the variables considered are homoscedastic [87]. We controlled for heteroscedasticity by ascertaining that the residual plots of any pairs of variables within and between the two sets show random patterns.
4. Multicollinearity among a set's variables can compromise a CCA's ability to estimate reliable weights of any single variable within this set [86]. Therefore, we calculated the variance inflation factor (VIF) for each set of variables, separately. In general, a VIF of 1 indicates the absence of multicollinearity, whereas VIFs > 1 indicate existing correlations among variables of a set [90]. There are no clear criteria to certainly decide that a VIF is too large: Whereas most authors recommend eliminating variables whose VIF is > 10 , some others prefer a very conservative level of VIF > 2.5 , especially for weak models [91,92]. In our study, the NEO-FFI set's variables' VIFs ranged from 1.00 to 1.36, and those of the TPACK set's variables ranged from 1.45 to 2.69 (with only one VIF > 2.5). Thus, we could rule out problems with multicollinearity almost certainly.
5. Although a CCA does not assume any special distribution for estimating the model, the associated significance tests require multivariate normal distribution of the variables. We checked this by running a Henze-Zirkler test, using the R package "mvn" [93]. Since this test rejected the multivariate normal distribution of our variables, we explored every single variable's distribution, considering skewness and kurtosis parameters. This exploration showed that 10 of the 12 variables related to skewness and kurtosis parameters that did not significantly exceed $|1.0|$ (most of them ranged close to 0), which indicated at least rough fits of the bell curve [87]. For the remaining two variables (PK and TPK of the TPACK set), the skewness parameters were also within an acceptable range, but the kurtosis was around $|2.0|$ in the case of PK, and around $|1.6|$ in the case of TPK. These two deviations plausibly explain why the Henze-Zirkler test rejected the multivariate normal distribution. However, since CCA results are usually quite robust if a sufficient sample size has been reached [94,95], we decided to run the CCA despite these violations. Furthermore, in making this decision, it was also important to weigh up the alternative: Whereas CCA allows for both preventing alpha-error accumulation and considering interdependencies between variables that belong to one set, the calculation of all possible bivariate correlations between the variables does not, possibly leading to even more unreliable results of significance tests [87,96–98].

To prepare our CCA, we built two sets of variables (see Table 1): The first one included the five z -standardized subscale scores of the NEO-FFI questionnaire [82], the second one included the seven z -standardized subscale scores of the TPACK questionnaire [84].

Table 1. Overview of the variables' assignments to the two CCA sets.

Set X (NEO-FFI subscales)	Set Y (TPACK subscales)
Neuroticism (x_1)	TK (y_1)
Extraversion (x_2)	CK (y_2)
Openness (x_3)	PK (y_3)
Agreeableness (x_4)	PCK (y_4)
Conscientiousness (x_5)	TCK (y_5)
	TPK (y_6)
	TPACK (y_7)

Annotation. TK = technological knowledge; CK = content knowledge; PK = pedagogical knowledge; PCK = pedagogical content knowledge; TCK = technological content knowledge; TPK = technological pedagogical knowledge; TPACK = technological pedagogical content knowledge.

To clarify the relationships between sets of variables using CCA, each set's variables are assigned canonical weights β_{ij} to generate an optimal linear combination within every set [97]. The criterion for optimality here is a maximization of the canonical correlation R_c between the resulting two canonical variates X^* and Y^* . Thus, the basic model in our study can be described as:

$$X^* = \beta_{x_1} \cdot x_1 + \beta_{x_2} \cdot x_2 + \beta_{x_3} \cdot x_3 + \beta_{x_4} \cdot x_4 + \beta_{x_5} \cdot x_5$$

$$Y^* = \beta_{y_1} \cdot y_1 + \beta_{y_2} \cdot y_2 + \beta_{y_3} \cdot y_3 + \beta_{y_4} \cdot y_4 + \beta_{y_5} \cdot y_5 + \beta_{y_6} \cdot y_6 + \beta_{y_7} \cdot y_7$$

The canonical correlation R_c between the two variates X^* and Y^* corresponds to the usual bivariate Pearson correlation coefficient ($0 \leq R_c \leq 1.0$). Accordingly, R_c^2 is a measure of the shared variance of X^* and Y^* [96,98–102].

The maximum number of predictable canonical correlations corresponds to the number of variables in the smaller set. These possible canonical correlations are obtained successively by the CCA algorithm: After the first maximum canonical correlation R_{c_1} of the first two canonical variates X_1^* and Y_1^* is calculated, $R_{c_1}^2$ reflects the shared variance in this first canonical correlation. However, after this procedure, there may be a significant amount of residual variance between the two sets of variables. In this case, a second pair of variates (X_2^* and Y_2^*) is constructed. As X_2^* and Y_2^* are built orthogonal to X_1^* and Y_1^* , the resulting $R_{c_2}^2$ explains maximum residual variance of the first-generation variates. If, after the second canonical correlation, there is still remaining residual variance to be explained, a third pair of variates (X_3^* and Y_3^*) is constructed and correlated with each other, and so on [96,98–102].

For the sake of simplicity, further explanations on specific CCA indices and the informative value of canonical solutions are taken up in the following results section.

3. Results

To get an initial overview of the data structure, we first determined relevant descriptive measures of the set variables considered as well as all pairwise bivariate correlations between them (see section 3.1). Afterward, we conducted the CCA whose results are reported in section 3.2.

3.1. Descriptive Statistics and Bivariate Pearson Correlations

Regarding the Big Five personality traits, descriptive statistics (see Table 2) show that the pre-service teachers on average achieved the highest scores on the dimensions of agreeableness ($M = 34.04$, $SD = 5.65$) and conscientiousness ($M = 32.63$, $SD = 6.13$). In contrast, neuroticism was by far the least expressed, but shows the largest variability ($M = 20.42$, $SD = 7.62$). With regard to the self-concept of professional knowledge, including

digitization-related skills, a very homogeneous response pattern of exclusively medium (= *neutral*) to slightly positive assessments resulted on all seven scales.

Table 2. Means and standard deviations of variables belonging to the Big Five personality and the TPACK model.

Construct(s)	Variable	M	SD
Big Five personality traits	Neuroticism	20.42	7.62
	Extraversion	29.79	5.80
	Openness	28.62	5.85
	Agreeableness	34.04	5.65
	Conscientiousness	32.63	6.13
Self-concept of professional knowledge, including digitization-related skills	TK	4.27	1.21
	CK	4.63	0.82
	PK	5.19	0.85
	PCK	4.99	0.90
	TCK	4.56	1.16
	TPK	5.01	0.90
	TPACK	4.78	1.01

Annotation. TK = technological knowledge; CK = content knowledge; PK = pedagogical knowledge; PCK = pedagogical content knowledge; TCK = technological content knowledge; TPK = technological pedagogical knowledge; TPACK = technological pedagogical content knowledge.

The bivariate correlation analysis (see Table 3) revealed only a few significant correlations among the Big Five variables, whereas those of the TPACK model showed many moderate and sometimes high correlations among each other. However, we still did not assume a significant multicollinearity problem (see section 2.2), since such a problem only seems likely in case of correlations of $r \geq .80$ [103]. Regarding the correlations between the Big Five and the TPACK variables, we found positive relationships between conscientiousness and all TPACK scales except TK and TCK, as well as between openness for experience and TK, CK, and PCK. On the other hand, negative correlations resulted for neuroticism and TPK as well as for agreeableness and TK. Overall, however, the significant bivariate intercorrelations turned out to be predominantly small in reaching values between $r = |.16|$ and $|.31|$.

Table 3. Bivariate Person correlations of variables belonging to the Big Five personality and the TPACK model.

	N	E	O	A	C	TK	CK	PK	PCK	TCK	TPK	TPACK
N	—											
E	−.41***	—										
O	−.03	.04	—									
A	−.09	.32***	.05	—								
C	−.24***	.23**	−.02	.17*	—							
TK	−.12	−.12	.21**	−.20**	−.05	—						
CK	−.10	.06	.29***	.04	.31***	.30***	—					
PK	−.05	.07	.08	.07	.21**	.11	.39***	—				
PCK	−.11	.05	.17*	−.07	.23**	.10	.51***	.56***	—			
TCK	−.01	−.08	.14	−.03	.10	.38***	.30***	.40***	.44***	—		
TPK	−.16*	.00	.12	.04	.19**	.43***	.47***	.64***	.52***	.58***	—	
TPACK	−.05	−.10	.10	−.05	.21**	.31***	.51***	.49***	.60***	.56***	.60***	—

Annotation. N = neuroticism; E = extraversion; O = openness to experience; A = agreeableness; C = conscientiousness; TK = technological knowledge; CK = content knowledge; PK = pedagogical knowledge; PCK = pedagogical content knowledge; TCK = technological content knowledge; TPK = technological pedagogical knowledge; TPACK = technological pedagogical content knowledge; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

3.2. Canonical Correlation Analysis

The starting point for the evaluation of a canonical solution is the rejection of the null hypothesis that there is no relationship between two sets of variables, i.e., the variates X^* and Y^* [97]. With $\lambda_{Wilks'} = .61$, our CCA showed a significant result for the overall model, which comprised a total of five canonical functions. This corresponds to an overall variance explanation of $R_c^2 = 1 - \lambda_{Wilks'} = .39$ (= 39%) by the five successive pairs of canonical variates. Considering the set sizes in our study of five and seven variables, this R_c^2 value relates to a medium effect size of $f^2 = .13$ [104] for the overall model.

The next step was to decide which of the five canonical functions explain a significant amount of variance. The results of the dimension reduction analysis (see Table 4) revealed that only the first two canonical functions reached this level of statistical significance, which is also reflected in their eigenvalues when comparing them to those of the remaining canonical functions. Whereas the first canonical function corresponded to a medium canonical correlation of $R_{C_1} = .44$ ($R_{C_1}^2 = .20$), the second one related to a medium canonical correlation of $R_{C_2} = .39$ ($R_{C_2}^2 = .15$). The remaining three canonical functions explained less than 10% of the variance, which is usually regarded to be the threshold of relevance [87].

Table 4. Results of the dimension reduction analysis.

Canonical function	R_c	Eigenvalue	F-Test	p
1	.44	.24	$F(35,797.48) = 2.82$	< .001
2	.39	.18	$F(24,664.04) = 2.25$	< .001
3	.22	.05	$F(15,527.67) = 1.37$.16
4	.19	.04	$F(8,384.00) = 1.34$.22
5	.14	.02	$F(3,193.00) = 1.25$.29

Annotation. R_c = canonical correlation.

To clarify the crucial question about the contribution of each variable of the two sets for these two canonical functions (i.e., the relationships between a set's variables and canonical variates), different parameters can be used (see Table 5).

Table 5. Standardized weights, structure coefficients, and communalities of the CCA set variables.

Construct(s)	Variable	h^2	Canonical function 1		Canonical function 2	
			$R_{C_1} = .44$		$R_{C_2} = .39$	
			$R_{C_1}^2 = .20$		$R_{C_2}^2 = .15$	
			β	r_s	β	r_s
Big Five personality traits	Neuroticism	0.12	-0.14	-.28	-0.46	-.20
	Extraversion	0.12	-0.07	.10	-0.21	-.34
	Openness	0.56	0.74	.71	0.24	.23
	Agreeableness	0.57	-0.22	-.08	-0.64	-.75
	Conscientiousness	0.73	0.67	.63	-0.52	-.57
Self-concept of professional knowledge, including digitization-related skills	TK	0.73	0.19	.43	1.05	.74
	CK	0.96	0.80	.96	-0.49	-.21
	PK	0.29	-0.05	.42	-0.31	-.33
	PCK	0.46	0.34	.68	0.55	.01
	TCK	0.17	0.05	.41	-0.11	.06
	TPK	0.27	-0.06	.52	-0.28	-.07
	TPACK	0.30	-0.09	.55	-0.06	-.03

Annotation. R_c = canonical correlation; R_c^2 = explained variance by canonical correlation; h^2 = communality; β = standardized canonical weight; r_s = canonical structure coefficient; TK = technological knowledge; CK = content knowledge; PK =

pedagogical knowledge; PCK = pedagogical content knowledge; TCK = technological content knowledge; TPK = technological pedagogical knowledge; TPACK = technological pedagogical content knowledge.

Table 5 shows that for each of the two sets of variables there is a unique set of standardized canonical weights β_{ij} per canonical function, i.e., for each pair of variates (see equations 1.1 and 1.2). As we only considered the first two (statistically significant) canonical functions (see Table 4), we accordingly needed to interpret two sets of canonical weights β_{ij} per set of variables. Basically, these canonical weights β_{ij} reflect the individual contributions of a set's variables to a respective canonical variate. However, canonical weights are influenced by interrelations between the variables of a set [97]. In contrast, canonical structure coefficients r_s are independent of such interrelations between the variables of a set. The structure coefficient r_s represents the loading of a set's variable on its canonical variate and is regarded to be relevant in cases of $r_s \geq |.32|$, since above this value the explained variance (r_s^2) between variable and variate exceeds 10% [105]. To interpret the variates meaningfully, both the loadings r_s and the canonical weights β_{ij} should be considered. However, it is important to note that their values can relate to each other concurrently or inversely, i.e., r_s and β_{ij} can either be both high or both low, or high loadings r_s can correspond to low canonical weights β_{ij} and vice versa. The latter case would be a reason to reexamine the data more closely for either collinearity or suppression effects (for a deeper discussion, see [96]).

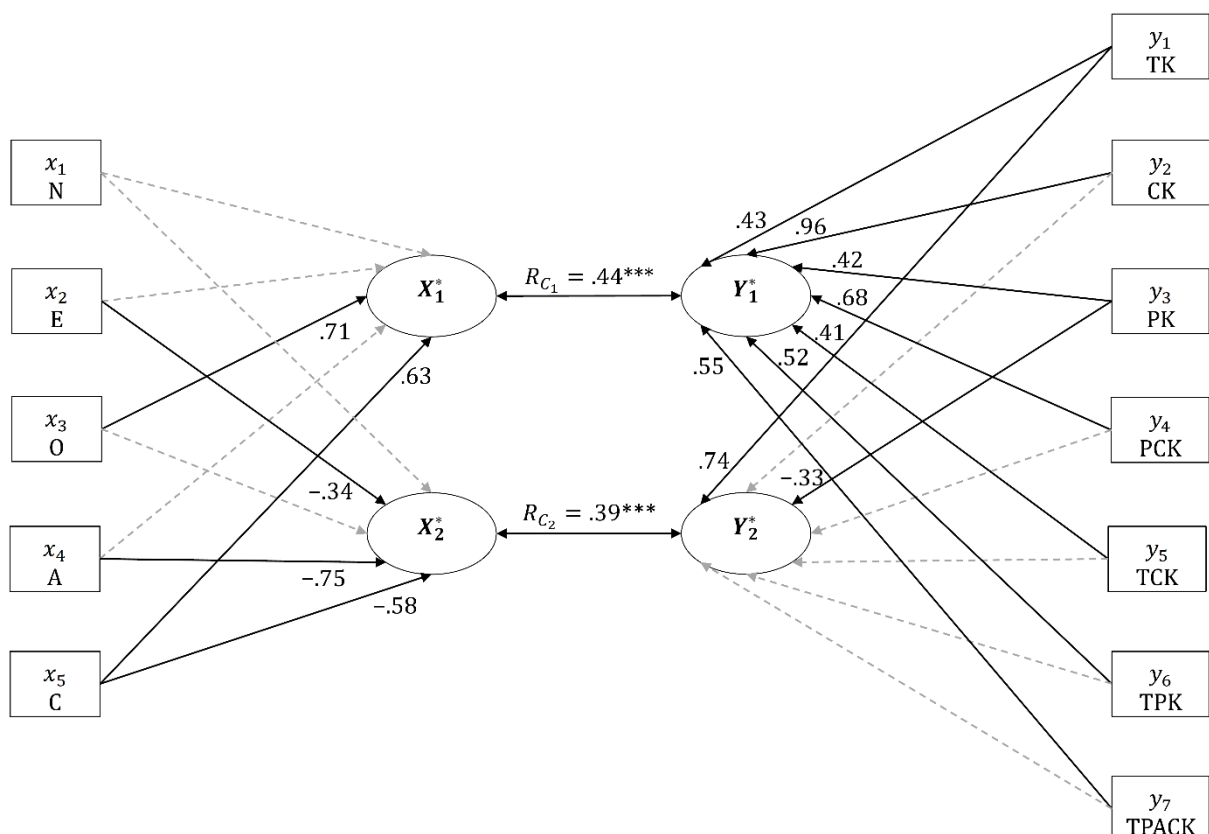
A closer look at the canonical weights β_{ij} of the Big Five personality traits (set X) regarding the first canonical function revealed that openness to experience ($\beta_{x_{3.1}} = 0.74$) and conscientiousness ($\beta_{x_{5.1}} = 0.67$) have been assigned by far the largest values. In contrast to this, the contributions of the other three set variables (neuroticism, extraversion, agreeableness) to their variate X_1^* were considerably smaller. This pattern is entirely supported by the corresponding loadings r_s , of which only those for openness to experience ($r_{s_{x_{3.1}}} = .71$) and conscientiousness ($r_{s_{x_{5.1}}} = .63$) reached values of relevant magnitude. In addition, a closer look at the set of variables of the TPACK model (set Y) revealed that CK ($\beta_{y_{2.1}} = 0.80$) has been assigned by far the largest canonical weight in the first canonical function, followed by PCK, whose weight $\beta_{y_{4.1}} = 0.34$ was considerably smaller, whereas even smaller contributions to Y_1^* have been reached by the other five set variables (TK, PK, TCK, TPK, TPACK). However, this pattern is only partially supported by the corresponding loadings r_s . While those for CK ($r_{s_{y_{2.1}}} = .96$) and PCK ($r_{s_{y_{4.1}}} = .68$) were the largest, the loadings r_s of all other set variables (TK, PK, TCK, TPK, TPACK) also reached values of relevant magnitude even though their canonical weights β_{ij} were comparatively marginal.

Regarding the second canonical function, a closer examination of the canonical weights β_{ij} of set X revealed that agreeableness ($\beta_{x_{4.2}} = -0.64$) and conscientiousness ($\beta_{x_{5.2}} = -0.52$) have been assigned the largest values, which was also corresponding to their loadings ($r_{s_{x_{4.2}}} = -.75$ and $r_{s_{x_{5.2}}} = -.57$). In contrast to this, the contributions of the two set variables extraversion and openness to experience to their variate X_2^* were much smaller, which is almost congruent with their loadings r_s as well. However, in case of neuroticism, an inhomogeneous pattern resulted, including a comparatively large canonical weight of $\beta_{x_{1.2}} = -0.46$ which inversely related to a considerably smaller loading of $r_{s_{x_{1.2}}} = -.20$. Furthermore, a closer look at the set of variables of set Y revealed that TK ($\beta_{y_{1.2}} = 1.05$) has been assigned by far the largest weight, whereas PCK ($\beta_{y_{4.2}} = 0.55$) and CK ($\beta_{y_{2.2}} = -0.49$) reached values only about half as large, and PK ($\beta_{y_{2.2}} = -0.31$) a value less than one third as large. Even smaller contributions to Y_2^* have been reached by the other three set variables (TCK, TPK, TPACK). Similar to the first canonical function, this β_{ij} pattern of set Y is again only partially supported by the corresponding loadings r_s . While the loading of TK ($r_{s_{y_{1.2}}} = .74$) was the largest one and therefore corresponded to $\beta_{y_{1.2}}$, those for PCK ($r_{s_{y_{4.2}}} = .01$) and CK ($r_{s_{y_{2.2}}} = -.21$) were not conform to their comparably large canonical weights $\beta_{y_{4.2}}$ and $\beta_{y_{2.2}}$. However, the loadings r_s of the remaining variables (PK, TCK, TPK, TPACK) were approximately in line with their corresponding canonical weights β_{ij} .

Beyond that, in the framework of CCA, the squared canonical structure coefficients r_s^2 can be used to calculate the adequacy index (AI), which indicates how accurate a canonical variate represents its constitutive set of variables [97]. For this purpose, the squared loadings per statistically significant canonical function and per each set of variables are summed up and these sums are then divided by the number of variables in the respective set. Thus, the AI corresponds to the proportion of shared variance between a variate and related set of variables per canonical function ($0 \leq AI \leq 1.0$). Regarding the set of variables of the Big Five personality traits (set X), the AIs were $AI_{X_1^*} = .20$ (first canonical function) and $AI_{X_2^*} = .22$ (second canonical function), respectively. The AIs concerning the set of variables of the TPACK model (set Y) were $AI_{Y_1^*} = .35$ (first canonical function) and $AI_{Y_2^*} = .10$ (second canonical function), respectively.

Finally, the communality h^2 must be considered when interpreting CCA results. h^2 is the sum of the squared structure coefficients r_s^2 of a set's variable across the canonical functions considered. Thus, h^2 represents the overall proportion of a set's variable's variance that is associated with the statistically significant canonical functions [97]. Regarding the set of variables of the Big Five personality traits (set X), the largest communality value resulted for conscientiousness ($h_{x_5}^2 = 0.73$), followed by agreeableness ($h_{x_4}^2 = 0.57$) and openness to experience ($h_{x_3}^2 = 0.56$). In contrast, the two remaining variables of this set, neuroticism, and extraversion, either reached comparably marginal values of $h^2 = 0.12$. Furthermore, a closer look at the set of variables of the TPACK model (set Y) revealed that the largest communality resulted for CK ($h_{y_2}^2 = 0.96$), followed by TK ($h_{y_1}^2 = 0.73$) and, at some distance, PCK ($h_{y_4}^2 = 0.46$). Regarding the four remaining variables of this set, TCK reached by far the smallest communality of $h_{y_5}^2 = 0.17$, whereas PK, TPK, and TPACK each related to a communality of $h^2 \sim 0.30$.

The path model in Figure 2 gives a graphical overview of the central results of the canonical solution, including the canonical correlations of the two statistically significant canonical functions as well as the set variables' loadings on their respective variates.



Annotation. N = neuroticism; E = extraversion; O = openness to experience; A = agreeableness; C = conscientiousness; TK = technological knowledge; CK = content knowledge; PK = pedagogical knowledge; PCK = pedagogical content knowledge; TCK = technological content knowledge; TPK = technological pedagogical knowledge; TPACK = technological pedagogical content knowledge; small loadings ($< .30$) are not represented numerically but by grey dashed arrows; X^* = canonical variate of set X (Big Five personality traits); Y^* = canonical variate of set Y (self-concept of professional knowledge, including digitization-related skills); R_c = canonical correlation; *** $p < .001$.

Figure 2. Path model of the canonical correlations R_{c_1} and R_{c_2} as well as the structure coefficients r_s of the NEO-FFI and TPACK sets' variables.

4. Discussion

The starting point of our study were several organizational psychological studies on the relationships between innovativeness and personality traits in professional contexts that identified the Big Five factor of openness to experience to be particularly influential on employees' innovative behavior [62,64–69]. Against this background, our study aimed at exploring whether comparable results can also be found in the educational context of university teacher training. Since the field of digital teaching and learning is regarded paradigmatic for the construct of innovation in education [70–73], we, therefore, analyzed the relationships between the Big Five personality traits and pre-service teachers' self-concept of professional knowledge, including digitization-related skills. Our CCA model showed that, first and foremost, the three Big Five variables openness to experience, agreeableness, and conscientiousness relate to the four TPACK variables TK, CK, PK, and PCK, whereas the actual digitization-related TPACK domains (TCK, TPK, TPACK) were not sufficiently (i.e., distinctly enough) reflected by our canonical solution (see section 3.2).

When considering the canonical weights and loadings of the first canonical function (see Table 5), it becomes apparent that the relationship between the two variates X_1^* and Y_1^* is decisively determined by the variables openness to experience and conscientiousness of the Big Five set as well as CK and PCK from the TPACK set. The communalities also show these four variables to make the most important contributions to their respective variates of the first canonical function, while all other variables in fact act marginally. Considering the positive algebraic signs in each case, this means that higher values for openness to experience and conscientiousness go hand in hand with higher levels of CK and PCK. However, the other five TPACK variables (TK, PK, TCK, TPK, TPACK) also load comparatively high on their variate Y_1^* , but the fact that they each reach rather small weights at the same time indicates that their contribution to it overlaps with other variables in this set (although they share much variance with Y_1^*). This result most likely indicates existing collinearity between the variables of the TPACK set after all [96,106], probably because the pre-service teachers do not (or cannot) sufficiently differentiate between the self-assessment items within the TPACK questionnaire. The actual digitization-related teaching skills of the TPACK model (TCK, TPK, TPACK) seem instead to be caught up in PCK in the first canonical function. This is also suggested by the pattern of bivariate correlations, as the digitization-related teaching skills (TCK, TPK, TPACK) are more closely related to PCK than to CK (see Table 3). This, in turn, can be explained in two ways: Either the digitization-related teaching skills of students who achieve high values on openness to experience and conscientiousness are understood as a matter of course in teaching (i.e., these skills are considered to be PCK-inherent and thus not differentiated from this domain of knowledge) or these students are not yet able to reliably assess their own competences in this regard due to a lack of practical teaching experience [107]. Nevertheless, despite some degree of collinearity of the TPACK variables in the first canonical function which may reduce the individual variables' impacts on their variate, it must be noted that *all* TPACK variables are clearly positively associated with the Big Five variables of openness to experience and conscientiousness (see Figure 2).

When considering the canonical weights of the second canonical function, the variables of agreeableness and conscientiousness of the Big Five set as well as TK and PK of the TPACK set turn out to be particularly relevant for the relationship between the variates

X_2^* and Y_2^* . Overall, these results again correspond to the loadings and the communalities. Taking into account the algebraic signs, this means that higher values on agreeableness and conscientiousness go hand in hand with higher levels of PK but lower levels of TK at the same time. Conversely, the latter aspect corresponds to the interesting result that dominant affinity for technology seems to be associable with the risk of lower values on personality traits that are regarded to be pedagogically and didactically relevant. Furthermore, the data on all other variables of the two sets (neuroticism, extraversion, openness to experience [set X] as well as CK, PCK, TCK, TPK, TPACK [set Y]) prove to be inconsistent when looking at their canonical weights and loadings, so a clear interpretation of their contribution in building the two variates fails.

This latter finding is also reflected by the adequacy indices of both canonical functions, indicating that a maximum of only 35% of the variable sets are represented in the variates across the two functions. Critically speaking, this means that our canonical model could also get along with fewer variables, including TK, CK, PK, and PCK on the one hand as well as openness to experience, agreeableness, and conscientiousness on the other hand. In this respect, we assume that the validity of the model could be significantly improved by addressing our study's limitations in future studies (see section 4.1).

4.1. Limitations

As explained in the previous section, a certain degree of multicollinearity, particularly among the TPACK variables, limits the interpretability of our results. Against the background of the explanations for these intercorrelations (mistaking digitization-related teaching skills as inherent facet of PCK or lack of practical experience, which is needed for reliable assessments), it would be worth considering whether to either select a sample of aspiring teachers with more practical experience (e.g., trainee teachers) or, alternatively, assess the dimensions of the TPACK model using objective performance tests instead of a self-assessment. Both approaches could contribute to a more distinct reflection of the digitization-related domains of the TPACK model in the canonical variates.

The variables considered in our CCA did not meet the assumption of multivariate normal distribution. Although the univariate deviations in this regard were not severe, the accuracy of significance testing could probably be improved if the assumption of multivariate normal distribution was met optimally, especially when considering the just adequate sample size ($n = 201$) and the background of an exploratory study (see sections 1.4 and 2.2). Multivariate normal distribution could possibly be achieved by increasing the number of subjects, which would have the advantage that the accuracy of the canonical solution as a whole (not just that of significance testing) could be improved as well [94,95]. However, against the background of our exploratory research interest, we consider the heuristic value of our canonical model to be helpful and important for future research (see section 4.2).

4.2. Practical Implications and Prospects for Future Research

Although the actual digitization-related teaching skills of the TPACK model (TCK, TPK, TPACK) were not sufficiently reflected by our overall CCA model (since they are presumably caught up in the domain of PCK), our results allow for discussing some practical implications regarding pre-service teachers' innovativeness. According to the existing public recommendations [10,32,33], it is of course indisputable that (aspiring) teachers should, first of all, acquire in-depth theoretical knowledge and practical skills to successfully deal with digital teaching and learning formats. However, in order to support the success of such educational initiatives, our results suggest that it could be helpful to also address pre-service teachers' personality traits in order to qualify them, as it were, for acting as 'agents of change' during their professional careers.

Within our first canonical function, the two personality traits of openness to experience and conscientiousness appear to be significantly related to the overall professional

knowledge of our sample of pre-service teachers (see section 3.2). Since this professional knowledge also includes the specific digitization-related skills, which in turn are positively associated with the construct of innovativeness [70–73], it can be assumed that the personality trait of conscientiousness may be just as important as the trait of openness to experience when looking at university teacher training. Thus, the results of our study go beyond the consensus of the referred organizational psychological findings, stating openness to experience to be the key factor regarding innovative behavior of employees in other professional contexts [62]. However, the finding that conscientiousness turned out to be equally important in our study seems plausible, since, within the scope of public debates regarding the Education in the Digital World strategy [10] or the European DigCompEdu framework [32], most pre-service teachers may be aware of the fact that teachers are meanwhile *expected* to be skilled in successfully using technology in the classroom. As conscientiousness includes facets such as sense of duty and need for achievement [44,45], particularly conscientious pre-service teachers may therefore more likely work hard at successfully acquiring these skills.

Nevertheless, openness to experience also seems to be decisive for such a successful acquisition of skills, but in our sample this trait was significantly less pronounced than conscientiousness (see Table 2). Accordingly, a targeted promotion of openness to experience could be a crucial factor in supporting the development of pre-service teachers' professional knowledge, including digitization-related skills. Meanwhile, different studies in various fields could already show that a stable change towards more openness to experiences can be achieved in comparatively short time (a few weeks) and by different approaches. For example, cognitive training can lead to significantly more openness to experience (i.e., cognitive flexibility in choosing different options for action), especially in older people [108]. Besides, smartphone-based coaching offers have also proven to be effective in increasing the facet of openness to action in younger people [109]. A purposeful integration of such effective elements into university teacher training could therefore be a possible starting point to promote pre-service teachers' innovativeness.

However, since our results are not robust enough to derive far-reaching recommendations for action (see section 4.1), we encourage other educational researchers to conduct further studies to clarify the existing relationships between the constructs of teacher personality, professional knowledge, and innovativeness. In this connection, it must be noted that other findings may be found for teaching subjects other than biology, and even more so for courses of study other than teacher training. For example, in her comprehensive review, Vedel [110] reported substantial pre-existing and gender-independent personality differences across students of different academic majors, with the largest effects found for the Big Five trait of openness to experience. In another study, Hartmann and Ertl [111] showed that teacher candidates were significantly more extraverted than students who studied the same major but who did not intend to become teachers. Moreover, in a comparison between pre-service teachers studying a STEM or non-STEM subject they additionally found differences in varying directions depending on which specific STEM and non-STEM majors are compared. Therefore, it seems necessary to consider the students' fields of study in future research. Furthermore, such future studies may also consider other than digitization-related constructs of innovation within the educational context, such as inclusive teaching and learning [112] or the successful integration of current environmental or health-related issues in school [113]. Their results could at best help driving long-lasting change in education towards more innovation and sustainable progress.

Author Contributions: [blinded for peer review] All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: In accordance with local legislation and institutional requirements, an ethics board approval was not required for this study on human participants. In Germany, as stated by the German Research Association (DFG) [114], the present survey did not

require the approval of an ethics committee, because the research did not pose any threats or risks to the respondents, and it was not associated with high physical or emotional stress. Nevertheless, it is understood, that we strictly followed all ethical guidelines as well as the Declaration of Helsinki [115,116]. Before taking part in our survey, all participants were informed about its objectives, absolute voluntariness of participation, possibility of dropping out of participation at any time, guaranteed protection of data privacy (collection of only anonymized data), possibility of requesting data cancelation at any time, no-risk character of study participation, and contact information in case of any questions or problems. Furthermore, the respondents were explicitly given the opportunity to leave answers blank. Data storage meets current European data protection regulations [117].

Informed Consent Statement: All participants declared their informed consent before participating in our survey.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the first author ([blinded for peer review]).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Ciriello, R.F.; Richter, A.; Schwabe, G. Digital Innovation. *Bus. Inf. Syst. Eng.* **2018**, *60*, 563–569, doi:10.1007/s12599-018-0559-8.
2. Hund, A.; Wagner, H.-T.; Beimborn, D.; Weitzel, T. Digital innovation: Review and novel perspective. *J. Strateg. Inf. Syst.* **2021**, *30*, 101695, doi: 10.1016/j.jsis.2021.101695.
3. Kaputa, V.; Loučanová, E.; Tejerina-Gait, F.A. Digital Transformation in Higher Education Institutions as a Driver of Social Oriented Innovations. In *Social Innovation in Higher Education: Landscape, Practices, and Opportunities*, 1st ed.; Păunescu, C., Lepik, K.-L., Spencer, N., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2022; pp. 61–85, ISBN 978-3030840433.
4. Bygstad, B.; Øvrelid, E.; Ludvigsen, S.; Dæhlen, M. From dual digitalization to digital learning space: Exploring the digital transformation of higher education. *Comput. Educ.* **2022**, *182*, 104463, doi:10.1016/j.compedu.2022.104463.
5. Cattaneo, A.A.P.; Antonietti, C.; Rauseo, M. How digitalised are vocational teachers? Assessing digital competence in vocational education and looking at its underlying factors. *Comput. Educ.* **2022**, *176*, 104358, doi:10.1016/j.compedu.2021.104358.
6. Thorvaldsen S.; Madsen, S.S. Decoding the Digital Gap in Teacher Education: Three Perspectives across the Globe. In *Teacher Education in the 21st Century—Emerging Skills for a Changing World 2021*, 1st ed.; Hernández-Serrano, M.J., Ed.; IntechOpen: London, UK, 2021; pp. 1–16, ISBN 978-1839687921.
7. Basilotta-Gómez-Pablos, V.; Matarranz, M.; Casado-Aranda, L.-A.; Otto, A. Teachers' digital competencies in higher education: a systematic literature review. *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.* **2022**, *19*, 8, doi:10.1186/s41239-021-00312-8.
8. Onyeaka, H.; Anumudu, C.K.; Al-Sharify, Z.T.; Egele-Godswill, E.; Mbaegbu, P. COVID-19 pandemic: A review of the global lockdown and its far-reaching effects. *Sci. Prog.* **2021**, *104*, 1–18, doi:10.1177/00368504211019854.
9. Huber, S.G.; Helm, C.; Günther, P.S.; Schneider, N.; Schwander, M.; Pruitt, J.; Schneider, J.A. COVID-19: Fernunterricht aus Sicht der Mitarbeitenden von Schulen in Deutschland, Österreich und der Schweiz [COVID-19: distance learning from the perspective of school staff in Germany, Austria and Switzerland]. *PraxisForschungLehrer*innenBildung* **2020**, *2*, 27–44, doi:10.4119/pflb-3967.
10. Kultusministerkonferenz. Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz [Education in a digital world: strategy of the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs]. Sekretariat der Kultusministerkonferenz: Berlin, Germany, 2016. Available online: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf (accessed on 17 February 2022).
11. García-Morales, V.J.; Garrido-Moreno, A.; Martín-Rojas, R. The Transformation of Higher Education After the COVID Disruption: Emerging Challenges in an Online Learning Scenario. *Front. Psychol.* **2021**, *12*, 616059, doi:10.3389/fpsyg.2021.616059.
12. Humpl, S.; Andersen, T. The future of digital and online learning in higher education. Publications Office of the European Union: Luxembourg, Luxembourg, 2022. Available online: <https://data.europa.eu/doi/10.2766/587756> 2022 (accessed on 15 March 2022).
13. Thorn, W.; Vincent-Lancrin, S. Schooling During a Pandemic: The Experience and Outcomes of Schoolchildren During the First Round of COVID-19 Lockdowns. OECD Publishing: Paris, France, 2021. Available online: <https://doi.org/10.1787/1c78681e-en> (accessed on 15 March 2022).
14. Hammerstein, S.; König, C.; Dreisörner, T.; Frey, A. Effects of COVID-19-Related School Closures on Student Achievement: A Systematic Review. *Front. Psychol.* **2021**, *12*, 746289, doi:10.3389/fpsyg.2021.746289.
15. [blinded for peer review]
16. Engzell, P.; Frey, A.; Verhagen, M.D. Learning loss due to school closures during the COVID-19 pandemic. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **2021**, *118*, e2022376118, doi:10.1073/pnas.2022376118.
17. Zylka, J. Digitale Schulentwicklung: Das Praxisbuch für Schulleitung und Steuergruppen [Digital school development: The practice book for school management and steering committees], 1st ed.; Beltz: Weinheim, Germany, 2018; ISBN 978-3407630544.

18. Thurlings, M.; Evers, A.T.; Vermeulen, M. Toward a Model of Explaining Teachers' Innovative Behavior: A Literature Review. *Rev. Educ. Res.* **2015**, *85*, 430–471, doi:10.3102/0034654314557949.
19. Kunter, M.; Klusmann, U.; Baumert, J.; Richter, D.; Voss, T.; Hachfeld, A. Professional competence of teachers: Effects on instructional quality and student development. *J. Educ. Psychol.* **2013**, *105*, 805–820, doi:10.1037/a0032583.
20. Burchert, J. Innovationsfähigkeit und Innovationsbereitschaft an Beruflichen Schulen [Ability and willingness to innovate in vocational schools], ITB-Forschungsberichte 44/2010 [ITB research report 44/2010]. Universität Bremen, Bremen, Germany, 2010. Available online: <https://media.suub.uni-bremen.de/bitstream/elib/4111/1/00010687.pdf> (accessed on 17 February 2022).
21. Gröschner, A. Innovationskompetenz als Element der Lehrerbildung: Befunde und Perspektiven [Innovation competence as an element of teacher training: Findings and prospects]. In *Innovationen im Bildungswesen: Analytische Zugänge und empirische Befunde [Innovations in the education system: Analytical approaches and empirical evidence]*, 1st ed.; Rürup, M., Bormann, I., Eds.; Springer: Wiesbaden, Germany, 2013; pp. 303–327, ISBN 978-3531197005.
22. Kati, T.; Judith, S.-Z.; Cornelia, G. Der Einfluss der Motivation von Lehrpersonen auf den Transfer von Innovationen [The influence of teacher motivation on the transfer of innovations]. In *Innovationen im Bildungswesen: Analytische Zugänge und empirische Befunde [Innovations in the education system: Analytical approaches and empirical evidence]*, 1st ed.; Rürup, M., Bormann, I., Eds.; Springer: Wiesbaden, Germany, 2013; pp. 329–347, ISBN 978-3531197005.
23. Eickelmann, B.; Vennemann, M. Teachers' attitudes and beliefs regarding ICT in teaching and learning in European countries. *Eur. Educ. Res. J.* **2017**, *16*, 733–761, doi:10.1177/1474904117725899.
24. Mishra, P.; Koehler, M.J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teach. Coll. Rec.* **2006**, *108*, 1017–1054, doi:10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x.
25. Shulman, L.S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educ. Res.* **1986**, *15*, 4–14, doi:10.3102/0013189 × 015002004.
26. Shulman, L.S. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harv. Educ. Rev.* **1987**, *57*, 1–21, doi:10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411.
27. Gess-Newsome, J.; Lederman, N.G. *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and Its Implications for Science Education*, 1st ed.; Kluwer: New York, NY, USA, 1999; ISBN 978-0792359036.
28. [blinded for peer review]
29. Angeli, C.; Valanides, N. Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK). *Comput. Educ.* **2009**, *52*, 154–168, doi:10.1016/j.compedu.2008.07.006.
30. Koehler, M.J.; Mishra, P.; Yahya, K. Tracing the development of teacher knowledge in a design seminar: Integrating content, pedagogy and technology. *Comput. Educ.* **2007**, *49*, 740–762, doi:10.1016/j.compedu.2005.11.012.
31. Koehler, M.J.; Mishra, P.; Cain, W. What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *J. Educ.* **2013**, *193*, 13–19, doi:10.1177/002205741319300303.
32. Redecker, C. *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2017; ISBN 978-9279737183.
33. Caena, F.; Redecker, C. Aligning teacher competence frameworks to 21st century challenges: The case for the European Digital Competence Framework for Educators (Digcompedu). *Eur. J. Educ.* **2019**, *54*, 356–369, doi:10.1111/ejed.12345.
34. De Raad, B.; Schouwenburg, H.C. Personality in learning and education: A review. *Eur. J. Pers.* **1996**, *10*, 303–336, doi:10.1002/(SICI)1099-0984(199612)10:5<303::AID-PER262>3.0.CO;2-2.
35. Mayr, J. Selektieren und/oder qualifizieren? Empirische Befunde zur Frage, wie man gute Lehrpersonen bekommt [Select and/or qualify? Empirical findings on the question of how to get good teachers]. In *Wirkt Lehrerbildung? Antworten aus der empirischen Forschung [Does teacher training work? Answers from empirical research]*, 1st ed.; Abel, J., Faust, G., Eds.; Waxmann: Münster, Germany, 2010; pp. 73–90, ISBN 978-3830923183.
36. Mayr, J.; Neuweg, G.H. Der Persönlichkeitsansatz in der Lehrer/innen/forschung: Grundsätzliche Überlegungen, exemplarische Befunde und Implikationen für die Lehrer/innen/bildung [The personality approach in research on teachers: basic considerations, exemplary findings and implications for teacher education]. In *Schauen, was 'rauskommt—Kompetenzförderung, Evaluation und Systemsteuerung im Bildungswesen [Seeing what comes out—promotion of competence, evaluation and system control in education]*, 1st ed.; Heinrich, M., Greiner, U., Eds.; Lit: Vienna, Austria, 2006; pp. 183–206, ISBN 978-3825895914.
37. Rothland, M. Allgemeine Persönlichkeitsmerkmale als Eignungskriterien für den Lehrerberuf? Eine Folgestudie [General personality traits as qualification criteria for the teaching profession? A follow-up study]. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand* **2013**, *6*, 70–91, doi:10.25656/01:15515.
38. Blömeke, S. Voraussetzungen bei der Lehrperson [Requirements on part of the teacher]. In *Handbuch Unterricht [Handbook education]*, 2nd ed.; Arnold, K.-H., Wiechmann, J, Sandfuchs, U., Eds.; Klinkhardt/UTB: Bad Heilbrunn, Germany, 2009; pp. 122–126, ISBN 978-3825284237.
39. Terhart, E. Was wissen wir über gute Lehrer? Ergebnisse aus der empirischen Lehrerforschung [What do we know about good teachers? Results from empirical research]. *Friedrich Jahresheft* **2007**, *25*, 20–24.
40. Kunter, M.; Klusmann, U. Die Suche nach dem kompetenten Lehrer—ein personenzentrierter Ansatz [Searching for the competent teacher—a person-centred approach]. In *Schulische Lerngelegenheiten und Kompetenzentwicklung [Learning opportunities in*

- school and competence development], 1st ed.; Bos, W., Klieme, E., Köller, O., Eds.; Waxmann: Münster, Germany, 2010; pp. 207–230, ISBN 978-3830973584.
41. Buse, L.; Pawlik, K. Konsistenz, Kohärenz und Situationsspezifität individueller Unterschiede [Consistency, coherence, and situational specificity of individual differences]. In *Grundlagen und Methoden der Differentiellen Psychologie [Principles and methods of differential psychology]*, 1st ed.; Pawlik, K., Ed.; Hogrefe: Göttingen, Germany, 1996; pp. 269–300, ISBN 978-3801705336.
 42. Rauthmann, J.F. *The Handbook of Personality Dynamics and Processes*, 1st ed.; Elsevier: London, UK, 2021; ISBN 978-0128139950.
 43. Wakefield, J.C. Levels of Explanation in Personality Theory. In *Personality Psychology: Recent Trends and Emerging Directions*, 1st ed.; Buss, D.M., Cantor, N., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 1989; pp. 333–346, ISBN 978-0387969930.
 44. De Raad, B. *The Big Five Personality Factors: The Psycholexical Approach to Personality*, 1st ed.; Hogrefe & Huber: Ashland, OH, USA, 2000; ISBN 978-0889372368.
 45. John, O.P.; Naumann, L.P.; Soto, C.J. Paradigm shift to the integrative Big Five trait taxonomy: History, measurement, and conceptual issues. In *Handbook of Personality: Theory and Research*, 3rd ed.; John, O.P., Robins, R.W., Pervin, L.A., Eds.; The Guilford Press: New York, NY, USA, 2008; pp. 114–158; ISBN 978-1609180591.
 46. Schulte, K. Selbstwirksamkeitserwartungen in der Lehrerbildung: Zur Struktur und dem Zusammenhang von Lehrer-Selbstwirksamkeitserwartungen, Pädagogischem Professionswissen und Persönlichkeitseigenschaften bei Lehramtsstudierenden und Lehrkräften [Self-efficacy beliefs in teacher education: About the structure and relationship of self-efficacy beliefs, general pedagogical knowledge and personality in student-teachers and teachers]. Ph.D. Thesis, University of Göttingen, Göttingen, Germany, 2008.
 47. Kim, L.E.; Jörg, V.; Klassen, R.M. A Meta-Analysis of the Effects of Teacher Personality on Teacher Effectiveness and Burnout. *Educ. Psychol. Rev.* **2019**, *31*, 163–195, doi:10.1007/s10648-018-9458-2.
 48. Roloff, J.; Klusmann, U.; Lüdtke, O.; Trautwein, U. The Predictive Validity of Teachers' Personality, Cognitive and Academic Abilities at the End of High School on Instructional Quality in Germany: A Longitudinal Study. *AERA Open* **2020**, *6*, 2332858419897884, doi:10.1177/2332858419897884.
 49. Baier, F.; Decker, A.-T.; Voss, T.; Kleickmann, T.; Klusmann, U.; Kunter, M. What makes a good teacher? The relative importance of mathematics teachers' cognitive ability, personality, knowledge, beliefs, and motivation for instructional quality. *Br. J. Educ. Psychol.* **2019**, *89*, 767–786, doi:10.1111/bjep.12256.
 50. Bastian, K.C.; McCord, D.M.; Marks, J.T.; Carpenter, D. A Temperament for Teaching? Associations Between Personality Traits and Beginning Teacher Performance and Retention. *AERA Open* **2017**, *3*, 2332858416684764, doi:10.1177/2332858416684764.
 51. Ones, D.S.; Anderson, N.; Viswesveran, C. Sinangil, H.K. *The SAGE Handbook of Industrial, Work & Organizational Psychology*, 2nd ed.; Sage: London, UK, 2005; Volume 1: Personnel Psychology, ISBN 978-1446287316.
 52. Specht, J. *Personality Development Across the Lifespan*, 1st ed.; Elsevier: London, UK, 2017; ISBN 978-0128046746.
 53. Elkins, R.K.; Kassenboehmer, S.C.; Schurer, S. The stability of personality traits in adolescence and young adulthood. *J. Econ. Psychol.* **2017**, *60*, 37–52, doi:10.1016/j.joep.2016.12.005.
 54. McAdams, D.P.; Shiner, R.L.; Tackett, J.L. *Handbook of Personality Development*, 1st ed.; Guilford: New York, NY, USA, 2019; ISBN 978-1462536931.
 55. Blackman, A.; Morsardo, G.; Gray, D.E. Challenges for the Theory and Practice of Business Coaching: A Systematic Review of empirical evidence. *Hum. Resour. Dev. Rev.* **2016**, *15*, 459–486, doi:10.1177/1534484316673177.
 56. Jones, R.J.; Woods, S.A.; Guillaume, Y.R.F. The effectiveness of workplace coaching: a meta-analysis of learning and performance outcomes from coaching. *J. Occup. Organ. Psychol.* **2015**, *89*, 249–277, doi:10.1111/joop.12119.
 57. Fillery-Travis, A.; Lane, D.A. Does coaching work or are we asking the wrong question? In *Coaching Researched: A Coaching Psychology Reader*, 1st ed.; Passmore, J.; Tee, D., Eds.; Wiley: Hoboken, NJ, USA, 2020; pp. 63–47, ISBN 978-1119656883.
 58. Tran, V.; Voyer, B. Fostering innovation: An organisational perspective. *Br. J. Health Care Manag.* **2015**, *21*, 141–145, doi:10.12968/bjhc.2015.21.3.141.
 59. Hero, L.-M.; Lindfors, E.; Taatila, V. Individual Innovation Competence: A Systematic Review and Future Research Agenda. *Int. J. High. Educ.* **2017**, *6*, 103–121, doi:10.5430/ijhe.v6n5p103.
 60. Kerr, S.P.; Kerr, W.R.; Xu, T. Personality Traits of Entrepreneurs: A Review of Recent Literature. *Found. Trends Entrep.* **2017**, *14*, 279–356, doi:10.3386/w24097.
 61. Palmer, C. Kreativität—praktische Messung einer schillernden Fähigkeit [Creativity—practical measurement of a dazzling ability]. *PERSONALquarterly* **2015**, *4*, 29–35.
 62. Palmer, C. Berufsbezogene Kreativitätsdiagnostik: Beschreibung und Messung der personalen Voraussetzungen von Innovationen [Diagnosis of job-related creativity: Description and measurement of the personal qualification regarding innovations], 1st ed.; Springer: Wiesbaden, Germany, 2016; ISBN 978-3658124328.
 63. Schneider, G.; Albert, M. *Innovationsfähigkeit: Ein systematisches Literaturreview [Ability to innovate: A systematic literature review]*, Working Papers of the Chair for Innovation Research and Technology Management, No. 12-1. Chemnitz University of Technology, Chemnitz, Germany, 2019. Available online: <https://www.econstor.eu/handle/10419/194801> (accessed on 17 February 2022).
 64. Waßmann, S. Innovationsfähigkeit im demografischen Wandel: Entwicklung und Validierung des Assessment-Tools NovaDemo zur Erfassung der Innovationsfähigkeit von Einzelpersonen und Arbeitsgruppen [Innovative ability in demographic

- change: Development and validation of the tool NovaDemo to assess the ability to innovate of individuals and working groups]. Ph.D. Thesis, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany, 2015.
65. Hsieh, H.-L.; Hsieh, J.-R.; Wang, I.-L. Linking personality and innovation: the role of knowledge management. *World Trans. Eng. Technol. Educ.* **2011**, *9*, 38–44.
 66. Chen, S.-C.; Wu, M.-C.; Chen, C.-H. Employee's personality traits, work motivation and innovative behavior in marine tourism industry. *J. Serv. Sci. Manag.* **2010**, *3*, 198–205, doi:10.4236/jssm.2010.32024.
 67. Baks, N. (2007). Which personality traits do innovative people possess? Master's Thesis, University of Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands, 2007.
 68. Munir, R.; Beh, L.-S. Do Personality Traits Matter in Fostering Innovative Work Behavior? *The Social Sciences* **2016**, *11*, 4393–4398, doi:10.36478/sscience.2016.4393.4398.
 69. Woods, S.A.; Mustafa, M.J.; Anderson, N.; Sayer, B. Innovative work behavior and personality traits. Examining the moderating effects of organizational tenure. *J. Manag. Psychol.* **2018**, *33*, 29–42, doi:10.1108/JMP-01-2017-0016.
 70. Redding, S.; Twyman, J.S.; Murphy, M. What is an innovation in learning? In *Handbook on innovations in learning*, 1st ed.; Murphy, M., Redding, S., Twyman, J., Eds.; Information Age Publishing: Charlotte, NC, USA, 2014; pp. 3–14, ISBN 978-1623966072.
 71. Saatci, E.Y.; Ovacı, C. Innovation competencies of individuals as a driving skill sets of future works and impact of their personality traits. *Int. J. Technol. Learn. Innov. Dev.* **2020**, *12*, 27–44, doi:10.1504/IJTLID.2020.108637.
 72. Salmon, G. Learning innovation: a framework for transformation. *European Journal of Open, Distance and e-Learning* **2014**, *17*, 220–236, doi:10.2478/eurodl-2014-0031.
 73. Serdyukov, P. Innovation in education: what works, what doesn't, and what to do about it? *J. Res. Innov. Teach. Learn.* **2017**, *10*, 4–33, doi:10.1108/JRIT-10-2016-0007.
 74. Dorn, E.; Hancock, B.; Sarakatsannis, J.; Viruleg, E. *COVID-19 and Student Learning in the United States: The Hurt Could Last a Lifetime*; McKinsey & Company: New York, NY, USA, 2020. Available online: <https://www.mckinsey.com/industries/public-and-social-sector/our-insights/covid-19-and-student-learning-in-the-united-states-the-hurt-could-last-a-lifetime> (accessed on 17 February 2022).
 75. Godoy, L.D.; Falcowski, R.; Incrocci, R.M.; Versuti, F.M.; Padovan-Neto, F.E. The Psychological Impact of the COVID-19 Pandemic in Remote Learning in Higher Education. *Educ. Sci.* **2021**, *11*, 473, doi:10.3390/educsci11090473.
 76. Lauret, D.; Bayram-Jacobs, D. COVID-19 Lockdown Education: The Importance of Structure in a Suddenly Changed Learning Environment. *Educ. Sci.* **2021**, *11*, 221, doi:10.3390/educsci11050221.
 77. Limniou, M.; Varga-Atkins, T.; Hands, C.; Elshamaa, M. Learning, Student Digital Capabilities and Academic Performance over the COVID-19 Pandemic. *Educ. Sci.* **2021**, *11*, 361, doi:10.3390/educsci11070361.
 78. Munir, F. Mitigating COVID: Impact of COVID-19 Lockdown and School Closure on Children's Well-Being. *Soc. Sci.* **2021**, *10*, 387, doi:10.3390/socsci10100387.
 79. Schult, J.; Mahler, N.; Fauth, B.; Lindner, M.A. Did Students Learn Less During the COVID-19 Pandemic? Reading and Mathematics Competencies Before and After the First Pandemic Wave. *PsyArXiv* **2021**, preprint, doi:10.31234/osf.io/pqtgf.
 80. Son, C.; Hegde, S.; Smith, A.; Wang, X.; Sasangohar, F. Effects of COVID-19 on College Students' Mental Health in the United States: Interview Survey Study. *J. Med. Internet Res.* **2020**, *22*, e21279, doi:10.2196/21279.
 81. SAP America. Qualtrics Survey (Online Survey Software). Available online: <https://www.qualtrics.com/> (accessed on 17 February 2022).
 82. Borkenau, P.; Ostendorf, F. NEO-Fünf-Faktoren-Inventar nach Costa und McCrae [NEO Five-Factor Inventory According to Costa and McCrae], 2nd ed.; Hogrefe: Göttingen, Germany, 2008.
 83. Körner, A.; Geyer, M.; Brähler, E. Das NEO-Fünf-Faktoren Inventar (NEO-FFI) [The NEO Five-Factor Inventory (NEO-FFI)]. *Diagnostica* **2002**, *48*, 19–27, doi:10.1026//0012-1924.48.1.19.
 84. Schmidt, D.A.; Baran, E.; Thompson, A.D.; Mishra, P.; Koehler, M.J.; Shin, T.S. Technological Pedagogical Content knowledge (TPACK): The Development and Validation of an Assessment Instrument for Preservice Teachers. *J. Res. Technol. Educ.* **2009**, *42*, 123–149, doi:10.1080/15391523.2009.10782544.
 85. IBM Corporation. *IBM SPSS Statistics for Windows*; Version 28.0 (Statistical Analyses Software); IBM Corporation: Armonk, NY, USA, 2021.
 86. Hair, J.F.; Black, W.C.; Babin, B.J.; Anderson, R.E. Canonical Correlation. In *Multivariate Data Analysis*, 7th ed., Supplement Chapter; Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E., Eds.; Pearson: London, UK, 2014. Available online: http://www.mvstats.com/Downloads/Supplements/Canonical_Correlation_6e.pdf (accessed on 17 February 2022).
 87. Tabachnick, B.G.; Fidell, L.S. *Using Multivariate Statistics*, 7th ed.; Pearson: Boston, MA, USA, 2018; ISBN 978-0134790541.
 88. Iweka, F.; Anthonia, M.A. Canonical Correlation Analysis, A Sine Quanon for Multivariant Analysis in Educational Research. *Int. J. Soc. Sci. Humanit. Educ.* **2018**, *5*, 116–126, doi:10.20431/2349-0381.0507013.
 89. Stevens, J. *Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences*, 3rd ed.; Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, USA, 1986; ISBN 978-0898595680.
 90. Bowerman, B.L.; O'Connell, R.T. *Linear Statistical Models: An Applied Approach*, 2nd ed.; PWS-Kent Publishing Company: Boston, MA, USA, 1990; ISBN 978-0534917968.

91. Johnston, R.; Jones, K.; Manley, D. Confounding and collinearity in regression analysis: a cautionary tale and an alternative procedure, illustrated by studies of British voting behaviour. *Qual. Quant.* **2018**, *52*, 1957–1976, doi:10.1007/s11135-017-0584-6.
92. Marcoulides, K.M.; Raykov, T. Evaluation of Variance Inflation Factors in Regression Models Using Latent Variable Modeling Methods. *Educ. Psychol. Meas.* **2019**, *79*, 874–882, doi:10.1177/0013164418817803.
93. Korkmaz S; Goksuluk D; Zararsiz G. MVN: An R Package for Assessing Multivariate Normality. *The R Journal* **2014**, *6*, 151–162, doi:10.32614/RJ-2014-031.
94. Hill, T.; Lewicki, P. *Statistics: Methods and Applications—A comprehensive reference for science, industry, and data mining*, 1st ed.; StatSoft: Tulsa, OK, USA, 2006; ISBN 978-1884233593.
95. Thompson, B. *Canonical correlation analysis: Uses and interpretation*, Sage University Paper series on Quantitative Applications in the Social Sciences, Vol. 47; SAGE Publications: Newbury Park, CA, USA, 1984; ISBN 978-0803923928.
96. Fan, X.; Konold, T.R. Canonical Correlation Analysis. In *The Reviewer's Guide to Quantitative Methods in the Social Sciences*, 2nd ed.; Hancock, G.R., Stapleton, L.M., Mueller, R.O., Eds.; Routledge: New York, NY, USA, 2019; pp. 29–41, ISBN 978-1138800137.
97. Kuylen, A.A.; Verhallen, T.M. The use of canonical analysis. *J. Econ. Psychol.* **1981**, *1*, 217–237, doi:10.1016/0167-4870(81)90039-8.
98. Sherry, A.; Henson, R.K. Conducting and Interpreting Canonical Correlation Analysis in Personality Research: A User-Friendly Primer. *J. Pers. Assess.* **2005**, *84*, 37–48, doi:10.1207/s15327752jpa8401_09.
99. Alpert, M.I.; Peterson, R.A. On the Interpretation of Canonical Analysis. *J. Mark. Res.* **1972**, *9*, 187–192, doi:10.2307/3149953.
100. Gu, F.; Wu, H. Simultaneous canonical correlation analysis with invariant canonical loadings. *Behaviormetrika* **2018**, *45*, 111–132, doi:10.1007/s41237-017-0042-8.
101. Hardoon, D.R.; Szedmak, S.; Shawe-Taylor, J. Canonical Correlation Analysis: An Overview with Application to Learning Methods. *Neural Comput.* **2004**, *16*, 2639–2664, doi:10.1162/0899766042321814.
102. Tatham, R.L.; Dornoff, R.J. The Significance and Interpretation of Canonical Analysis. *Decis. Sci.* **1973**, *4*, 343–349, doi:10.1111/j.1540-5915.1973.tb00560.x.
103. Bortz, J.; Schuster, C. *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler [Statistics for humanities and social scientists]*, 7th ed.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2010; ISBN 978-3642127694.
104. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, 2nd ed.; Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, NJ, USA, 1988; ISBN 978-0805802832.
105. Meloun, M.; Militký, J. *Statistical Data Analysis. A Practical Guide*, 1st ed.; Woodhead Publishing: Philadelphia, PA, USA, 2011; ISBN 978-9380308111.
106. Nimon, K.; Henson, R.K.; Gates, M.S. Revisiting Interpretation of Canonical Correlation Analysis: A Tutorial and Demonstration of Canonical Commonality Analysis. *Multivariate Behav. Res.* **2010**, *45*, 702–724, doi:10.1080/00273171.2010.498293.
107. Gravett, S. Crossing the “Theory-practice Divide”: Learning to Be(come) a Teacher. *S. Afr. J. Child. Educ.* **2012**, *2*, 1–14, doi:10.4102/sajce.v2i2.9.
108. Jackson, J.J.; Hill, P.L.; Payne, B.R.; Roberts, B.W.; Stine-Morrow, E.A.L. Can an old dog learn (and want to experience) new tricks? Cognitive training increases openness to experience in older adults. *Psychol. Aging* **2012**, *27*, 286–292, doi:10.1037/a0025918.
109. Stieger, M.; Wepfer, S.; Rügger, D.; Kowatsch, T.; Roberts, B.W.; Allemand, M. Becoming More Conscientious or More Open to Experience? Effects of a Two-Week Smartphone-Based Intervention for Personality Change. *Eur. J. Pers.* **2020**, *34*, 345–366, doi:10.1002/per.2267.
110. Vedel, A. Big Five personality group differences across academic majors: A systematic review. *Pers. Individ. Dif.* **2016**, *92*, 1–10, doi:10.1016/j.paid.2015.12.011.
111. Hartmann, F.G.; Ertl, B. Big Five personality trait differences between students from different majors aspiring to the teaching profession. *Curr. Psychol.* **2021**, doi:10.1007/s12144-021-02528-3.
112. Weishaupt, H. Inklusion als umfassende schulische Innovation: Streitbare Anmerkungen zu einer wichtigen Schulreform [Inclusion as a comprehensive school innovation: Controversial comments on an important school reform]. In *Schulische Inklusion [Inclusion in school]*; Moser, V. Lütje-Klose, B., Eds.; Beltz Juventa: Weinheim, Germany, 2016; pp. 27–41, ISBN 978-3779935094.
113. [blinded for peer review]
114. Deutsche Forschungsgemeinschaft. FAQ: Humanities and Social Sciences. Available online: https://www.dfg.de/foerderung/faq/geistes_sozialwissenschaften/index.html (accessed on 17 February 2022).
115. World Medical Association. WMA's Declaration of Helsinki Serves as Guide to Physicians. *J. Am. Med. Assoc.* **1964**, *189*, 33–34, doi:10.1001/jama.1964.03070130073046.
116. World Medical Association. Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *J. Am. Med. Assoc.* **2013**, *310*, 2191–2194. doi:10.1001/jama.2013.281053.
117. European Union. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). *Off. J. Eur. Union* **2016**, *59*, 294.




Anhang B

Teilpublikation 2

Emmerichs, L.[†], Welter, V.D.E.[†], Schlüter, K. (2021a). University Teacher Students' Learning in Times of COVID-19. *Education Sciences*, 11(12), 776, <https://doi.org/10.3390/educsci11120776>

Article

University Teacher Students' Learning in Times of COVID-19

Lars Emmerichs [†], Virginia Deborah Elaine Welter [†] and Kirsten Schlüter ^{*}

Institute of Biology Education, University of Cologne, 50931 Cologne, Germany;
lars.emmerichs@uni-koeln.de (L.E.); virginia.welter@uni-koeln.de (V.D.E.W.)

* Correspondence: kirsten.schlueter@uni-koeln.de

† These authors contributed equally to this article and share first authorship.

Abstract: At the beginning of the COVID-19 pandemic in spring 2020, school and university learning were abruptly switched to distance learning, coming along with psychological strains and various learning lags on the part of the students. These problems come to a head when focusing on university teacher students, since an expectable competence lag on their part, similarly arising from pandemic-caused distance learning in university teacher training, could affect their future teaching in schools, possibly then disadvantaging school students a second time. To determine changes of teacher students' self-concept of professional knowledge, we used data of a repeated cross-sectional survey carried out in a period from 2018 to 2021, including several comparable cohorts of overall $N = 395$ teacher students. This design allowed for splitting the participants in two groups relating to times before and after switching to distance learning. Our results show that the switch to distance learning goes hand in hand with lower scores on almost every dimension of teacher students' self-concept of professional knowledge, although, in parallel, their scores on variables such as openness to experiences, agreeableness, and conscientiousness increased significantly, indicating a certain degree of compliance with the new situation. Beyond that, we report on an evaluative survey among $N = 84$ teacher students carried out in July 2020, offering further insights into their situation during the first semester of distance learning. Its results primarily show which specific aspects of distance learning the students consider in need of improvement. On the other hand, it becomes clear that they experienced handicaps in various areas, accompanied by a significant decrease of their core self-evaluations when comparing them to a reference sample. Practical implications and recommendations that can be derived from these results are discussed.

Keywords: teacher students; COVID-19; distance learning; professional knowledge; self-concept of abilities



Citation: Emmerichs, L.; Welter, V.D.E.; Schlüter, K. University Teacher Students' Learning in Times of COVID-19. *Educ. Sci.* **2021**, *11*, 776. <https://doi.org/10.3390/educsci11120776>

Academic Editor: Eila Jeronen

Received: 11 November 2021

Accepted: 29 November 2021

Published: 30 November 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

In spring 2020, the similar measures against the pandemic spread of the COVID-19 virus that were taken by nations around the world spontaneously focused on so-called lockdowns. As a result, economic and social life have been restricted as much as possible in terms of reducing them to what is absolutely necessary [1,2]. A comprehensive overview of the various publications on global COVID-19 management is provided by Karakose et al. [3]. Many people experienced isolation and psychological stress due to the restriction of social contacts [4–6]. Some studies on consequences of COVID-19-related lockdowns even suggest changes on central dimensions of personality [7,8], which are actually considered to be rather stable under normal circumstances [7,9,10]. However, such results turn out to be quite inhomogeneous by indicating no [11], more [7], or less changes [8] on different rather adaptive (e.g., decreased neuroticism, increased conscientiousness) [7,8] as well as rather non-adaptive personality traits (e.g., decreased agreeableness) [8].

When focusing on education in particular, lockdowns imply the closure of universities and schools, and thus affect both the teachers in these institutions and, of course, primarily students [12]. The abrupt switch of learning from school and university to previously

unfamiliar distance learning [1,13] can be related to difficulties in students' understanding, knowledge acquisition and, finally, academic achievement [14–17]. Causes of these difficulties are, to some extent, certainly to be found in basic conditions related to education policy and digital infrastructure [18,19]. Beyond that, rather individual factors can be assumed on the part of both learners and teachers.

On part of the learners, on the one hand, the deprivation of social experience of learning in school and restriction to the family context seems questionable from a developmental psychological perspective [1,20–22]. On the other hand, with respect to academic achievement in particular, social distancing from the relevant reference group of fellow pupils/students means diminishment of the social dimension of comparison that is decisive for the development of a stable and realistic self-concept of abilities [23,24]. According to the approach of self-enhancement [24,25] and the reciprocal effects model (REM) [26–28], the self-concept of abilities is, in turn, strongly positively related to academic achievement [24,25,29,30]: poor achievement leads to a weaker self-concept of abilities and a weaker self-concept of abilities in turn leads to even poorer achievement. Therefore, questions about the basic cause for current difficulties of learners remains open, since both factors occurred concomitantly during the pandemic situation: declines in academic achievement [14–17] and reduction of social comparisons regarded essential for the development of a stable self-concept [1,20–24].

Finally, individual factors on the part of teachers (e.g., professional knowledge) must be considered as a potential (co-) cause for students' learning difficulties, too. In the 1990s, Sanders and Rivers [31] were able to show that the crucial factor regarding students' learning success relates to the teacher's professional competence—a result that has also been approved by Hattie's [32] well-known meta-analysis. In practical terms, this means that good teachers enable their students to learn successfully regardless of the type of school or other structure characteristics of the educational system and the learning environment (e.g., class size or equipment). This most meaningful characteristic of a good teacher is particularly relevant for low-achieving students or those from low-income or poorly educated parents. Especially for these learners, a permeability of social stratification can be supported by teachers' professional competence [32]. Although (in fairness) it cannot be assumed that Hattie and other researchers were able to refer to such an exceptional situation as the COVID-19 pandemic, it certainly cannot be ruled out that teachers' professional competence at least can have a significant impact on students' learning success in times of COVID-19 as well.

1.1. Teachers' Professional Knowledge and Digital Skills

A meaningful facet of teachers' professional competence is their professional knowledge, whose conceptualization follows a well-known approach by Shulman [33,34], differentiating three decisive domains of knowledge:

- Content knowledge (CK) describes in-depth knowledge and understanding of the teaching subject that enables teachers to organize lessons successfully and monitor the students' learning progress adequately in terms of the subject's content.
- Pedagogical knowledge (PK) is regarded as being interdisciplinary and refers to knowledge about learning and learners, classroom management, educational psychology, and development processes.
- Pedagogical content knowledge (PCK) refers to a specific transformation of CK, intending an effective and flexible use in the classroom to make the content understandable to the learners. This combination of CK and PK elements constitutes PCK as a specific domain of professional knowledge, whose theoretically assumed independence has also been confirmed empirically in the meantime [35,36]. PCK includes aspects such as knowledge about conceptual ideas of learners or specific instruction strategies.

In addition to these domains of professional knowledge, teachers are expected to hold specific affective, motivational, volitional, and attitude-related characteristics and skills

as well, which enable them to adequately respond to individual learners and to motivate their activity in the classroom [32,37].

Since digital teaching and learning have become increasingly important during the past two decades, Mishra and Koehler [38] proposed an enrichment of the three domains of teachers' professional knowledge by adding relevant aspects in this regard. Accordingly, their technological pedagogical content knowledge (TPACK) model specifies additional domains of knowledge, relating to skills that enable teachers to use technology successfully in the classroom. The TPACK model is made up of three basic domains, (1) technological knowledge (TK) as well as (2) PK and (3) CK in terms of Shulman [33,34], and the four possible overlaps between them, (4) PCK, (5) technological content knowledge (TCK), (6) technological pedagogical knowledge (TPK), and (7) TPACK [38,39]. Similar to PCK in terms of Shulman [33,34], TPACK is designed as an independent domain of knowledge which, however, is made up of the transformation of learning content, considering educational *and* technological aspects [38–42] (see Figure 1).

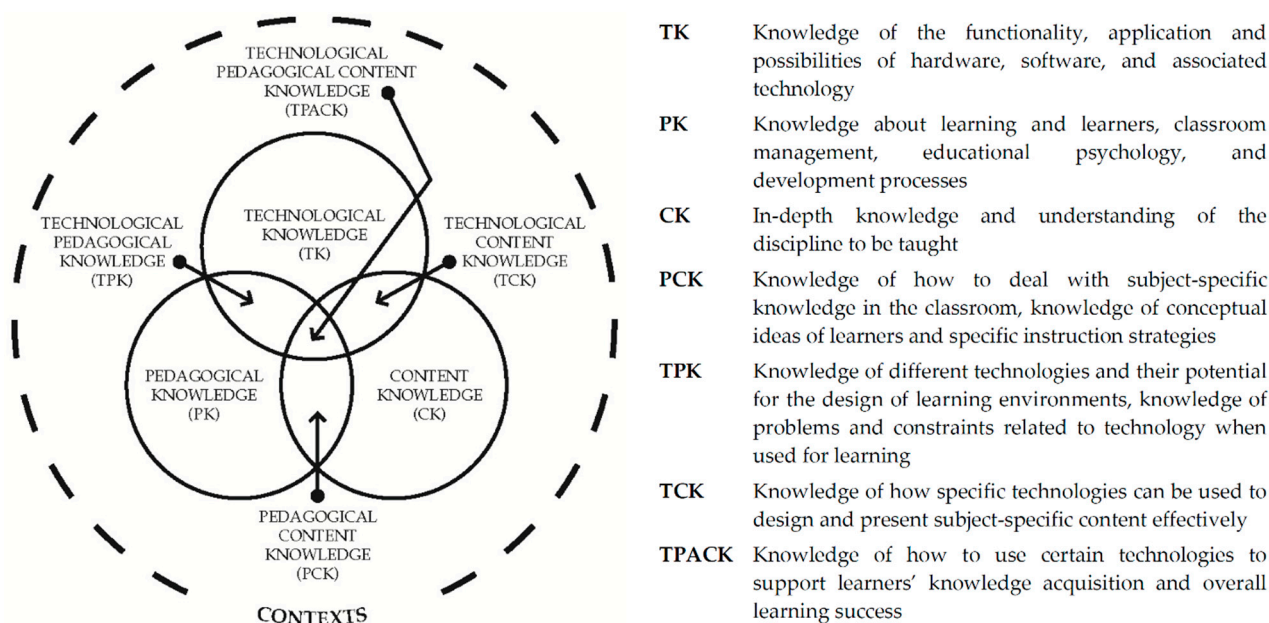


Figure 1. Knowledge domains represented by the TPACK model [38].

These components of the TPACK model can also be found in more recent conceptualizations such as the European Framework for the Digital Competence of Educators (DigCompEdu) [43,44]. However, with its three comprehensive domains (1) educators' professional competences, (2) educators' pedagogic competence, and (3) learners' competences, DigCompEdu goes well beyond Mishra and Koehler's [38] model by referring much more specifically to teachers' and learners' digital competence. For example, DigCompEdu explicitly operationalizes criteria such as organizational communication, formative evaluation of digital teaching and learning, or promotion of learners' digital competence, which are regarded to significantly contribute to successful teaching and learning using digital technology [43,44].

1.2. Digital Teaching and Learning before and during the COVID-19 Pandemic

In Germany, competencies related to an effective integration of digital technology in the classroom were meanwhile explicitly taken up by several initiatives of educational policy [45,46], primarily focusing on teacher training. In addition, inclusive learning, i.e., integrating heterogeneity and diversity in the classroom, is increasingly being recognized as a challenge for teachers which needs to be addressed more intensely in teacher training [47–49]. Despite these initiatives, however, it has become clear several times over the past few

years, and especially during the COVID-19 pandemic, that their effective transfer to the educational system still requires some effort [19,50–52]. Above all, digitalization's full potential regarding a successful inclusivity in the classroom has not been tapped yet, associated with the risk of continually contributing to or even increasing inequality in the end [53–55]. Accordingly, identifiable potential for optimizing the status quo became, at best, (again) particularly clear against the background of the COVID-19 pandemic. Therefore, Sliwka and Klopsch [56] consistently use the term “disruptive innovation” for those (poorly prepared) measures that have now been taken ad hoc.

Resulting challenges and consequences for learners are being highlighted by empirical studies that have promptly been carried out internationally [1,22,57–60], partly also considering aspects of the social state and equal opportunities of learners [15,61,62]. Although clear and consistent conclusions are still pending with respect to the causes of reduced learning success of students, various and, finally, interacting factors have been brought to discussion. However, it must also be considered that these factors may only have become more apparent due to the pandemic but have already existed under pre-pandemic conditions [63].

On part of the school students, the simple loss of effective learning time and the resulting learning lags seem most important [15]. Furthermore, factors such as a possible lack of support from parents and friends, a deprived social background, limited opportunities to ask understanding-related questions that are answered immediately, and a lack of familiarity with digital and self-regulated learning are discussed [59,61,64,65].

In the same way, the pandemic-related situation of university students is characterized by a loss of effective learning time, a lack of support that is usually provided in the context of face-to-face lectures, and a lack of practical exercise in particular [66–68]. In addition, the loss of students' side jobs, resulting from closing of retail, gastronomy, and other sectors, resulted in financial strain and trembling uncertainty, representing an unfavorable background for developing and maintaining solid learning motivation required for successful self-regulated learning [67,69–72].

Basically, it can be expected that teacher students are affected by these difficulties in a similar manner to students in general, but perhaps with more far-reaching consequences. At first glance, one could possibly assume that academic years of digital distance learning might even have strengthened teacher students' TPACK-related skills by gaining first-hand experience. However, it must be taken into account that merely increased use of digital tools and media per se rather strengthens skills other than those specified in the TPACK model [38]. The ability to integrate and transform CK, PK, and TK elements towards TPACK competencies [38,39] can hardly be promoted by simply transforming regular on-site university courses to digital presentations [73]. To this end, just like in the case of general PCK skills, appropriate learning opportunities including practical exercise are required [74,75]. Since the beginning of the COVID-19 pandemic, there have been extensive restrictions on practical training both for university teacher students and student teachers in school [76–78]. School teaching is a complex social situation that aspiring teachers must learn to deal with practically to become able to regulate relevant processes in terms of students' learning success [79–81]. Given this primary goal of teacher education, it seems questionable that appropriate training can be offered via mere distance learning [69,78,82–84]. Probably resulting competence lags among aspiring teachers could therefore not only relate to academic and subject-specific content knowledge but also to PCK-specific skills in particular. Since such competence lags can have a significant impact on the teacher students' future school teaching [31,32], school students could be disadvantaged twice if the worst comes to the worst: at first by pandemic-caused homeschooling and its associated problems, and some time later by teachers who are not optimally trained.

1.3. Research Questions

Only if potential lags are recognized and specified would it be possible to correct them early enough to prevent the possible far-reaching consequences described above.

Against this background, we conducted two different studies to contribute to the status quo's clarification by taking a closer look at the current situation of teacher students and their professional knowledge in particular. Within this scope, we tried to answer one major (RQ1) and three exploratory minor research questions (RQ2 to RQ4):

- RQ1: Do two comparable groups of teacher students, of which one was surveyed before and the other after switching to distance learning, show differences regarding their self-concept of professional knowledge? Additionally, if that should be the case, are such differences to the disadvantage of the group surveyed after switching to distance learning?
- RQ2: Do the two groups considered in RQ1 score differently regarding main personality characteristics? Does the group surveyed after switching to distance learning, for example, score higher on neuroticism (sensitivity/nervousness), and if that should be the case, do such differences suggest any clarification regarding RQ1?
- RQ3: What are teacher student's perceptions of distance learning? How do they evaluate factors associated with successful teaching and learning at the end of the first semester of distance learning (spring semester 2020)? How could their digital competence and attitude towards digital teaching and learning be characterized? How do they rate the technical conditions? Do they report specific handicaps at that time?
- RQ4: How could teacher students' view of their own person and confidence in their own abilities be characterized in spring semester 2020? Are their core self-evaluations congruent with those of a reference sample or do they deviate significantly?

2. Materials and Methods

The two different studies we conducted to answer our research questions both focus on teacher students' learning in times of COVID-19. Although both studies were originally independent of each other, we decided to report them together, as their research questions turned out to be an excellent match (see Section 1.3). Furthermore, they provide interesting findings, which can be used to interpret their respective results reciprocally (see Section 4). Study 1 was based on a repeated cross-sectional design and was carried out in a period from 2018 to 2021 among biology teacher students. This study primarily aimed at assessing the teacher students' self-concept of professional knowledge (RQ1) as well as personality characteristics (RQ2). Study 2 included only one cross-sectional survey in July 2020 (after COVID-19's outbreak), aiming at assessing perceptions of distance learning among teacher students of different majors (RQ3) as well as their core self-evaluations (RQ4). In both studies, all surveys were designed as web-based questionnaires using the Qualtrics Survey software (SAP America, Newtown Township, PA, USA) [85].

2.1. Study 1

2.1.1. Sample and Procedure

In the period from 2018 to 2021, we repeatedly carried out cross-sectional surveys of several (basically comparable) cohorts of teacher students. These surveys always took place as part of the same courses at the Institute of Biology Education at our university, which were offered one time per academic year and should be completed by each student at a defined point in his or her teacher education program (nonrecurring participation). With this study, we originally aimed at answering the question of whether specific relationships between personality traits and commitment to innovation, as found in other contexts of organizational psychology, can also be shown in samples of teacher students. However, due to COVID-19's unpredictable outbreak, a part of the collected data can now also be used to specifically focus on pandemic-associated changes regarding the self-concept of professional knowledge (RQ1) and personality traits (RQ2). In total, $N = 395$ biology teacher students participated in our survey over the four academic years (see Figure 2). About 76% of the participants were female, 23% were male, and 1% was non-binary gender. On average, the sample was 22.50 ($SD = 2.93$) years old, and the students had already completed 4.78 ($SD = 1.52$) semesters of their teaching degree. In each of the surveys, the

participants were asked to complete both a questionnaire on the self-concept of professional knowledge and one on personality characteristics.

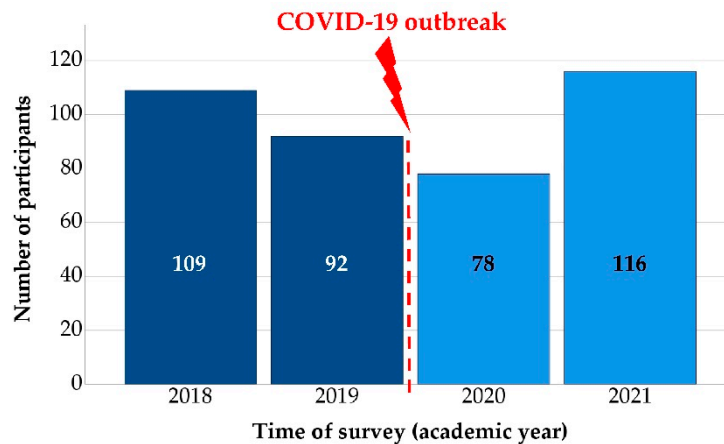


Figure 2. Numbers of participants per academic year.

2.1.2. Self-Concept of Professional Knowledge in Biology Questionnaire

The assessment of teacher students' self-concept of professional knowledge was based on the TPACK model's seven dimensions [38], which have been described in Section 1.1. To this, we used the TPACK questionnaire by Schmidt et al., whose validation study confirmed the instrument's objectivity, factorial structure, and validity [39]. The authors' subscales for the assessments of TK, PK, and TPK were adopted without any changes. Items for the assessments of the remaining subject-specific dimensions (CK, PCK, TCK, and TPCK) were specifically adapted for the subject of biology by replacing the original subjects of "mathematics", "social studies", "science", and "literacy" by those areas our biology teacher students were familiar with: "botany", "zoology", and "human biology". The two supplementary subscales ("models of TPACK" and open-ended questions) of Schmidt et al.'s [39] questionnaire were not used to make the survey as short and motivating as possible for our participants. Thus, our final questionnaire comprised overall 40 items, which should be answered on a 7-point Likert scale (1 = *strongly disagree* to 7 = *strongly agree*). Homogeneity of the subscales ranged between $\alpha = 0.84$ and 0.90 in our sample.

2.1.3. NEO Five-Factor Inventory

According to personality research's popular Big Five model [86], everyone can be characterized on a total of five cross-cultural replicable dimensions [87–89]:

- Neuroticism (sensitive/nervous vs. resilient/confident);
- Extraversion (outgoing/energetic vs. solitary/reserved);
- Openness to experience (inventive/curious vs. consistent/cautious);
- Agreeableness (friendly/compassionate vs. critical/rational);
- Conscientiousness (efficient/organized vs. extravagant/careless).

The German version of the NEO Five-Factor Inventory (NEO-FFI) [90] allows for a self-assessment on these dimensions using five 12-item scales. These 60 items should be rated each on a 5-point Likert scale (0 = *strongly disagree* to 4 = *strongly agree*). The NEO-FFI's objectivity, factorial structure, and validity are supported by previous findings [90,91]. Homogeneity of the subscales ranged between $\alpha = 0.71$ and 0.85 in our sample.

2.1.4. Statistical Methods

Our major research question (RQ1) referred to potential differences regarding biology teacher students' self-concept of professional knowledge before and after switching to distance learning, whereas the first of our minor research questions (RQ 2) related to potential changes of Big Five dimensions of personality. We answered RQ1 and RQ2 by

splitting the overall number of $N = 395$ participants into two groups (see Figure 2): The first group ($N = 201$; dark blue in Figure 2) was surveyed in academic years of regular on-site learning, the second group ($N = 194$; pale blue in Figure 2) was surveyed after switching to distance learning due to COVID-19.

Since the sample splitting was based on COVID-19's outbreak, we had to ensure the two groups' basic comparability next. All participants were biology teacher students who had been recruited from the same courses every academic year, so comparable teaching subjects and semesters of study were already ensured inherently. Thus, it was only necessary to test for potential baseline differences regarding gender and age variables, using χ^2 - and t -tests, respectively. Afterwards, we checked for parametric assumptions of the variables' multivariate normal distributions before carrying out group comparisons. To test whether there were global differences regarding the self-concept of professional knowledge (RQ1) and personality characteristics (RQ2) between the two groups, a multivariate analysis of variance (MANOVA) was each carried out first. The box test indicated unequal variance-covariance matrices in case of RQ1, which, however, was negligible in our case of large groups and almost equal sample sizes [92]. Univariate comparisons regarding both constructs' single dimensions were each checked in subsequent t -tests, considering inequality of variance where required (see Section 3.1).

2.2. Study 2

2.2.1. Sample and Procedure

To evaluate perceptions of distance learning, a large-scale survey among teachers and students belonging to different faculties and departments of our university was carried out. Among others, $N = 84$ teacher students of different majors participated in this study, whose data were extracted to report them separately in this paper. This means that all other participants of this university-wide evaluation (students and teachers of psychology, medicine, economics, etc.) are not considered here. About 85% of the $N = 84$ teacher students were female, 15% were male. On average, they were 25.20 ($SD = 5.31$) years old and had already completed 6.43 ($SD = 2.29$) semesters of their teaching degree. In this survey, the participants were asked to complete both a questionnaire on their perceptions of distance learning and one on their core self-evaluations.

2.2.2. Perception of Distance Learning Questionnaire

To evaluate perceptions of distance learning, we developed a 55-item questionnaire, covering the following evaluation aspects:

1. **Successful teaching and learning:** This subscale consisted of 17 items, covering relevant aspects relating to successful teaching and learning [32], e.g., encouragement of the learners to reflect on individual learning progress, reply to learners' questions, or fit between teaching formats and learning objectives. Each of these items should be rated twice. On the one hand, the teacher students were asked to give an absolute rating on a 4-point Likert scale (1 = *highly unsatisfactory* to 4 = *highly satisfactory*). On the other hand, they were asked to rate these aspects when comparing them to previous semesters of regular on-site learning ($-1 = inferior to on-site learning$ to $+1 = superior to on-site learning$). Homogeneities of both subscales were $\alpha = 0.90$ (absolute rating) and $\alpha = 0.93$ (comparison to on-site learning) in our sample.
2. **Attitude towards digital teaching and learning:** This subscale consisted of 9 items, covering relevant aspects relating to the teacher students' view of e-learning, e.g., potential to learn more flexibly or reduction of effort for learners and teachers. These items should be rated each on a bipolar scale (1 = *strongly disagree* to 10 = *strongly agree*). Homogeneity of this subscale was $\alpha = 0.93$ in our sample.
3. **Technical conditions:** This subscale consisted of 6 items, covering the teacher students' view of relevant technology-related aspects of e-learning, e.g., usability, technical support, or accessibility of courses. These items should be rated each on a 5-point

Likert scale (1 = *very poor* to 5 = *very good*). Homogeneity of this subscale was $\alpha = 0.69$ in our sample.

4. Digital skills: This subscale consisted of 13 items, covering the teacher students' self-concept of digital skills [43], e.g., abilities to use e-learning platforms, protect own digital data, or reflect on own usage behavior. These items should be rated each on a 4-point Likert scale (1 = *strongly disagree* to 4 = *strongly agree*). The homogeneity of the subscale was $\alpha = 0.81$ in our sample.
5. Handicaps: This supplementary question related to 10 categories, representing potential handicaps of the teacher students during the first semester of distance learning, e.g., infection with COVID-19, increased psychological stress, or financial problems. For each of these handicaps the students were asked to state whether it applied to them or not, so a selection of several categories was possible for every participant.

2.2.3. Core Self-Evaluations Scale

Core self-evaluations represent a personality trait, comprising aspects of self-esteem, self-efficacy, locus of control, and neuroticism. Taken together, these aspects reflect peoples' fundamental view of their own person and confidence in their own abilities [93]. The Core Self Evaluations Scale (CSES) [94,95] consists of 12 items which should be rated each on a 5-point Likert scale (1 = *strongly disagree* to 5 = *strongly agree*). The CSES's objectivity, factorial structure, and validity are supported by previous findings [94–96]. Homogeneity of the scale was $\alpha = 0.84$ in our sample.

2.2.4. Statistical Methods

Our second minor research question (RQ3) referred to teacher students' perceptions of distance learning after COVID-19's outbreak, whereas RQ4 related to their core self-evaluations at that time. To answer these questions, we first calculated descriptive statistics, which were already sufficient to answer RQ3. Regarding RQ4, we additionally compared our teacher students' average CSES score to that of a reference sample ($N = 158$ young employees) from Germany [95], considering different sample sizes and variances by using a standardized effect size (Cohen's d). Finally, we carried out additional correlational analyses to explore how the different subscales relating to teacher students' perception towards distance learning correlated with each other as well as with the students' core self-evaluations. To this end, we first checked for distributional parameters of the variables considered. We found normal distributions in any case except for the number of handicaps. Accordingly, we calculated nonparametric Spearman correlations for the latter, whereas calculation of parametric Pearson correlations was appropriate in case of all other variables (see Section 3.2).

3. Results

3.1. Study 1

In study 1, we focused on the self-concept of professional knowledge (RQ1) and Big Five personality characteristics (RQ2) of biology teacher students who were surveyed before or after switching to distance learning. As comparable teaching subjects and semesters of study were already ensured inherently by sampling, we only tested for potential baseline differences regarding gender and age variables (see Section 2.1.4). Corresponding t - and χ^2 -tests indicated neither differences regarding the groups' average age, $t(187.36) = 1.00$, $p = 0.36$, nor gender distribution, $\chi^2(3) = 3.28$, $p = 0.35$. Consequently, no covariates or interacting factors were included additionally in subsequent statistical analyses.

3.1.1. Self-Concept of Professional Knowledge

MANOVA results indicated significant global differences between the two groups, $F(7, 387) = 6.58$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.11$, $d_{\text{Cohen}} = 0.70$. Subsequent t -tests to check for differences on single dimensions of the biology teacher students' self-concept of professional knowledge (see Table 1) showed significantly lower scores of the group surveyed after switching to

distance learning on all subscales except TK. In this connection, the largest significant difference was related to the subscale of PCK, $t(355.49) = 5.44$, $p < 0.001$, $d_{\text{Cohen}} = 0.55$; the smallest significant difference was related to the subscale of CK, $t(393) = 2.27$, $p < 0.05$, $d_{\text{Cohen}} = 0.23$.

Table 1. Differences regarding the self-concept of professional knowledge between comparable groups of students before and after switching to distance learning.

Dimensions of Self-Concept of Professional Knowledge	Style of Learning	<i>n</i>	<i>M</i> ¹	<i>SD</i>	<i>t</i> -Test	<i>d</i> _{Cohen}
TK	on-site	201	4.28	1.21	$t(386.25) = 0.29$	
	distance	194	4.31	1.03		
CK	on-site	201	4.63	0.82	$t(393) = 2.27^*$	0.23
	distance	194	4.43	0.93		
PK	on-site	201	5.19	0.85	$t(393) = 3.10^{**}$	0.31
	distance	194	4.93	0.83		
PCK	on-site	201	4.99	0.90	$t(355.49) = 5.44^{***}$	0.55
	distance	194	4.40	1.21		
TCK	on-site	201	4.56	1.16	$t(379.08) = 5.25^{***}$	0.53
	distance	194	3.90	1.35		
TPK	on-site	201	5.01	0.90	$t(393) = 3.62^{***}$	0.36
	distance	194	4.66	1.01		
TPCK	on-site	201	4.78	1.00	$t(363.82) = 4.83^{***}$	0.49
	distance	194	4.21	1.30		

Annotation. ¹ Scale labeling: 1 = strongly disagree; 2 = disagree; 3 = partially disagree; 4 = neither disagree nor agree; 5 = partially agree; 6 = agree; 7 = strongly agree; TK = technological knowledge; CK = content knowledge; PK = pedagogical knowledge; PCK = pedagogical content knowledge; TCK = technological content knowledge; TPK = technological pedagogical knowledge; TPCK = technological pedagogical content knowledge; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

3.1.2. Big Five Personality Characteristics

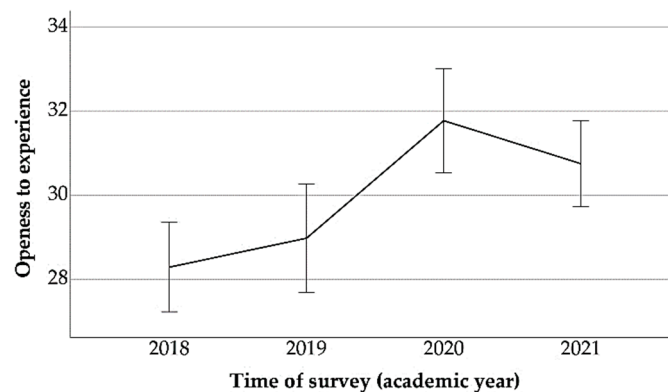
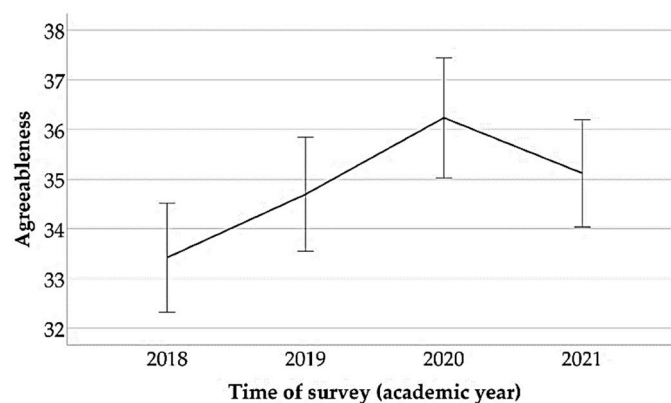
MANOVA results indicated significant global differences between the two groups, $F(5, 388) = 7.65$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.09$, $d_{\text{Cohen}} = 0.63$. Subsequent *t*-tests to check for differences on single Big Five dimensions (see Table 2) showed significantly higher scores of those students who were surveyed after switching to distance learning on the three subscales of openness to experience, agreeableness, and conscientiousness. In this connection, the largest significant difference was related to the subscale of openness to experience, $t(392) = 4.41$, $p < 0.001$, $d_{\text{Cohen}} = 0.44$; the smallest significant difference was related to the subscale of agreeableness, $t(393) = 2.64$, $p < 0.01$, $d_{\text{Cohen}} = 0.27$.

Although our sampling and baseline difference testing were sufficient in excluding significant influences of potentially confounding variables regarding the self-concept of professional knowledge (level of education, etc.), this procedure is not robust with respect to personality due to its dependence on several other influencing factors [97,98]. Since these numerous factors of peoples' personal biography could have hardly been captured in our study, we have chosen another approach to at least make a rough estimate of whether the significant differences on Big Five dimensions could actually have been caused by factors related to COVID-19's outbreak, or if they are rather an independent, general trend. To this end, we have created line diagrams, visualizing the scores on the three dimensions of openness to experience, agreeableness, and conscientiousness over the course of the four academic years of measurement (see Figures 3–5). These diagrams offer a comparable pattern for all three variables: before COVID-19's outbreak, the scores were basically stable (except agreeableness), then rose significantly in 2020 (COVID-19 outbreak) and, finally, slightly tended back towards their baseline value when the pandemic situation eased off due to vaccination campaigns in 2021.

Table 2. Differences regarding the Big Five dimensions of personality (NEO-FFI) [90] between comparable groups of students before and after switching to distance learning.

Big Five Dimensions	Style of Learning	<i>n</i>	<i>M</i> ¹	<i>SD</i>	<i>t</i> -Test	<i>d</i> _{Cohen}
Neuroticism	on-site	201	20.42	7.62	<i>t</i> (393) = 1.65	
	distance	194	21.69	7.98		
Extraversion	on-site	201	29.79	5.80	<i>t</i> (384.91) = 0.45	
	distance	194	30.09	6.48		
Openness to experience	on-site	201	28.62	5.85	<i>t</i> (392) = 4.41 ***	0.44
	distance	194	31.13	5.43		
Agreeableness	on-site	201	34.04	5.65	<i>t</i> (393) = 2.64 **	0.27
	distance	194	35.55	5.61		
Conscientiousness	on-site	201	32.63	6.13	<i>t</i> (393) = 3.23 **	0.33
	distance	194	34.68	6.19		

Annotation. ¹ Cumulative scale values could basically range from a minimum 0 to a maximum 48; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

**Figure 3.** Openness to experience scores over the course of all four points of measurement of our repeated cross-sectional design.**Figure 4.** Agreeableness scores over the course of all four points of measurement of our repeated cross-sectional design.

3.2. Study 2

In study 2, we focused on teacher students' perceptions of distance learning (RQ3) as well as their core self-evaluations at the end of the first semester of distance learning (RQ4).

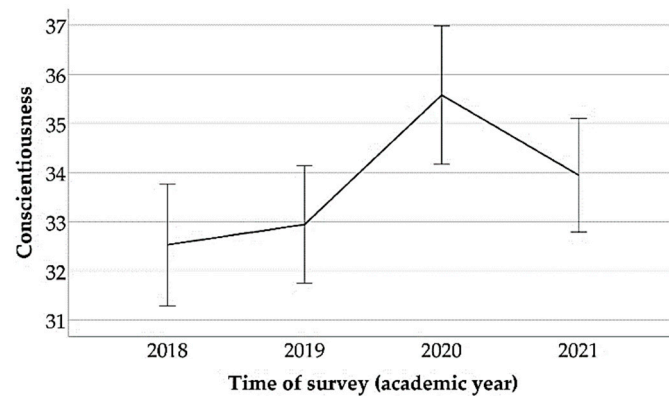


Figure 5. Conscientiousness scores over the course of all four points of measurement of our repeated cross-sectional design.

3.2.1. Perceptions of Distance Learning

On average, our sample of $N = 84$ teacher students rated relevant aspects relating to successful teaching and learning between slightly and somewhat satisfactory ($M = 2.50$, $SD = 0.54$). The aspect of “motivating the learners to continuously deal with a topic” was rated worst ($M = 2.23$, $SD = 0.81$); the aspect of “replying to learners’ organizational matters” was rated best ($M = 2.85$, $SD = 0.87$). Furthermore, when the teacher students were asked to compare the first semester of distance learning with previous semesters of regular on-site learning, they rated it overall as inferior ($M = -0.35$, $SD = 0.46$; see Table 3).

Table 3. Means and standard deviations regarding the rating of relevant aspects relating to successful teaching and learning in the first semester of distance learning.

Aspects Relating to Successful Teaching and Learning	Absolute Rating ¹		Compared to On-Site Learning ²	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Motivation of the learners to continuously deal with a topic	2.23	0.81	−0.38	0.76
Interaction with other students on learning contents	2.24	1.04	−0.44	0.77
Monitoring of the learners’ individual learning progress	2.29	0.87	−0.37	0.66
Communication of realistic learning goals	2.32	0.84	−0.38	0.68
Extent of the learning content ³	2.32	0.88	−0.61	0.62
Encouragement of the learners to reflect on individual learning progress	2.36	0.85	−0.30	0.71
Encouragement of the learners to participate actively in courses	2.39	0.85	−0.39	0.76
Structuring and portioning of the learning content	2.39	0.89	−0.44	0.68
Communication of learning contents’ practical relevance and usefulness	2.51	0.89	−0.31	0.60
Support of the learners in case of comprehension difficulties	2.51	0.94	−0.29	0.74
Level of complexity of the learning content	2.63	0.77	−0.30	0.62
Consideration of the learners’ prior knowledge and experiences	2.63	0.82	−0.26	0.54
Fit between teaching formats used and learning objectives	2.64	0.69	−0.40	0.71
Promotion of learning progress (knowledge, interest, practical skills)	2.65	0.77	−0.25	0.67
Reply to learners’ content-related questions	2.76	0.90	−0.23	0.72
Communication of organizational aspects (e.g., planned time flow)	2.77	0.94	−0.26	0.70
Reply to learners’ organizational matters	2.85	0.87	−0.27	0.63

Annotation. $N = 84$ teacher students; ¹ scale labeling: 1 = highly unsatisfactory; 2 = slightly satisfactory; 3 = somewhat satisfactory; 4 = highly satisfactory; ² scale labeling: −1 = inferior to on-site learning; 0 = neither inferior nor superior to on-site learning; +1 = superior to on-site learning; ³ extent was rated excessive (adaptive specification item).

Regarding their attitude towards digital teaching and learning, the teacher students showed almost neutral scores on average ($M = 5.31$, $SD = 2.62$). The lowest agreement was found for the statement of “long-term effort reduction” ($M = 3.55$, $SD = 3.40$); the

highest agreement was found for the statement of “more flexibility in learning” ($M = 7.04$, $SD = 3.30$; see Table 4).

Table 4. Means and standard deviations regarding the attitude towards digital teaching and learning in the first semester of distance learning.

Aspects Relating to the Attitude Towards Digital Teaching and Learning	M^1	SD
The integration of e-learning elements reduces the students' effort in the long term.	3.55	3.40
E-learning enables a better handling of heterogeneous groups of learners.	4.21	3.26
The use of e-learning has more advantages than disadvantages.	4.79	3.28
In the future, I would like to use more e-learning in my university studies.	5.14	3.71
The use of e-learning overall enriched my university studies.	5.14	3.37
The integration of e-learning elements reduces the lecturers' effort in the long term.	5.42	2.97
A targeted integration of e-learning can offer scopes for on-site learning and more personal support for every student.	5.60	3.35
I am happy with the opportunity to use e-learning in my university studies.	6.93	2.96
E-learning enables students to learn more flexibly.	7.04	3.30

Annotation. $N = 84$ teacher students; ¹ bipolar scale ranging from 1 = strongly disagree to 10 = strongly agree.

Additionally, the teacher students rated the technical conditions of digital teaching and learning moderately ($M = 3.10$, $SD = 0.70$). “Accessibility of courses (e.g., for disabled students)” was rated worst ($M = 1.87$, $SD = 1.12$); “software equipment” was rated best ($M = 3.73$, $SD = 0.92$; see Table 5).

Furthermore, the teacher students rated their own digital skills as rather good on average ($M = 3.03$, $SD = 0.41$). The worst rated was their knowledge of legal regulations when dealing with digital media ($M = 2.27$, $SD = 0.92$); as best they rated their skills in using e-learning platforms ($M = 3.80$, $SD = 0.40$; see Table 6).

Table 5. Means and standard deviations regarding the technical conditions of digital teaching and learning in the first semester of distance learning.

Technical Conditions of Digital Teaching and Learning	M^1	SD
Accessibility of courses (e.g., for disabled students)	1.87	1.12
Technical support	2.70	1.14
Effort to come to terms with	3.13	1.17
Usability (navigation, clear arrangement, etc.)	3.44	1.13
Available hardware equipment (PC, laptop, DSL router, microphone, etc.)	3.71	1.15
Available software equipment (e-learning platforms, video software, audio software, etc.)	3.73	0.92

Annotation. $N = 84$ teacher students; ¹ scale labeling: 1 = very poor; 2 = rather poor; 3 = neutral; 4 = rather good; 5 = very good.

Finally, regarding potential handicaps, $N = 66$ (79%) out of overall $N = 84$ teacher students reported that they had to struggle with at least one, e.g., $N = 49$ (58%) reported increased psychological stress, followed by financial problems ($N = 24$, 29%), and technical difficulties when using e-learning ($N = 21$, 25%). An overview considering all categories of handicaps can be found in Table 7. Furthermore, of the $N = 66$ teacher students who stated that they had to struggle with handicaps, only $N = 5$ were convinced that these could be adequately compensated by special arrangements offered by the university. In contrast, $N = 39$ expressed doubts about this and $N = 22$ even stated that they definitely did not experience adequate compensation.

Table 6. Means and standard deviations regarding the teacher students' digital skills in the first semester of distance learning.

Digital Skills	M^1	SD
I can describe and comply with legal regulations (copyright, license agreements, etc.) when using digital information.	2.27	0.92
I can describe quality characteristics for rating digital information.	2.64	0.83
I can take measures to protect my digital data.	2.65	0.86
I feel able to advise or guide other students in the use of e-learning.	2.85	0.74
I critically reflect on my own usage behavior of digital media (media types and content, duration, and locations, etc.).	2.99	0.77
I can describe forms of online cooperation.	3.04	0.69
I can edit videos and images.	3.07	0.92
I know digital sources for researching expert information.	3.10	0.79
I can manage files digitally (e.g., using network drives or cloud storage).	3.11	0.79
I can describe several functions of typical Web 2.0 tools (e.g., social networks, blogs, wikis, forums).	3.12	0.65
I can identify potential problems and opportunities in online communication.	3.15	0.63
I can use MS Office applications (word processing, spreadsheets, presentations, etc.).	3.60	0.54
I can use e-learning platforms related to my courses (e.g., join a forum discussion, download materials, upload files, contact other students).	3.80	0.40

Annotation. $N = 84$ teacher students; ¹ scale labeling: 1 = strongly disagree; 2 = rather disagree; 3 = rather agree; 4 = strongly agree.

3.2.2. Core Self-Evaluations

The students achieved an average CSES score of 3.53 ($SD = 0.56$), indicating a neutral to slightly positive rating of themselves and their confidence in their own abilities [93,95,99]. Compared to a German reference sample ($N = 158$ young employees), achieving a CSES average score of 3.88 ($SD = 0.55$) [95], however, the rating of our teacher students deviates significantly and with a medium effect size of $d_{Cohen} = 0.63$.

Table 7. Number of reported handicaps in the first semester of distance learning.

Handicaps ^{1,2}	n	%
Increased psychological stress	49	58
Financial problems	24	29
Technical problems when using e-learning	21	25
Childcare	12	14
Care for relatives	7	8
Severely at risk of COVID-19	5	6
Quarantine order	5	6
Chronic illness or disability	2	2
Infection with COVID-19	0	0
Other	9	11

Annotation. $N = 84$ teacher students; ¹ a selection of several categories was possible; ² handicaps do not only refer to distance learning but include all kinds of impairment of successful learning (e.g., anxiety, isolation, absence of student assistants for disabled students, etc.).

3.2.3. Additional Correlational Analyses

Regarding the rating of aspects relating to successful teaching and learning, the correlation analyses show the highest relation to the attitude towards digital teaching and learning ($r = 0.66$, $p < 0.001$), which is, on the other hand, moderately related to technical conditions ($r = 0.41$, $p < 0.001$) and the number of handicaps ($r = -0.39$, $p < 0.001$). The closest association with the students' core self-evaluations was found for digital skills ($r = 0.43$, $p < 0.001$). An overview of the correlational results considering all variables can be found in Table 8.

Table 8. Correlations between the different subscales relating to teacher students' perceptions of distance learning and core self-evaluation scores.

Variables	1	2	3	4	5	6
1 Aspects relating to successful teaching and learning	—					
2 Technical conditions	0.40 ***	—				
3 Digital skills	0.17	0.07	—			
4 Attitude towards digital teaching and learning	0.66 ***	0.41 ***	0.17	—		
5 Number of handicaps ¹	−0.38 ***	−0.38 ***	−0.19	−0.39 ***	—	
6 Core self-evaluations	0.32 **	0.34 **	0.43 ***	0.25 *	−0.35 **	—

Annotation. $N = 84$ teacher students; ¹ since the number of handicaps was not normally distributed, Spearman correlations (instead of Pearson) are reported for this variable; * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$.

4. Discussion

The results of study 1 (see Section 3.1) show significant differences on almost every dimension of the teacher students' self-concept of professional knowledge with lower scores for the group surveyed after switching to distance learning. Additionally, the two groups scored differently on three Big Five dimensions: openness to experiences, agreeableness, and conscientiousness. The results of study 2 (see Section 3.2) show that the aspects relating to successful teaching and learning were rated only between slightly and somewhat satisfactory in the first semester of distance learning. Furthermore, the teacher students rated these aspects as inferior to on-site learning, although they showed an almost neutral (i.e., no negative) attitude towards digital teaching and learning, which turned out to be highly positively correlated with their rating of aspects relating to successful teaching and learning. Beyond that, the teacher students reported handicaps in various areas, accompanied by a significant decrease of their core self-evaluations when comparing them to a reference sample [95].

4.1. Study 1

Our major research question (RQ1) referred to potential differences regarding biology teacher students' self-concept of professional knowledge before and after switching to distance learning. RQ1 can be answered quite clearly, as our results show significant differences on six out of seven dimensions of the TPACK model [38], reflecting a disadvantage of the group surveyed in times of distance learning (see Section 3.1.1). Taking into account our previous theoretical considerations (see Section 1), two explanations for these results suggest themselves: on the one hand, the lower ratings could reflect an actual deficit in knowledge acquisition during distance learning. This explanation would be in line with those empirical findings that have now clearly shown that the unprepared switch to distance learning has been problematic for the learning success of school and university students due to limited opportunities of communication, technical difficulties and/or a lack of abilities regarding self-regulated learning [15,57,58,82,100,101]. On the other hand, the lower scores of the group surveyed after switching to distance learning could also be attributed to difficulties in validly rating their own abilities, caused by diminishment of the social dimension of comparison that is decisive for the development of a stable and realistic academic self-concept [23,24]. Social distancing and distance learning limit the possibilities for personal interaction, communication, and group formation as well as the continuous maintenance of such social processes dramatically [102]. The argument that reducing the opportunities for social comparison complicates the development of a stable self-concept of abilities [23,24] emphasizes the dependence of such a self-assessment on the respective context of reference [103–105]. While a social context of reference includes interaction and comparisons of one's own academic achievement to that of peers in the same field, an individual context of reference refers to comparisons of one's own current to one's own previous achievement [106]. The assessments of those teacher students who were surveyed after switching to distance learning will therefore have largely been determined by such

intraindividual comparisons. When following Tesser's [107] theory of self-evaluation maintenance as well as the empirical results of Elsholz [108], it seems possible that these self-reference-based assessments could even represent a kind of overestimation of one's own abilities compared to assessments that would have been expected under conditions including valid social comparisons. In other words, it seems possible that our participants' self-concept of professional knowledge has actually been even lesser pronounced than reported.

Our first minor research question (RQ2) focused on potential group differences on the Big Five dimensions of personality that may suggest any clarification regarding RQ1. Indeed, the significantly higher openness to experience, agreeableness, and conscientiousness scores of the group surveyed after switching to distance learning provide useful insights in this regard (see Section 3.1.2). In previous empirical studies, conscientiousness and openness to experience in particular were repeatedly considered to be helpful regarding successful studying [109–115]. Higher scores on these dimensions could therefore be interpreted as indicators of a positive psychosocial adaptation that the group surveyed after switching to distance learning performed to constructively cope with the new demands and strains on behalf of their teacher training [109–115]. This possibility would be consistent with our finding that the respective scores tended towards lower values again as the pandemic situation eased off in 2021 (see Figures 3–5). The adaptability of personality structures, which are actually assumed to be stable [7,9,10], was explored by Cook [116], for example. She was able to collect empirical evidence that people must be able to (volitionally) realize different characteristics on a trait to be able to meet different or changing requirements [116]. In line with these considerations, our findings clearly point to the opposite of resignation or a phlegmatic attitude on the part of the teacher students, who apparently tried to cooperate, to engage with the new situation of distance learning, and to organize their learning conscientiously [90,91]. From this point of view, however, it seems even more worrying that the respective teacher students showed such a significantly weaker self-concept of professional knowledge (see Section 3.1.1).

4.2. Study 2

Our second minor research question (RQ3) referred to teacher students' perceptions of distance learning, considering several evaluation aspects rated at the end of the first semester of distance learning. On average, relevant aspects relating to successful teaching and learning were rated only between slightly and somewhat satisfactory as well as inferior to on-site learning (see Section 3.2.1). This finding can be seen to be in line with the weaker self-concept of professional knowledge of the other group of teacher students in study 1 (see Section 3.1.1). While aspects related to replies to students' organizational and content-related questions as well as communication about organizational matters scored comparatively better, those aspects that were closely related to university teachers' didactic approaches and peer interaction were rated particularly worse. This result conforms to previous empirical findings (see Section 1), which have already identified these aspects as particularly problematic for the learning success of school students during times of distance learning [16,66,69,70,72]. In comparison to previous semesters of regular on-site learning, it is noticeable that the extent, structure, and portioning of the learning content was rated worst by our sample, which is also reflected in the teacher students' attitude towards digital teaching and learning when they stated expectations of a high workload from digital teaching and learning in the long term. This perception can hardly be explained by a lack of digital skills on the part of the students, as they rated them as rather good on average and, furthermore, overall showed no negative attitude-related biases towards digital teaching and learning (see Section 3.2.1). Thus, the result may rather indicate that distance learning requires a fundamentally different didactic approach to regular on-site learning [117,118], which should be considered when designing lessons (see Sections 1.1 and 1.2). In this context, technical conditions (rated only as moderate) and accessibility of courses (rated as inadequate) could do with improving as well, to enable all students to

learn successfully. To ensure such inclusivity, however, it is also necessary to adequately compensate for existing handicaps of learners, but this aspect was rated as inadequate as well in the first semester of distance learning. Far more than half of the surveyed teacher students reported increased psychological stress, financial problems and/or technical problems related to e-learning (see Section 3.2.1). This finding is in line with those of other studies that have already identified almost the same factors as impediments regarding the learning success of university students during the pandemic situation [16,67,69,70,72,119].

Our third minor research question (RQ4) focused on the teacher students' core self-evaluations at the end of the first semester of distance learning. While Big Five traits have a primarily descriptive focus on personal characteristics [86,88], core self-evaluations are more evaluative by including personal experiences of success and an internal locus of control when dealing with tasks [94]. Since core-self evaluations are positively related to relevant outcome variables of satisfaction and performance in professional contexts [93,95,120,121], it seems alarming that this trait is significantly less pronounced in our sample than in the reference sample of Stumpp et al. [95] (see Section 3.2.2). Such reduced confidence in being able to successfully cope with professional demands can have a negative effect on professional performance and motivation both in the short and in the long term [32,120]. Whether our result is actually an effect of distance learning cannot be clarified on the basis of our design. However, a study of Ritchie et al. [122], who found a large negative effect especially of lockdowns on self-efficacy expectations in the general population, at least suggests that our samples' comparatively low core self-evaluation scores could be associated with the pandemic situation in a similar manner.

Additionally, our further exploratory correlational analyses showed that aspects relating to successful teaching and learning were rated more positively, the more positive the teacher students' attitude towards digital teaching and learning and their rating of technical conditions were. On the other hand, a more positive rating of technical conditions is further associated with a more positive attitude towards digital teaching and learning. Finally, the number of handicaps the students had to struggle with was solely negatively correlated with all other variables, i.e., an increasing number of handicaps went hand in hand with more negatively/lower ratings of aspects relating to successful teaching and learning, technical conditions, own digital skills, and core self-evaluations. On the other hand, higher core self-evaluation scores were closest associated with better digital skills, which is hardly surprising as the core self-evaluations primarily include confidence in one's own abilities and digital skills were the only skill-related construct assessed.

4.3. Summary

In summary, the following overall picture can be drawn from our single findings: study 1 shows that the switch to distance learning goes hand in hand with lower scores on almost every dimension of teacher students' self-concept of professional knowledge, although, in parallel, their scores on the Big Five dimensions of openness to experiences, agreeableness, and conscientiousness increased significantly (see Section 3.1), indicating overall a certain degree of compliance with the new situation [90,91,123]. Additionally, study 2 shows that relevant aspects relating to successful teaching and learning of the first semester of distance learning were rated as rather unsatisfactory and inferior to on-site learning by teacher students, although they did not show any attitude-related bias towards digital teaching and learning and rated their digital skills and technical conditions as rather good. On the other hand, it became clear that the teacher students experienced difficulties and disadvantages in various areas (e.g., financial problems, childcare), which can severely affect successful university studies [72,124]. Finally, these difficulties were accompanied by a significant decrease of the teacher students' core self-evaluations when comparing them to a reference sample [95], indicating a less positive view of their own person and less confidence in their own abilities [93,95,99] (see Section 3.2).

Although conclusions about causes and effects do not seem reasonable against the background of our research design, the considerable decreases on dimensions of the teacher

students' self-concept of professional knowledge found in study 1 seem converging towards the rather negative ratings of relevant aspects relating to successful teaching and learning, the comparably large number of handicaps, and the only moderate confidence in their own abilities at the end of the first semester of distance learning found in study 2.

4.4. Practical Implications and Recommendations

Our major research question-related findings refer to the approach of self-enhancement [24,25] and the REM [26–28]. Therefore, they suggest potentially far-reaching practical implications, as these research traditions constantly show medium to strong reciprocal relationships between the self-concept of abilities and academic achievement [24,25,29,30]. Given this, it seems obvious to assume that the weaker self-concept of professional knowledge of the group surveyed after switching to distance learning could actually be related to poorer academic achievement among the aspiring teachers. Considering the REM, on the one hand, the development of a self-reinforcing downward spiral on the part of the teacher students seems possible, since a weaker self-concept of abilities usually leads to poorer achievement and, in turn, poor achievement could lead to an even weaker self-concept of abilities, and so on [24,25,29,30]. On the other hand, considering the chain of effects between teacher training, teachers' professional competence, and learning success of school students, it seems possible that such competence lags on part of the aspiring teachers could have a negative impact on the learning success of their future school students [31,32], who are already struggling with learning lags due to the pandemic anyway [14–17]. It therefore seems essential to recognize and correct potential competence lags on the part of teacher students in sufficient time to enable them both to successfully complete their own teacher training and to successfully teach their future school students, avoiding further disadvantage for them.

Thus, we encourage other university teachers involved in teacher training to evaluate both their teacher students' achievement and self-concept of professional knowledge to quantify whether there are significant deviations from relevant reference samples or curricula specifications. The second step would be to compensate for potentially identified competence lags by offering specific additional university courses. Regardless of whether these offers are based on distance or on-site learning, implementation of consistent learning objectives, motivational didactic approaches (e.g., classroom discussions), feedback including formative evaluation and self-assessments of the students, clear communication about the learning content and its relevance, and scaffolding should be implemented, following Hattie's [32] metanalytical results. The definite goal of such measures is not only to compensate for competence lags, but also to consolidate a positive self-evaluation and self-efficacy of the aspiring teachers.

4.5. Limitations and Prospects for Future Research

Even though our results provide substantial clarification, they need to be evaluated in the light of the studies' limitations.

1. Study 1 was not based on a longitudinal design that would be necessary to validly determine changes over time. Therefore, the results must be interpreted with caution in this regard, although resulting impairment of internal validity could be reduced by (1) comparability of the cohorts on relevant potentially confounding variables regarding the TPACK dimensions [38] and (2) visual inspection of the line diagrams that visualize the NEO-FFI scores [90] over the course of the four academic years considered (see Sections 2.1.1 and 3.1).
2. Professional knowledge was not assessed directly (i.e., objective performance measure) in study 1. Instead, we decided to assess the teacher students' self-concept of knowledge (see Section 2.1.2), aiming at subsequently drawing conclusions about their factual performance. The reason for this was our intention to keep the burden on participants as low as possible. Nevertheless, we do not assume that this approach significantly affected internal validity of our conclusions, since self-concept of abilities

and academic achievement are usually moderately to highly correlated [24,25,29,30], so it can be assumed that self-assessment is a valid indicator of academic achievement. Nevertheless, in future studies, it would be desirable to assess objective performance parameters additionally, since such an approach would probably allow for more accurate identification of specific starting points of corrective interventions.

3. Regardless of the optimal statistical power of 0.80 of our statistical analyses within study 2, we surveyed a comparatively small sample of $N = 84$ teacher students of only one German university (see Section 2.2.1), which undoubtedly limits the generalizability of our results. Furthermore, study 2 was based on only one cross-sectional measure. Accordingly, although we were able to realize our intention to get a valid overview regarding the evaluation of the first semester of distance learning, no further conclusions can be drawn with respect to development of variables over time.
4. With respect to the different samples of both studies, it should finally be noted that although study 2 provides useful initial suggestions regarding the interpretation of the results from study 1, the respective participants can only be compared to a limited extent, since the teacher students in study 2, on average, had already completed one additional year of university teacher training and were partly enrolled in different teaching subjects (see Section 2.2.1).

Finally, regarding future research, it seems essential to carry out studies of comparable focus at other universities soon to gain a broad and valid insight into the current skills level and potential pandemic-associated competence lags on the part of teacher students. If our results could be replicated in other contexts and probably across different teaching subjects (i.e., others than biology), the educational policy-related question would arise as to which comprehensive and well-timed compensatory measures could be taken before the teacher students will have finished teacher training.

Author Contributions: Conceptualization, L.E., V.D.E.W. and K.S.; methodology, L.E. and V.D.E.W.; formal analysis, L.E. and V.D.E.W.; investigation, L.E. and V.D.E.W.; resources, K.S.; data curation, L.E. and V.D.E.W.; writing—original draft preparation, L.E. and V.D.E.W.; writing—review and editing, L.E., V.D.E.W. and K.S.; visualization, L.E. and V.D.E.W.; supervision, K.S.; project administration, V.D.E.W. and K.S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: In accordance with local legislation and institutional requirements, an ethics board approval was not required for this study on human participants. In Germany, as stated by the German Research Association (DFG) [125], the present survey did not require the approval of an ethics committee, because the research did not pose any threats or risks to the respondents, and it was not associated with high physical or emotional stress. Nevertheless, it is understood that we strictly followed all ethical guidelines as well as the Declaration of Helsinki [126,127] to ensure that none of the participants was subjected to harm in any way [128]. Before taking part in our survey, all participants were informed about its objectives, absolute voluntariness of participation, possibility of dropping out of participation at any time, guaranteed protection of data privacy (collection of only anonymized data), possibility of requesting data cancellation at any time, no-risk character of study participation, and contact information in case of any questions or problems. Furthermore, the respondents were explicitly given the opportunity to leave answers blank (study 1) or checking the statement “I do not want provide any information on this” (study 2). Data storage meets current European data protection regulations [129].

Informed Consent Statement: All subjects declared their informed consent before they participated in our surveys.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from V.D.E.W.

Acknowledgments: We thank Sandra Hofhues (Chair Critical Educational Technology and Media Education, FernUniversität in Hagen, Germany) for the constructive discussions we had on our study. Furthermore, we thank Dominique Kengels, who successfully completed her master’s degree at the University of Cologne in the meantime, for her help in recruiting participants for our study 2.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Bujard, M.; von den Driesch, E.; Ruckdeschel, K.; Laß, I.; Thönnissen, C.; Schumann, A.; Schneider, N.F. Belastungen von Kindern, Jugendlichen und Eltern in der Corona-Pandemie [Burdens on children, adolescents and parents in the corona pandemic]. *BiB. Bevölkerungs. Stud.* **2021**, *2*, 1–86. [CrossRef]
2. Onyeaka, H.; Anumudu, C.K.; Al-Sharify, Z.T.; Egele-Godswill, E.; Mbaegbu, P. COVID-19 pandemic: A review of the global lockdown and its far-reaching effects. *Sci. Prog.* **2021**, *104*, 1–18. [CrossRef] [PubMed]
3. Karakose, T.; Yirci, R.; Papadakis, S.; Ozdemir, T.Y.; Demirkol, M.; Polat, H. Science Mapping of the Global Knowledge Base on Management, Leadership, and Administration Related to COVID-19 for Promoting the Sustainability of Scientific Research. *Sustainability* **2021**, *13*, 9631. [CrossRef]
4. Andresen, S.; Heyer, L.; Lips, A.; Rusack, T.; Schröer, W.; Thomas, S.; Wilmes, J. *Das Leben von Jungen Menschen in der Corona-Pandemie. Erfahrungen, Sorgen, Bedarfe* [The Lives of Young People in Times of the Corona Pandemic. Experiences, Worries, Needs], 1st ed.; Stiftung, B., Ed.; Bertelsmann Stiftung: Gütersloh, Germany, 2021. Available online: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/Projekte/Familie_und_Bildung/Studie_WB_Das_Leben_von_jungen_Menschen_in_der_Corona-Pandemie_2021.pdf (accessed on 5 November 2021).
5. Rudert, S.; Gleibs, I.; Gollwitzer, M.; Häfner, M.; Hajek, K.; Harth, N.; Häusser, J.; Imhoff, R.; Schneider, D. Us and the virus: Understanding the COVID-19 pandemic through a social psychological lens. *Eur. Psychol.* **2021**, in press.
6. Welter, V.D.E.; Welter, N.G.E.; Großschedl, J. Experience and Health-Related Behavior in Times of the Corona Crisis in Germany: An Exploratory Psychological Survey Considering the Identification of Compliance-Enhancing Strategies. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 933. [CrossRef] [PubMed]
7. Ahmed, A.; Mukta, M.S.H.; Muntasir, F.; Rahman, S.; Islam, A.K.M.N.; Ali, M.E. Can COVID-19 Change the Big5 Personality Traits of Healthcare Workers? In Proceedings of the 7th International Conference on Networking, Systems and Security, Dhaka, Bangladesh, 22–24 December 2020; pp. 12–17.
8. Sutin, A.R.; Luchetti, M.; Aschwanen, D.; Lee, J.H.; Sesker, A.A.; Strickhouser, J.E.; Stephan, Y.; Terracciano, A. Change in five-factor model personality traits during the acute phase of the coronavirus pandemic. *PLoS ONE* **2020**, *15*, e0237056. [CrossRef]
9. McCrae, R.R.; John, O.P. An Introduction to the Five-Factor Model and Its Applications. *J. Pers.* **1992**, *60*, 175–215. [CrossRef]
10. Specht, J.; Egloff, B.; Schmukle, S.C. Stability and change of personality across the life course: The impact of age and major life events on mean-level and rank-order stability of the Big Five. *J. Pers. Soc. Psychol.* **2011**, *101*, 862–882. [CrossRef]
11. Ferrel, B. Is COVID-19 Changing How People Score on Personality Assessments? Available online: <https://www.hoganassessments.com/blog/is-covid-19-changing-how-people-score-on-personality-assessments/> (accessed on 5 November 2021).
12. UNESCO; UNICEF; The World Bank; OECD. *What's Next? Lessons on Education Recovery: Findings from a Survey of Ministries of Education Amid the COVID-19 Pandemic*; OECD Publishing: Paris, France, 2021. Available online: http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/lessons_on_education_recovery.pdf (accessed on 5 November 2021).
13. Goertz, L.; Hense, J. *Studie zu Veränderungsprozessen in Unterstützungsstrukturen für Lehre an Deutschen Hochschulen in der Corona-Krise* [Study on Changes in Supporting Structures for Teaching at German Universities during the Corona Crisis]; working paper 56; Hochschulforum Digitalisierung; Berlin, Germany, 2021. Available online: https://hochschulforumdigitalisierung.de/sites/default/files/dateien/HFD_AP_56_Support-Strukturen_Lehre_Corona_mmb.pdf (accessed on 5 November 2021).
14. Dorn, E.; Hancock, B.; Sarakatsannis, J.; Viruleg, E. *COVID-19 and Student Learning in the United States: The Hurt Could Last a Lifetime*; McKinsey & Company: New York, NY, USA, 2020. Available online: <https://www.mckinsey.com/industries/public-and-social-sector/our-insights/covid-19-and-student-learning-in-the-united-states-the-hurt-could-last-a-lifetime> (accessed on 5 November 2021).
15. Grewenig, E.; Lergetporer, P.; Werner, K.; Woessmann, L.; Zierow, L. COVID-19 and educational inequality: How school closures affect low- and high-achieving students. *Eur. Econ. Rev.* **2021**, *140*, 103920. [CrossRef]
16. Hammerstein, S.; König, C.; Dreisörner, T.; Frey, A. Effects of COVID-19-Related School Closures on Student Achievement: A Systematic Review. *Front. Psychol.* **2021**, *12*, 746289. [CrossRef]
17. Reinhold, F.; Schons, C.; Scheuerer, S.; Gritzmann, P.; Richter-Gebert, J.; Reiss, K. Einfluss motivational-emotionaler Orientierungen auf die Bewältigung selbstregulatorischer Anforderungen beim Lernen tertiärer Mathematik in Zeiten der COVID-19-Pandemie [Influence of motivational-emotional orientations on coping with self-regulatory requirements when learning tertiary mathematics in times of the COVID-19 pandemic]. In *Bildung und Corona* [Education and Corona], Proceedings of the Digital Conference Year of the Society for Empirical Educational Research, Digital Conference, Germany, 22–23 April 2021; DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation: Frankfurt, Germany, 2021; pp. 104–105.
18. Bosse, E.; Lübcke, M.; Book, A.; Würmseer, G. *Corona@Hochschule: Befragung von Hochschulleitungen zur (Digitalen) Lehre* [Corona@University: Survey of University Management on (Digital) Teaching]; HIS-Institut für Hochschulentwicklung: Hannover, Germany, 2020; ISBN 978-3948388089.
19. Fickermann, D.; Edelstein, B. Editorial: “Langsam vermisse ich die Schule...”—Schule während und nach der Corona-Pandemie [Editorial: “I’m starting to miss school . . .”—Schooling during and after the Corona pandemic]. In *“Langsam Vermisse ich Die Schule...” —Schule Während und nach der Corona-Pandemie* [“I’m Starting to Miss School . . .”—Schooling during and after the Corona Pandemic]; Die Deutsche Schule, Supplement 16; Fickermann, D., Edelstein, B., Eds.; Waxmann: Münster, Germany, 2020; pp. 9–33.

20. Holz, G.; Richter-Kornweitz, A. *Corona-Chronik: Gruppenbild Ohne (Arme) Kinder—Eine Streitschrift [Corona Chronicle: Group Picture without (Poor) Children—A Pamphlet]*; Institut für Sozialarbeit und Sozialpädagogik: Frankfurt, Germany, 2020. Available online: https://www.iss-ffm.de/fileadmin/assets/themenbereiche/downloads/Corona-Chronik_Streitschrift_final.pdf (accessed on 5 November 2021).
21. Neumann, S. *Nicht Systemrelevant? Die Sicht Junger Menschen auf Die Corona-Krise [Not Relevant for the System? The View of Young People on the Corona Crisis]*; Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg: Halle, Germany, 2020. Available online: <https://sozpaed-corona.de/nicht-systemrelevant-die-sicht-junger-menschen-auf-die-corona-krise/> (accessed on 5 November 2021).
22. Schult, J.; Mahler, N.; Fauth, B.; Lindner, M.A. Did Students Learn Less During the COVID-19 Pandemic? Reading and Mathematics Competencies Before and After the First Pandemic Wave. *PsyArXiv* **2021**. [[CrossRef](#)]
23. Marsh, H.W.; Byrne, B.M.; Shavelson, R.J. A Multifaceted Academic Self-Concept: Its Hierarchical Structure and Its Relation to Academic Achievement. *J. Educ. Psychol.* **1988**, *80*, 366–380. [[CrossRef](#)]
24. Marsh, H.W.; Yeung, A.S. Causal Effects of Academic Self-Concept on Academic Achievement: Structural Equation Models of Longitudinal Data. *J. Educ. Psychol.* **1997**, *89*, 41–54. [[CrossRef](#)]
25. Calsyn, R.J.; Kenny, D.A. Self-concept of Ability and Perceived Evaluation of Others: Cause or Effect of Academic Achievement? *J. Educ. Psychol.* **1977**, *69*, 136–145. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Marsh, H.W.; Craven, R.G. Reciprocal Effects of Self-Concept and Performance from a Multidimensional Perspective. Beyond Seductive Pleasure and Unidimensional Perspectives. *Perspect. Psychol. Sci.* **2006**, *1*, 133–163. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Marsh, H.W.; Trautwein, U.; Lüdtke, O.; Köller, O.; Baumert, J. Academic Self-Concept, Interest, Grades, and Standardized Test Scores: Reciprocal Effects Models of Causal Ordering. *Child Dev.* **2005**, *76*, 397–416. [[CrossRef](#)]
28. Seaton, M.; Parker, P.; Marsh, H.W.; Craven, R.G.; Yeung, A.S. The reciprocal relations between self-concept, motivation and achievement: Juxtaposing academic self-concept and achievement goal orientations for mathematics success. *Educ. Psychol.* **2014**, *34*, 49–72. [[CrossRef](#)]
29. Möller, J.; Trautwein, U. Selbstkonzept [Self-concept]. In *Pädagogische Psychologie [Educational Psychology]*, 2nd ed.; Wild, E., Möller, J., Eds.; Springer: Berlin, Germany, 2015; pp. 177–199.
30. Valentine, J.C.; DuBois, D.L.; Cooper, H. The Relation between Self-Beliefs and Academic Achievement: A Meta-Analytic Review. *Educ. Psychol.* **2004**, *39*, 111–113. [[CrossRef](#)]
31. Sanders, W.L.; Wright, S.P.; Horn, S.P. Teacher and Classroom Context Effects on Student Achievement: Implications for Teacher Evaluation. *J. Pers. Eval. Educ.* **1997**, *11*, 57–67. [[CrossRef](#)]
32. Hattie, J.A.C. *Visible Learning. A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*, 1st ed.; Routledge: London, UK, 2009; ISBN 978-0415476171.
33. Shulman, L.S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educ. Res.* **1986**, *15*, 4–14. [[CrossRef](#)]
34. Shulman, L.S. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harv. Educ. Rev.* **1987**, *57*, 1–21. [[CrossRef](#)]
35. Gess-Newsome, J.; Lederman, N.G. *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and Its Implications for Science Education*, 1st ed.; Kluwer: New York, NY, USA, 1999; ISBN 978-0792359036.
36. Großschedl, J.; Welter, V.; Harms, U. A new instrument for measuring pre-service biology teachers' pedagogical content knowledge: The PCK-IBI. *J. Res. Sci. Teach.* **2019**, *56*, 402–439. [[CrossRef](#)]
37. Baumert, J.; Kunter, M. The COACTIV model of teachers' professional competence. In *Cognitive Activation in the Mathematics Classroom and Professional Competence of Teachers: Results from the COACTIV Project*, 1st ed.; Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 2013; pp. 25–48.
38. Mishra, P.; Koehler, M.J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teach. Coll. Rec.* **2006**, *108*, 1017–1054. [[CrossRef](#)]
39. Schmidt, D.A.; Baran, E.; Thompson, A.D.; Mishra, P.; Koehler, M.J.; Shin, T.S. Technological Pedagogical Content knowledge (TPACK): The Development and Validation of an Assessment Instrument for Preservice Teachers. *J. Res. Technol. Educ.* **2009**, *42*, 123–149. [[CrossRef](#)]
40. Angeli, C.; Valanides, N. Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK). *Comput. Educ.* **2009**, *52*, 154–168. [[CrossRef](#)]
41. Koehler, M.J.; Mishra, P.; Cain, W. What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *J. Educ.* **2013**, *193*, 13–19. [[CrossRef](#)]
42. Koehler, M.J.; Mishra, P.; Yahya, K. Tracing the development of teacher knowledge in a design seminar: Integrating content, pedagogy and technology. *Comput. Educ.* **2007**, *49*, 740–762. [[CrossRef](#)]
43. Redecker, C. *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2017; ISBN 978-9279737183.
44. Caena, F.; Redecker, C. Aligning teacher competence frameworks to 21st century challenges: The case for the European Digital Competence Framework for Educators (Digcompedu). *Eur. J. Educ.* **2019**, *54*, 356–369. [[CrossRef](#)]
45. Bundesministerium für Bildung und Forschung. *Bildungsoffensive für Die Digitale Wissensgesellschaft: Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung [Educational Offensive towards Digital Knowledge Society: Strategy of the Federal Ministry of Education and Research]*; BMBF: Berlin, Germany, 2016. Available online: https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Themen/Digitale-Welt/Bildungsoffensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf (accessed on 5 November 2021).

46. Bundesministerium für Bildung und Forschung. *Neue Wege in der Lehrerbildung: Die Qualitätsoffensive Lehrerbildung* [New Paths in Teacher Education: The Quality Offensive Teacher Education]; BMBF: Berlin, Germany, 2016. Available online: https://ql.bmbfcluster.de/files/Neue_Wege_in_der_Lehrerbildung.pdf (accessed on 5 November 2021).
47. Sturm, T. Begriffliche Perspektiven auf Unterschiede und Ungleichheit im schulpädagogischen Diskurs—eine kritische Reflexion [Conceptual perspectives on differences and inequality in educational discourse—a critical reflection]. In *Dealing with Diversity: Innovative Lehrkonzepte in der Lehrer*Innenbildung zum Umgang Mit Heterogenität und Inklusion* [Dealing with Diversity: Innovative Teaching Concepts in Teacher Training for Dealing with Heterogeneity and Inclusion], 1st ed.; Rott, D., Zeuch, N., Fischer, C., Souvignier, E., Terhart, E., Eds.; Waxmann: Münster, Germany, 2018; Volume 6, pp. 15–28.
48. UNESCO. *Inklusion und Bildung: Für Alle Heißt für Alle* [Inclusion and Education: For Everyone Means for Everyone]; Deutsche UNESCO-Kommission: Bonn, Germany, 2020. Available online: https://www.unesco.de/sites/default/files/2020-06/weltbildungsbericht_2020_kurzfassung.pdf (accessed on 5 November 2021).
49. Harvey, M.W.; Yssel, N.; Bauserman, A.D.; Merbler, J.B. Preservice Teacher Preparation for Inclusion: An Exploration of Higher Education Teacher-Training Institutions. *Remedial. Spec. Educ.* **2008**, *31*, 24–33. [CrossRef]
50. Algermissen, P.; Hauser, M.; van Ledden, H. Inklusion ist (k)eine Frage der Persönlichkeit: Inklusive Kompetenzen institutionell verankern! [Inclusion is (not) a question of personality: Anchoring inclusive competencies institutionally!] *QfI-Qualif. Für Inkl.* **2020**, *2*, 1–16. [CrossRef]
51. Arndt, A.-K.; Werning, R. Inklusive Schul- und Unterrichtsentwicklung [Inclusive development of school and lessons]. In *Lehrer-Schüler-Interaktion: Inhaltsfelder, Forschungsperspektiven und Methodische Zugänge* [Teacher-Student Interaction: Content Fields, Research Perspectives and Methodological Approaches], 3rd ed.; Schweer, M.K.W., Ed.; Springer: Wiesbaden, Germany, 2017; pp. 607–623.
52. Egger, D.; Brauns, S.; Sellin, K.; Barth, M.; Abels, S. Professionalisierung von Lehramtsstudierenden für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht [Professionalization of teacher students for inclusive science teaching]. *J. Für Psychol.* **2019**, *27*, 50–70. [CrossRef]
53. Friedrich-Ebert-Stiftung. *Lehren aus der Pandemie: Gleiche Chancen für Alle Kinder und Jugendlichen Sichern* [Lessons from the Pandemic: Ensuring Equal Opportunities for All Children and Adolescents]; Friedrich-Ebert-Stiftung: Berlin, Germany, 2021. Available online: <http://library.fes.de/pdf-files/a-p-b/17249.pdf> (accessed on 5 November 2021).
54. Agasisti, T.; Frattini, F.; Soncin, M. Digital Innovation in Times of Emergency: Reactions from a School of Management in Italy. *Sustainability* **2020**, *12*, 10312. [CrossRef]
55. Klieme, E. Guter Unterricht—auch und besonders unter Einschränkungen der Pandemie? [Good teaching—also and especially under the restrictions of the pandemic?]. In *Langsam Vermisse ich Die Schule... —Schule Während und nach der Corona-Pandemie* [“I’m Starting to Miss School . . . ”—Schooling during and after the Corona Pandemic]; Die Deutsche Schule, Supplement 16; Fickermann, D., Edelstein, B., Eds.; Waxmann: Münster, Germany, 2020; pp. 117–135.
56. Sliwka, A.; Klopsch, B. Disruptive Innovation! Wie die Pandemie die “Grammatik der Schule” herausfordert und welche Chancen sich jetzt für eine “Schule ohne Wände” in der digitalen Wissensgesellschaft bieten [Disruptive innovation! How the pandemic challenges the “grammar of the school” and what opportunities are available now for a “school without walls” in the digital knowledge society]. In *Langsam Vermisse ich Die Schule... —Schule Während und nach der Corona-Pandemie* [“I’m Starting to Miss School . . . ”—Schooling during and after the Corona Pandemic]; Die Deutsche Schule, Supplement 16; Fickermann, D., Edelstein, B., Eds.; Waxmann: Münster, Germany, 2020; pp. 216–229.
57. Blaskó, Z.; da Costa, P.; Schnepf, S.V. *Learning Loss and Educational Inequalities in Europe: Mapping the Potential Consequences of the COVID-19 Crisis*; Institut zur Zukunft der Arbeit: Bonn, Germany, 2021. Available online: <http://ftp.iza.org/dp14298.pdf> (accessed on 5 November 2021).
58. Engzell, P.; Frey, A.; Verhagen, M.D. Learning Loss Due to School Closures During the COVID-19 Pandemic. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2021**, *118*, e2022376118. [CrossRef] [PubMed]
59. Helm, C.; Huber, S.; Loisinger, T. Was wissen wir über schulische Lehr-Lern-Prozesse im Distanzunterricht während der Corona-Pandemie?—Evidenz aus Deutschland, Österreich und der Schweiz [What do we know about school teaching-learning processes in distance teaching during the corona pandemic?—Evidence from Germany, Austria and Switzerland]. *Z Erzieh.* **2021**, *24*, 237–311. [CrossRef]
60. Azevedo, J.P.; Hasan, A.; Goldemberg, D.; Iqbal, S.A.; Geven, K. Simulating the Potential Impacts of COVID-19 School Closures on Schooling and Learning Outcomes: A Set of Global Estimates. Available online: <https://elibrary.worldbank.org/doi/pdf/10.1596/1813-9450-9284> (accessed on 5 November 2021).
61. Anger, C.; Plünnecke, A. *Schulische Bildung in Zeiten der Corona-Krise: Bildungsdefizite Schnell Beheben* [School Education in Times of the Corona Crisis: Rectifying Educational Deficits Quickly]; Institut der deutschen Wirtschaft: Köln, Germany, 2021. Available online: https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2021/Kurzstudie_INSM_Bildungsmonitor.pdf (accessed on 5 November 2021).
62. Bailey, D.; Duncan, G.J.; Murnane, R.J.; Yeung, N.A. Achievement Gaps in the Wake of COVID-19. *Educ. Res.* **2021**, *50*, 266–275. [CrossRef]
63. van Ackeren, I.; Endberg, M.; Locker-Grütjen, O. Chancenausgleich in der Corona-Krise: Die soziale Bildungsschere wieder schließen [Equal opportunities in times of the Corona crisis: Closing the social education gap again]. *Die Dtsch. Sch.* **2020**, *112*, 245–248. [CrossRef]

64. Fischer, C.; Fischer-Ontrup, C.; Schuster, C. Individuelle Förderung und selbstreguliertes Lernen: Bedingungen und Optionen für das Lehren und Lernen in Präsenz und auf Distanz [Individual support and self-regulated learning: Conditions and options for teaching and learning on-site and at a distance]. In *“Langsam Vermisse ich Die Schule...”—Schule Während und nach der Corona-Pandemie* [“I’m Starting to Miss School . . . ”—Schooling during and after the Corona Pandemic]; Die Deutsche Schule, Supplement 16; Fickermann, D., Edelstein, B., Eds.; Waxmann: Münster, Germany, 2020; pp. 136–152.
65. Züchner, I.; Jäkel, H.R. Fernbeschulung während der COVID-19 bedingten Schulschließungen weiterführender Schulen: Analysen zum Gelingen aus Sicht von Schülerinnen und Schülern [Remote schooling during the COVID-19-related closings of secondary schools: Analyses of success from the perspective of pupils]. *Z Erzieh.* **2021**, *24*, 479–502. [CrossRef]
66. Falkenstern, A.; Walz, K. Hochschulbildung im Spannungsfeld von digitaler Kommunikation und virtuellen Lernumwelten [University education in the field of tension between digital communication and virtual learning environments]. In *(Digitale) Präsenz—Ein Rundumblick auf das Soziale Phänomen Lehre* [(Digital) Presence—A Panoramic View on the Social Phenomenon of Teaching], 1st ed.; Stanisavljevic, M., Tremp, P., Eds.; Pädagogische Hochschule Luzern: Luzern, Switzerland, 2020; pp. 41–44.
67. Geis-Thöne, W.; Plünnecke, A. *Auswirkungen der Corona-Pandemie auf Die Bildungsgerechtigkeit: Ein Blick auf Die Bildungswege Junger Erwachsener* [Effects of the Corona Pandemic on Equity in Education: A Look at the Educational Pathways of Young Adults]; Institut der deutschen Wirtschaft: Köln, Germany, 2021. Available online: https://www.insm.de/fileadmin/insm-dms/text/publikationen/Bildungsmonitor_2021/2021-04-29_INSM_Corona_und_Bildungsgerechtigkeit_Final.pdf (accessed on 5 November 2021).
68. Zancajo, A. *The Impact of the Covid-19 Pandemic on Education: Rapid Review of the Literature*; School of Education, University of Glasgow: Glasgow, UK, 2020. Available online: <https://www.thebritishacademy.ac.uk/publications/covid-decade-impact-of-the-pandemic-on-education/> (accessed on 5 November 2021).
69. Borgwardt, A. *“ . . . und es Hat Zoom Gemacht.”—Studierende im Dritten Digitalsemester: Situation und Perspektiven* [“... and It Did Zoom.”—Students within the Third Digital Semester: Situation and Perspectives]; Friedrich-Ebert-Stiftung: Berlin, Germany, 2021. Available online: <http://library.fes.de/pdf-files/a-p-b/18012.pdf> (accessed on 5 November 2021).
70. Breitenbach, A. *Digitale Lehre in Zeiten von Covid-19: Risiken und Chancen* [Digital Teaching in Times of Covid-19: Risks and Opportunities]; Institut für Soziologie, Philipps-Universität Marburg: Marburg, Germany, 2021. Available online: https://www.pedocs.de/volltexte/2021/21274/pdf/Breitenbach_2021_Digitale_Lehre_in_Zeiten.pdf (accessed on 5 November 2021).
71. Godoy, L.D.; Falcowski, R.; Incrocci, R.M.; Versuti, F.M.; Padovan-Neto, F.E. The Psychological Impact of the COVID-19 Pandemic in Remote Learning in Higher Education. *Educ. Sci.* **2021**, *11*, 473. [CrossRef]
72. Traus, A.; Höffken, K.; Thomas, S.; Mangold, K.; Schröer, W. *Stu.di.Co.—Studieren Digital in Zeiten von Corona* [Stu.di.Co.—Studying Digital in Times of Corona]; Universitätsverlag Hildesheim: Hildesheim, Germany, 2020. Available online: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:hil2-opus4-11578> (accessed on 5 November 2021).
73. Porsch, R.; Reintjes, C.; Görich, K.; Paulus, D. Pädagogische Medienkompetenzen und ICT-Beliefs von Lehramtsstudierenden: Veränderungen während eines “digitalen Semesters”? [Pedagogical media skills and ICT beliefs of student teachers: Changes during a “digital semester”?]. In *Das Bildungssystem in Zeiten der Krise: Empirische Befunde, Konsequenzen und Potenziale für das Lehren und Lernen* [The Education System in Times of Crisis: Empirical Findings, Consequences and Potential for Teaching and Learning], 1st ed.; Reintjes, C., Porsch, R., im Brahm, G., Eds.; Waxmann: Münster, Germany, 2021; pp. 187–203.
74. Schaumburg, H. *Chancen und Risiken Digitaler Medien in der Schule. Medienpädagogische und -Didaktische Perspektiven* [Opportunities and Risks of Digital Media in Schools. Media Educational and Didactic Perspectives]; Bertelsmann Stiftung: Gütersloh, Germany, 2015. Available online: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_IB_Chancen_Risiken_digitale_Medien_2015.pdf (accessed on 5 November 2021).
75. van Ackeren, I.; Aufenanger, S.; Eickelmann, B.; Friedrich, S.; Kammerl, R.; Knopf, J.; Mayrberger, K.; Scheika, H.; Scheiter, K.; Schiefner-Rohs, M. Digitalisierung in der Lehrerbildung: Herausforderungen, Entwicklungsfelder und Förderung von Gesamtkonzepten [Digitization in teacher training: Challenges, areas of development, and promotion of overall concepts]. *Die Dtsch. Sch.* **2019**, *111*, 103–119. [CrossRef]
76. Koşar, G. Distance Teaching Practicum: Its Impact on Pre-Service EFL Teachers’ Preparedness for Teaching. *IAFOR J. Educ.* **2021**, *9*, 111–126. [CrossRef]
77. Stringer Keefe, E. Learning to Practice Digitally: Advancing Preservice Teachers’ Preparation via Virtual Teaching and Coaching. *J. Technol. Teach. Educ.* **2020**, *28*, 223–232.
78. Kerres, M. Against All Odds: Education in Germany Coping with Covid-19. *Postdigital Sci. Educ.* **2020**, *2*, 690–694. [CrossRef]
79. Helmke, A.; Helmke, T. Unterrichtsdiagnostik als Ausgangspunkt für Unterrichtsentwicklung [Lesson diagnostics as a starting point for lesson development]. In *Handbuch Unterrichtsentwicklung* [Handbook Lesson Development], 1st ed.; Rolff, H.-G., Ed.; Beltz: Weinheim, Germany, 2015; pp. 242–257.
80. Postholm, M.B. Classroom Management: What Does Research Tell Us? *Eur. Educ. Res. J.* **2013**, *12*, 389–402. [CrossRef]
81. Mitchell, B.S.; Hirn, R.G.; Lewis, T.J. Enhancing Effective Classroom Management in Schools: Structures for Changing Teacher Behavior. *Teach. Educ. Spec. Educ.* **2017**, *40*, 140–153. [CrossRef]
82. Choate, K.; Goldhaber, D.; Theobald, R. The effects of COVID-19 on teacher preparation. *Phi Delta Kappan* **2021**, *102*, 52–57. [CrossRef]
83. Donitsa-Schmidt, S.; Ramot, R. Opportunities and challenges: Teacher education in Israel in the Covid-19 pandemic. *J. Educ. Teach.* **2020**, *46*, 586–595. [CrossRef]

84. Paulus, D.; Veber, M.; Gollub, P. Perspektiven von angehenden Lehrpersonen auf pädagogische Medienkompetenzen in Zeiten digitalen Lehrens und Unterrichtens [Pre-service teachers' perspectives on pedagogical media skills in times of digital teaching and instruction]. In *Das Bildungssystem in Zeiten der Krise: Empirische Befunde, Konsequenzen und Potenziale für das Lehren und Lernen* [The Education System in Times of Crisis: Empirical Findings, Consequences and Potential for Teaching and Learning], 1st ed.; Reintjes, C., Porsch, R., im Brahm, G., Eds.; Waxmann: Münster, Germany, 2021; pp. 205–220.
85. SAP America. Qualtrics Survey (Online Survey Software). Available online: <https://www.qualtrics.com/> (accessed on 5 November 2021).
86. Costa, P.T.; McCrae, R.R. The five-factor model of personality and its relevance to personality disorders. *J. Pers. Disord.* **1992**, *6*, 343–359. [[CrossRef](#)]
87. De Raad, B. *The Big Five Personality Factors: The Psycholexical Approach to Personality*, 1st ed.; Hogrefe & Huber: Ashland, OH, USA, 2000; ISBN 978-0889372368.
88. John, O.P.; Naumann, L.P.; Soto, C.J. Paradigm shift to the integrative Big Five trait taxonomy: History, measurement, and conceptual issues. In *Handbook of Personality: Theory and Research*, 3rd ed.; John, O.P., Robins, R.W., Pervin, L.A., Eds.; The Guilford Press: New York, NY, USA, 2008; pp. 114–158.
89. Roccas, S.; Sagiv, L.; Schwartz, S.H.; Knafo, A. The Big Five Personality Factors and Personal Values. *Pers. Soc. Psychol. Bull.* **2002**, *28*, 789–801. [[CrossRef](#)]
90. Borkenau, P.; Ostendorf, F. *NEO-Fünf-Faktoren-Inventar nach Costa und McCrae* [NEO Five-Factor Inventory According to Costa and McCrae], 2nd ed.; Hogrefe: Göttingen, Germany, 2008.
91. Körner, A.; Geyer, M.; Brähler, E. Das NEO-Fünf-Faktoren Inventar (NEO-FFI) [The NEO Five-Factor Inventory (NEO-FFI)]. *Diagnostica* **2002**, *48*, 19–27. [[CrossRef](#)]
92. Eid, M.; Gollwitzer, M.; Schmitt, M. *Statistik und Forschungsmethoden* [Statistics and Research Methods], 5th ed.; Beltz: Weinheim, Germany, 2017; ISBN 978-3621282017.
93. Judge, T.A.; Locke, E.A.; Durham, C.C.; Kluger, A.N. Dispositional effects on job and life satisfaction: The role of core evaluations. *J. Appl. Psychol.* **1998**, *83*, 17–34. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
94. Judge, T.A.; Erez, A.; Bono, J.E.; Thoresen, C.J. The Core Self-Evaluations Scale: Development of a measure. *Pers. Psychol.* **2003**, *56*, 303–331. [[CrossRef](#)]
95. Stumpp, T.; Muck, P.M.; Hülshager, U.R.; Judge, T.A.; Maier, G.W. Core self-evaluations in Germany: Validation of a German measure and its relationships with career success. *Appl. Psychol.-Int. Rev.* **2010**, *59*, 674–700. [[CrossRef](#)]
96. Judge, T.A.; Erez, A.; Bono, J.E.; Thoresen, C.J. Are measures of self-esteem, neuroticism, locus of control, and generalized self-efficacy indicators of a common core construct? *J. Pers. Soc. Psychol.* **2002**, *83*, 693–710. [[CrossRef](#)]
97. Neyer, F.J.; Asendorpf, J.B. *Psychologie der Persönlichkeit* [Psychology of Personality], 6th ed.; Springer: Berlin, Germany, 2018; ISBN 978-3662549414.
98. Rauthmann, J.F. *Persönlichkeitspsychologie: Paradigmen—Strömungen—Theorien* [Personality Psychology: Paradigms—Trends—Theories], 1st ed.; Springer: Berlin, Germany, 2017; ISBN 978-3662530030.
99. Judge, T.A.; Bono, J.E.; Erez, A.; Locke, E.A. Core Self-Evaluations and Job and Life Satisfaction: The Role of Self-Concordance and Goal Attainment. *J. Appl. Psychol.* **2005**, *90*, 257–268. [[CrossRef](#)]
100. König, J.; Jäger-Biela, D.J.; Glutsch, N. Adapting to online teaching during COVID-19 school closure: Teacher education and teacher competence effects among early career teachers in Germany. *Eur. J. Teach. Educ.* **2020**, *43*, 608–622. [[CrossRef](#)]
101. Patrinos, H.A.; Donnelly, R.P. Learning Loss during COVID-19: An Early Systematic Review. *Res. Sq.* **2021**. preprint. [[CrossRef](#)]
102. Sikali, K. The dangers of social distancing: How COVID-19 can reshape our social experience. *J. Community Psychol.* **2020**, *48*, 2435–2438. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
103. Festinger, L. A theory of social comparison processes. *Hum. Relat.* **1954**, *7*, 117–140. [[CrossRef](#)]
104. Marsh, H.W.; Kuyper, H.; Seaton, M.; Parker, P.D.; Morin, A.J.S.; Möller, J.; Abduljabbar, A.S. Dimensional comparison theory: An extension of the internal/external frame of reference effect on academic self-concept formation. *Contemp. Educ. Psychol.* **2014**, *39*, 326–341. [[CrossRef](#)]
105. Meyer, W.-U. Das Konzept von der eigenen Begabung: Auswirkungen, Stabilität und vorauslaufende Bedingungen [The concept of one's own ability: Effects, stability and antecedents]. *Psychol. Rundsch.* **1984**, *35*, 136–150.
106. Rheinberg, F. Bezugsnormen und schulische Leistungsbeurteilung [Reference standards and performance assessment in school]. In *Leistungsmessungen in Schulen* [Performance Assessments in Schools], 3rd ed.; Weinert, F.E., Ed.; Beltz: Weinheim, Germany, 2014; pp. 59–71.
107. Tesser, A. Toward a self-evaluation maintenance model of social behavior. In *Advances in Experimental Social Psychology*; Social psychological studies of the self: Perspectives and programs; Academic Press: San Diego, CA, USA, 1988; Volume 21, pp. 181–227.
108. Elsholz, M. *Das Akademische Selbstkonzept Angehender Physiklehrkräfte als Teil Ihrer Professionellen Identität: Dimensionalität und Veränderung Während Einer Zentralen Praxisphase* [The Academic Self-Concept of Aspiring Physics Teachers a Part of Their Professional Identity: Dimensionality and Development during a Central Phase of Practical Involvement], 1st ed.; Logos: Berlin, Germany, 2019; ISBN 978-3832548575.
109. De Raad, B.; Schouwenburg, H.C. Personality in learning and education: A review. *Eur. J. Pers.* **1996**, *10*, 303–336. [[CrossRef](#)]
110. Gatzka, T. Aspects of openness as predictors of academic achievement. *Pers. Individ. Dif.* **2021**, *170*, 110422. [[CrossRef](#)]

111. Hogan, J.; Ones, D.S. Conscientiousness and integrity at work. In *Handbook of Personality Psychology*, 1st ed.; Hogan, R., Johnson, J., Briggs, S., Eds.; Academic Press: San Diego, CA, USA, 1997; pp. 849–870.
112. John, R.; John, R.; Rao, Z.-R. The Big Five Personality Traits and Academic Performance. *J. Law Soc. Stud.* **2020**, *2*, 10–19. [[CrossRef](#)]
113. Mammadov, S. Big Five personality traits and academic performance: A meta-analysis. *J. Pers.* **2021**, in press. [[CrossRef](#)]
114. O'Connor, M.C.; Paunonen, S.V. Big Five personality predictors of post-secondary academic performance. *Pers. Individ. Dif.* **2007**, *43*, 971–990. [[CrossRef](#)]
115. Trapmann, S.; Hell, B.; Hirn, J.-O.W.; Schuler, H. Meta-analysis of the relationship between the Big Five and academic success at university. *Z Psychol.* **2007**, *215*, 132–151. [[CrossRef](#)]
116. Cook, C.T. Is Adaptability of Personality a Trait? Ph.D. Thesis, University of Manchester, Manchester, UK, 2016.
117. Lauret, D.; Bayram-Jacobs, D. COVID-19 Lockdown Education: The Importance of Structure in a Suddenly Changed Learning Environment. *Educ. Sci.* **2021**, *11*, 221. [[CrossRef](#)]
118. Limniou, M.; Varga-Atkins, T.; Hands, C.; Elshamaa, M. Learning, Student Digital Capabilities and Academic Performance over the COVID-19 Pandemic. *Educ. Sci.* **2021**, *11*, 361. [[CrossRef](#)]
119. Son, C.; Hegde, S.; Smith, A.; Wang, X.; Sasangohar, F. Effects of COVID-19 on College Students' Mental Health in the United States: Interview Survey Study. *J. Med. Internet Res.* **2020**, *22*, e21279. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
120. Di Fabio, A.; Palazzeschi, L. Core Self-Evaluation. In *The Wiley Encyclopedia of Personality and Individual Differences*; Carducci, B.J., Nave, C.S., Fabio, A., Saklofske, D.H., Stough, C., Eds.; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2020; Volume III, pp. 83–87.
121. Judge, T.A.; Erez, A.; Bono, J.E. The power of being positive: The relation between positive self-concept and job performance. *Hum. Perform* **1998**, *11*, 167–187. [[CrossRef](#)]
122. Ritchie, L.; Cervone, D.; Sharpe, B.T. Goals and Self-Efficacy Beliefs during the Initial COVID-19 Lockdown: A Mixed Methods Analysis. *Front. Psychol.* **2021**, *11*, 559114. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
123. Han, H. Exploring the association between compliance with measures to prevent the spread of COVID-19 and big five traits with Bayesian generalized linear model. *Pers. Individ. Dif.* **2021**, *176*, 110787. [[CrossRef](#)]
124. Lörz, M.; Zimmer, L.M.; Koopmann, J. Herausforderungen und Konsequenzen der Corona-Pandemie für Studierende in Deutschland [Challenges and consequences of the corona pandemic for university students in Germany]. *Psychol. Erz. Unterr.* **2021**, *4*, 312–318. [[CrossRef](#)]
125. Deutsche Forschungsgemeinschaft. FAQ: Humanities and Social Sciences. Available online: https://www.dfg.de/foerderung/faq/geistes_sozialwissenschaften/index.html (accessed on 5 November 2021).
126. World Medical Association. WMA's Declaration of Helsinki Serves as Guide to Physicians. *J. Am. Med. Assoc.* **1964**, *189*, 33–34. [[CrossRef](#)]
127. World Medical Association. Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *J. Am. Med. Assoc.* **2013**, *310*, 2191–2194. [[CrossRef](#)]
128. Petousi, V.; Sifaki, E. Contextualising harm in the framework of research misconduct. Findings from discourse analysis of scientific publications. *Int. J. Sustain. Dev.* **2020**, *23*, 149–174. [[CrossRef](#)]
129. European Union. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). *Off. J. Eur. Union* **2016**, *59*, 294.

Anhang C

Teilpublikation 3

Emmerichs, L., Mohneke, M., Hofhues, S., Schlüter, K. (2022b). Digital First? Effects of Digital and Analogue Learning Tools on the Plant Knowledge Acquisition of Future Biology Teachers. In K. Korfiatis, M. Grace (Hrsg.), *Current Research in Biology Education: Contributions from Biology Education Research* (S. 99-110). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89480-1_8

Chapter 8

Digital First? Effects of Digital and Analogue Learning Tools on the Plant Knowledge Acquisition of Future Biology Teachers



Lars Emmerichs, Meike Mohnke, Sandra Hofhues, and Kirsten Schlüter

8.1 Introduction

Digital tools such as smartphones, laptops and tablets increasingly play an essential role in everyday life of our society as well as in everyday life of pupils (Kuhn et al., 2017). Thus, the use of digital media can be didactically justified relating to everyday life (ibid.).

The *International Computer and Information Literacy Study* (ICILS by European Commission, 2014) shows that Germany is at the lower end regarding the use of digital media in teaching environments. According to current results, the conditions for learning with digital media have changed very little in Germany since the start of the ICILS study in 2013 (Eickelmann et al., 2019).

From the end of the 1990s onwards, the “Schulen ans Netz” initiative took place in Germany, which led to the introduction and increasing use of mobile devices. However, Petko (2012) stated that the integration of digital media was not progressing as hoped. According to more recent data, the average ratio of students to computers at German schools is 11.5 to 1. For this reason, the smartphone appears to be a suitable medium, since it can generally be assumed that every learner in the higher grades has his or her own device (Rathgeb et al., 2020). Based on students being well equipped with smartphones the expression ‘Bring your own device (BYOD)’

L. Emmerichs (✉) · M. Mohnke · K. Schlüter
Institute of Biology Education, University of Cologne, Cologne, Germany
e-mail: lars.emmerichs@uni-koeln.de; m.mohnke@uni-koeln.de;
kirsten.schlueter@uni-koeln.de

S. Hofhues
Fakultät für Kultur- und Sozialwissenschaften, FernUniversität in Hagen, Hagen, Germany
e-mail: sandra.hofhues@fernuni-hagen.de

© The Author(s), under exclusive license to Springer Nature
Switzerland AG 2022
K. Korfiatis, M. Grace (eds.), *Current Research in Biology Education*,
Contributions from Biology Education Research,
https://doi.org/10.1007/978-3-030-89480-1_8

was established in the research landscape. Therefore, at the time of this study, the smartphone was the medium of choice.

The following section presents concepts that have already been used to examine the effectiveness of digital media in science learning contexts. Lenz (2003) points out that for sustainable learning, action orientation should take precedence over purely cognitive queries. Of course, action orientation is not limited to digital media. Nevertheless, digital media seem to offer more scope due to their more flexible structure. West and Vosloo (2015) stated that due to the technical possibilities and the great familiarity of learners with such devices, the use of digital media will enrich teaching. However, it was found that digital content is often predetermined and not adaptable, as most teachers cannot be assumed to have specific programming skills. This was the starting point for Dellbrügge and Marohn (2017) to develop their concept “Choice²Interact”. This concept includes various design criteria for creating digital learning environments in *Prezi* (a platform-independent, but cloud-dependent presentation program). The pupils received a ready-made learning environment that contained the contents of a lesson or even a whole series of lessons. The structure of this learning environment offered their users learning paths that they could follow in a self-determined way (a strategy which had already been suggested by Krause & Eilks, 2014). In addition, Dellbrügge and Marohn (2017) presented mobility as a major advantage in their concept, as the content is theoretically available everywhere. The same advantage was also mentioned by Schulz-Zander (2005), who pointed out that digital tools offer teaching and learning independently of place and time. In another study Hermes and Kuckuck (2016) dealt with a different digital learning tool called *Actionbound*. By embedding playful elements and competitive tasks into this digital learning tool, learning contexts that promote motivation were generated.

However, it is still questionable whether these playful digital elements have a lasting impact on learning success. As an additional advantage of digital learning pathways, the authors stated that no expensive information boards (or in the case of our study: identification guidebooks) needed to be purchased and that digitally available boards can be accessed individually. Weng and Pfeiffer (2016) pointed out another advantage of digital media, which is that learning is most efficient when learners are able to communicate what they are currently learning or have learned to a recipient. Digital media can offer opportunities for extended communication through their technical possibilities (e.g. instant messaging service). This makes it possible to interact with others regardless of location or time (Fauville et al., 2014). Again, this is an aspect that may support non-linear learning strategies. These non-linear learning strategies can particularly favor the development of procedural knowledge (Kuhn et al., 2017; Petko, 2012), which from our point of view, refers to perceiving and adapting one’s own learning strategies more consciously. Based on these many expected benefits, biology education research should set a deeper focus on the design of digital learning environments and application of digital media in teaching.

Jäkel and Schaer (2004) pointed out that students’ species knowledge, especially regarding native organisms, is deficient. Several studies have proven this (Tunncliffe

& Reiss, 2010; Gatt et al., 2007; Hesse, 2000; Wandersee and Schussler 1999; Mayer, 1995; Pfligersdorffer, 1991). Wandersee and Schussler (1999) even use the term “plant blindness”. They state, that for the untrained eye, plants form an anonymous green mass without individuality (Tunncliffe, 2001). For these reasons, the subject of botany should receive much more attention in biology education (Wandersee & Schussler, 1999; Lock, 1995). Unfortunately, there has been little work on how species knowledge can be improved through teaching and which methods are particularly suitable for this (Pews-Hocke, 1995). Randier (2002) recommends that student-focused teaching should be combined with teacher-focused teaching to encourage individual work and group work. He states that students learn more actively when working independently. Once a good knowledge base has been generated, Randier (ibid.) considers field trips to be useful to put the acquired knowledge into an ecological context.

8.2 Aims and Research Question

The present study aims to contribute towards counteracting the deficit in plant species knowledge by integrating the use of digital media in plant identification lessons. The starting point for this were teacher training courses at the university, as student teachers may later act as multipliers. The aim being addressed was to determine the influence that two different consolidation methods (analogue and digital) might have on acquiring and/or retaining plant species knowledge. Both consolidation methods used should lead to an increased elaboration of the previously covered content (referring to distinguishing features of certain plant families), but for both methods this elaboration process probably happened in different ways. While the intervention group worked on observation tasks under their own guidance by using an app (*Biparcours*), a second group of students (control group) applied a classical identification key for species identification. The research question therefore was:

What influence does the *Biparcours* app have on the acquisition (and retention) of plant knowledge by future biology teachers in comparison to an analogue learning form?

Both treatments seemed to be suitable for the groups to repeat characteristics of the plant families dealt with and to get to know selected representatives of these plant families in more detail. However, we assumed that students using the digital application would show a better performance in a subsequent test addressing plant species knowledge than the students using a traditional identification guide. The reasons for our hypothesis are as follows:

1. Classical identification guides usually apply dichotomous identification keys as opposed to non-linear learning paths. These identification keys are made of many individual questions which must be answered in a specific order. If a person cannot answer one of the many dichotomous questions, he or she will most likely not achieve the given goal. Dichotomous identification keys are therefore

not very tolerant of errors or lack of knowledge. These challenges can partly be overcome by using an app offering independent observations tasks, which do not build on each other.

2. The questions in the app focus on what is specific to a particular plant species and thus put the spotlight on a few preselected features. In contrast, identification guides list many features, whereby the central features can easily be overlooked.
3. A traditional dichotomous identification key consists primarily of text elements and just a very few illustrations. In addition, each identification step covers the same task which is to compare a written identification characteristic with the plant material at hand. Because of this monotony, plant identification can easily be seen as a boring task and might have a negative effect on motivation. Using the app should lead to an advantage in this respect because very different types of tasks can be used which also may include playful elements and may address plant use in everyday life (see Sect. 3.1).
4. Traditional identification lessons still often take place in the classroom (according to the authors' experience). The teacher brings previously collected plants to the course, which are then identified by using a classical identification key. This is time-efficient for the teacher and allows the lesson to run according to the teacher's planning. Of course, it would also be possible to go out into nature with an identification book, but this is rarely done. An app could facilitate this step of looking at plants in their natural habitat, e.g. through other types of tasks that require going out and finding a described plant species in nature. This can be motivating for the students, because plant hunting and moving around in nature may be fun. It is also possible, that plants in nature are perceived as more aesthetic, because they are not lying plucked out on the table. Furthermore, there is the possibility of learning additional information about the habitat and the range of trait variation in a plant species. In addition, Lai et al. (2007) showed that higher order learning outcomes can be achieved when learners use mobile devices outdoors instead of paper and pencil.
5. If, based on the tasks in the app, a person has found places where this plant species naturally occurs, and if this person passes these places more often, then he or she will be reminded of the plant species again. This opportunity for repetition is missing when working with a classical identification book.

8.3 Methods

8.3.1 Biparcours Application

Biparcours is an app for creating digital learning offers in educational contexts and for fostering the use of extracurricular learning locations. The supplier (Bildungspartner NRW) provides schools and their partners with an interactive, multimedia learning tool free of charge. The app can be used to convey information in different ways and to integrate different types of tasks that need to be solved.

Possible components of the app are (1) quiz elements, (2) recording of photos, videos and audio elements, (3) QR codes, (4) text elements, and (5) coordinates for reaching a certain location. Figure 8.1 shows three examples of such different types of tasks, while Fig. 8.2 depicts examples of students' work results. The app allows users to navigate through the material in a self-determined way. If a person answers a question incorrectly due to the lack of knowledge, he or she can still continue to work in a proper way (which is different with a classic identification key).

8.3.2 Design and Procedure

Based on previous research and the technical possibilities offered by the app, the working hypothesis of the study was, that learners who use the digital tool to acquire plant species knowledge, achieve correct answers with greater frequency in a subsequent test than when using analogue learning forms.

The study referred to an university seminar called "Identification Exercises in Botany" in the Bachelor's programme for biology student teachers. In 2018, a pilot study was conducted to test the different survey instruments as well as the app as a consolidation and learning method. The pilot study did not have a control group design, because it served just as a preparation for the main study in terms of a design-based research approach. The main study took place from April to June 2019. The course structure contained a theoretical input given by the lecturer as well

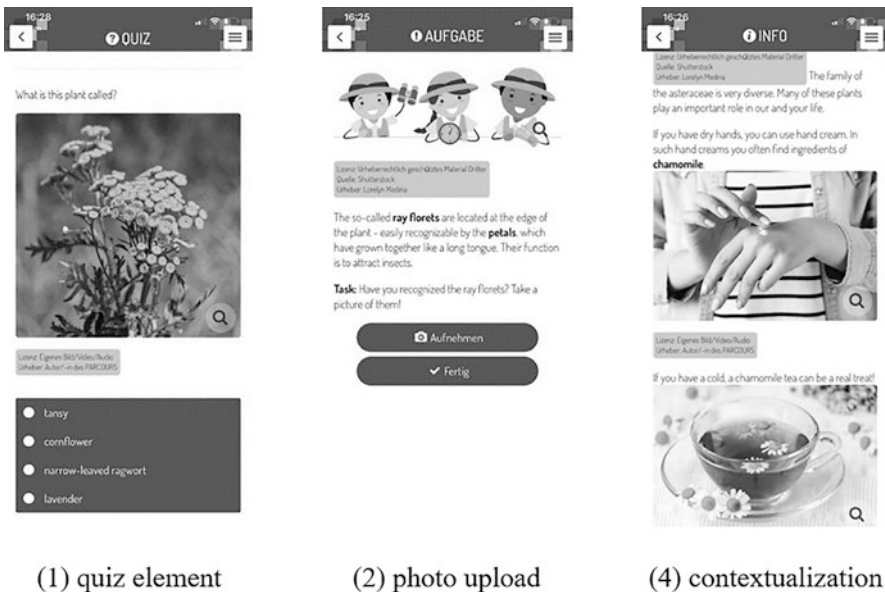


Fig. 8.1 Examples from the *Asteraceae* parcours



Fig. 8.2 Examples from the task: Photograph the tubular flowers of a daisy

as learning stations which addressed five different plant families (*Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae*, *Rosaceae*, *Fabaceae*). While this theoretical introductory part was the same in both, the intervention and control group, these groups differed in the subsequent practical part. In the intervention group, the learners used the digital tool *Biparcours* app to deepen their knowledge of plant species outdoors in nature. When using the app, students were asked to look for specific plant species in nature, to describe their distinctive features and to photograph them. The control group instead, studied the same plant species by using an identification book with a simplified, shortened version of a dichotomous identification key and performed the identification tasks inside the classroom. To ensure comparability, the plants to be identified were identical in both groups. The representatives of the different plant families were selected according to their seasonal appearance and to easy recognition of the specific identification features, which had been discussed theoretically in the introductory course part.

For the study, two very different learning scenarios were compared: classical book-based identification exercises in the classroom using just one repetitive task format versus app-based identification exercises in nature using different task formats. Thus, not only one variable was changed, but different variables. The reason for this was to compare two contrary teaching formats as typically found in university courses or school lessons. We hereby wanted to achieve ecological validity according to Bronfenbrenner's definition: "Ecological validity refers to the extent to which the environment experienced by the subjects in a scientific investigation has the properties it is supposed or assumed to have by the investigator" (Bronfenbrenner, 1979, p.29).

8.3.3 Sample

In order to analyze students' learning progress, a total of six courses ($N = 125$) were examined. These were parallel courses at the same university taken by student teachers in their fourth bachelor's degree semester in biology. The courses were divided into three control and three experimental groups. An intervention study was done

using a pre-post design. Only students who participated in the pretest and posttest were considered in the present study. The intervention group comprised a total of 57 participants (46 female, 9 male, and 2 diverse) and the control group a total of 41 participants (32 female, and 9 male). In the intervention group, the average age of the students was 22.2 ($SD = 2.86$) years, and the control group had an average age of 22.1 ($SD = 1.52$) years. All participants were randomly assigned to the two groups before the course started. The test persons were anonymized by a code, and all data were collected in compliance with the data protection regulation (EU-DSGVO).

8.3.4 Instrument

In order to examine students' knowledge gains concerning plant species, a self-developed knowledge test (15 items) was applied (questionnaire available at: <https://osf.io/e4zr5/>). The adequacy of the items was assessed by two experienced biology lecturers. The items were constructed as single-choice questions with four response options. The answers were dichotomously scored (0 = wrong answer; 1 = correct answer). One point could be given per question. The maximum achievable score was 15 points in total with a high sum score indicating high plant knowledge. Pre- and posttest (April and June 2019), between which there were four seminar dates, contained the same questions but in different orders and with different plant pictures. The participants had no access to their test results. The main focus of the test was on the characteristics of the treated plant families and species, whereby each family was covered by 3 items (with one exemption, where the preference was given to a more general question). Furthermore, item formulation was based on the criteria for good questions, e. g. simple language, clearly formulated, focused on a single issue (Beller, 2016). All data were collected using the survey program 'qualtricssm'. All results were calculated with the statistics software "IBM SPSS Statistics 26". For the items analysis, the limit values given by Moosbrugger and Kelava (2012) were used. According to this, all items with discriminatory power of $r > .3$ and item difficulties between $p = .2$ and $p = .8$ were taken into account for the score formation. Only one item did not meet the selection criteria. It was nevertheless retained in the test because it referred to the basic aspect of knowing different classification levels (taxonomy). For reliability analysis, Cronbach's alpha was calculated to assess the internal consistency of the knowledge tests. The internal consistency of the pretest (15 Items; $\alpha = .31$, $M = 5.90$, $SD = 1.68$) was lower than the posttest (15 Items; $\alpha = .63$, $M = 10.48$, $SD = 1.82$).

8.4 Results

A mixed analysis of variance (relevant conditions were checked in advance) was executed to investigate whether there is a difference in students' knowledge growth between pre-test and post-test (effect by 'time') and whether knowledge

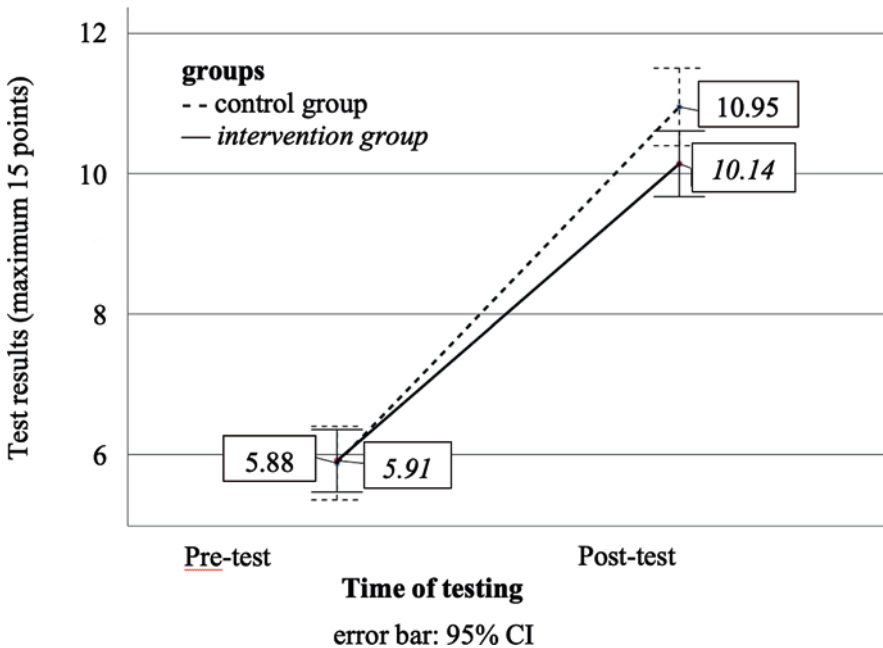


Fig. 8.3 Test results for the intervention group at the time of pre- and post-test

growth differs between the two groups (interaction effect between ‘time’ and ‘group’). A within-group effect was observed: students’ knowledge significantly improved from pre- to post-test, $F(1, 96) = 403.52$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .81$. There was no between-group effect, which means that the knowledge level of the intervention group did not differ significantly from that of the control group, $F(1, 96) = 2.065$, $p = .154$, partial $\eta^2 = .02$. In addition, there was no statistically significant difference concerning the interaction effect, $F(1, 96) = 3.331$, $p = .071$, partial $\eta^2 = .34$. These results disprove our hypothesis that our digital learning tool (here: *Biparcours* app) would be more conducive to knowledge growth than an analog learning tool (here: plant identification book) (Fig. 8.3).

8.5 Discussion

8.5.1 Gain of Knowledge

The results of the post-test showed a significant increase in knowledge growth for both groups compared to the results of the pre-test. However, there was no significant difference regarding the interaction effect between ‘time’ and ‘group’. Thus,

the working hypothesis has to be rejected, because teaching with a digital application did not lead to better plant knowledge than using a traditional identification guide. Both, the digital and the analogue teaching approach, affected learning in a positive way, so that one can speak of an almost equally good increase in performance. There may be different explanations, why the intervention group that worked with the app did not perform any better than the control group:

1. When working with a classical identification book, the depth of information processing being achieved may be even higher than when working with an app. A possible reason for this could be that each identification step in an identification book corresponds to an application task at the same time. When reading a dichotomous identification statement, one has to visualize it mentally and compare it to the plant sample at hand. This hypothesis corresponds to some extent with theoretical statements by Bohnsack (2009, p. 299): “Images are implicated in all signs or systems of meaning. In the terms of semiotics, a specific “signified” which is associated with a specific “signifier” (for instance a word) is not a thing, but a mental image.” This would mean that when one hears or reads the word flower, one tends to refer to an abstract image of a flower in one’s mind. In addition, with each identification process, one goes through the identification criteria of an identification book anew and thus repeats them permanently.
2. The playful elements of the app, the reference to some everyday use of the plant species dealt with, the search for these plant species in the surrounding area (with the latter tempting one to engage with diverse, non-target explorations) – these may all have been distracting factors that prevented the student teachers from concentrating only on what was essential, i.e. the respective special characteristics of the plants. In this respect, a cognitive overload (Chandler & Sweller, 1991) may have occurred with the app, in that important information was not sufficiently separated from rather extraneous information (although this could be a similar effect as the cognitive overload caused by the many individual comparisons one has to make when working with a classic identification book).
3. For the study group, i.e. student teachers in biology, it could be assumed that they were relatively motivated individuals with an interest in the subject and thus also in knowledge about plants. In this case, the chosen method of learning about plants would have less impact on the learning outcome than if the study was conducted with a different target group, such as pupils, whose interests are more diverse and less focused on biology and plants.

8.5.2 Limitations of the Study and Implications for Further Research

There are some limitations of the study that affect data interpretation and should be considered for the design of subsequent studies.

1. The two teaching approaches might rather have led to different effects, when the practical part of the seminar (teaching with the app versus teaching with analogous material) had covered the whole time of the seminar. For this purpose, however, the basic taught information phase about plant families should be interwoven with the practical part of the seminar, and must thus be integrated into the app as well as into the work with the identification guide. This requires a significant expansion of the app, as it is then used not just primarily for consolidation purposes but also for basic knowledge transfer.
2. It would have been revealing to have a second control group where only the basic information would have been given, without the practical identification phase that followed. In this way, one could have analysed how much knowledge was gained through the practical parts of the seminar or if most of the information was already conveyed through the basic unit. The reason for omitting such a second control group was that otherwise the group sizes would have been too small.
3. In terms of their design, the two teaching approaches were oriented as closely as possible to classroom reality and thus had a high ecological validity. As a result, however, these approaches differed in several aspects and not just in one variable. In order to achieve greater comparability of the two teaching approaches, both the app and the identification book could be worked with outdoors, for example. However, it is questionable whether this alignment of study conditions would really lead to different results. The expectation would rather be that the likelihood for different learning gains to occur would be reduced due to the greater similarity of the study conditions.

A final question that ultimately arises is, what features do apps need to have in order to bring about additional learning gains? Perhaps such an app should combine potential advantages of an identification book (frequent repetition of identifying features, continuous comparisons between the described features and the original plant, stimulating mental visualisation of contrasting features) and potential advantages of a digital learning tool (such as error tolerance through independent tasks, diverse activity options, focus on particularly prominent features, and easy use in the field). However, whether these are really effective design criteria needs to be investigated through separate surveys. These surveys should also refer to interview studies in which participants assess which app and task design is effective for them and for what reasons.

References

- Beller, S. (2016). *Empirisch forschen lernen–Konzepte, Methoden, Fallbeispiele, Tipps, hogrefe*, 3. Auflage.
- Bohnsack, R. (2009). The interpretation of pictures and the documentary method. *Historical Social Research/Historische Sozialforschung*, 34(2 (128)), 296–321.
- Bronfenbrenner, U. (1979). *The ecology of human development: Experiments by nature and design*. Harvard University Press.

- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332.
- Dellbrügge, B., & Marohn, A. (2017). *choice2interact–Interaktiv Lernen mit Tablets im Chemieunterricht* (Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen–Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer). Joachim Herz Stiftung.
- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., et al. (2019). *ICILS 2018# Deutschland: Computer-und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Waxmann.
- Fauville, G., Lantz-Andersson, A., & Säljö, R. (2014). ICT tools in environmental education: Reviewing two newcomers to schools. *Environmental Education Research*, 20(2), 248–283.
- Gatt, S., Tunnicliffe, S. D., Borg, K., & Lautier, K. (2007). Young Maltese children's ideas about plants. *Journal of Biological Education*, 41(3), 117–122.
- Hermes, A., & Kuckuck, M. (2016). Digitale Lehrpfade selbstständig entwickeln–Die App Actionbound als Medium für den Geographieunterricht zur Erkundung außerschulische Lernorte. *GW Unterricht*, 142, 174–182.
- Hesse, M. (2000). Erinnerungen an die Schulzeit—Ein Rückblick auf den erlebten Biologieunterricht junger Erwachsener. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 6, 187–201.
- Jäkel, L., & Schaer, A. (2004). Sind Namen nur Schall und Rauch?: Wie sicher sind Pflanzenkenntnisse von Schülerinnen und Schülern? *Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB)-Biologie Lehren und Lernen*, 13, 1–24.
- Krause, M., & Eilks, I. (2014). Lernwege mit PREZI modern gestalten–Beispiele zum Teilchenkonzept. *Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht*, 209–215.
- Kuhn, J., Ropohl, M., & Groß, J. (2017). *Fachdidaktische Mehrwerte durch Einführung digitaler Werkzeuge. Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen–Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (pp. 11–33). Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Lai, C. H., Yang, J. C., Chen, F. C., Ho, C. W., & Chan, T. W. (2007). Affordances of mobile technologies for experiential learning: The interplay of technology and pedagogical practices. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(4), 326–337.
- Lenz, T. (2003). Handlungsorientierung im Geographieunterricht. *Geographie Heute*, 4(24), 2–7.
- Lock, R. (1995). Biology and the environment—A changing perspective? Or 'there's wolves in them there woods!'. *Journal of Biological Education*, 29, 3–4.
- Mayer, J. (1995). Formenvielfalt als Thema des Biologieunterrichts. *Vielfalt begreifen–Wege zur Formenkunde*, 5, 37–60.
- Moosbrugger, H., & Kelava, A. (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4>
- Petko, D. (2012). Hemmende und förderliche Faktoren des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht: Empirische Befunde und forschungsmethodische Probleme. In *Jahrbuch Medienpädagogik* 9 (pp. 29–50). Springer.
- Pews-Hocke, C. (1995). *Vielfalt der Arten. Eine Einführung in die Grundlagen der Systematik*. Paetec.
- Pfligersdorffer, G. (1991). *Die biologisch-ökologische Bildungssituation von Schulabgängern. Eine empirische Untersuchung über die Kenntnisse von Schülern sowie über die Lehrplangegebenheiten des entsprechenden Unterrichts im weiterführenden Schulwesen der AHS, BHS und BMS Österreichs*. ABAKUS-Verlag.
- Rathgeb, T., Schmid, T., Feierabend, S., & Reutter, T. (2020). *JIM-Studie 2019. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (LFK, LMK)*. <https://www.mfps.de/studien/jim-studie/2019/>
- Randier, C. (2002). Comparing methods of instruction using bird species identification skills as indicators. *Journal of Biological Education*, 36(4), 181–188.
- Schulz-Zander, R. (2005). Veränderung der Lernkultur mit digitalen Medien im Unterricht. *Perspektiven der Medienpädagogik in Wissenschaft und Bildungspraxis*, 125–140.

- Tunnicliffe, S. D. (2001). Talking about plants-comments of primary school groups looking at plant exhibits in a botanical garden. *Journal of Biological Education*, 36(1), 27–34.
- Tunnicliffe, S. D., & Reiss, M. J. (2010). Building a model of the environment: How do children see plants? *Journal of Biological Education*, 34(4), 172–177.
- Wandersee, J. H., & Schussler, E. E. (1999). Preventing plant blindness. *The American Biology Teacher*, 61(2), 82–86.
- Weng, A., & Pfeiffer, A. (2016). “Lernen durch Lehren” in der Mathematik: Videotutorials und Apps im Praxistest. 2016, 16.S. URN. <https://doi.org/10.25656/01:12264>
- West, M., & Vosloo, S. (2015). *Policy guidelines for mobile learning*. UNESCO Publishing.

Anhang D

Teilpublikation 4

Emmerichs, L., Welter, V.D.E., Schlüter, K. (2021b). *Effekte kognitiver und metakognitiver Prompts im digital aufbereiteten Botanikunterricht* [Posterpräsentation]. 23. Internationale Konferenz der Fachsektion Didaktik der Biologie im Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland e.V. (VBIO), virtuelle Konferenz, Deutschland.



Effekte kognitiver und metakognitiver Prompts im digital aufbereiteten Botanikunterricht

Lars Emmerichs¹, Virginia Welter¹, Sandra Hofhues², Kirsten Schlüter¹

¹Universität zu Köln, Institut für Biologiedidaktik; ²FernUniversität Hagen, Institut für Bildungswissenschaft und Medienforschung

Adaptives Prompting im digitalen Lehren und Lernen

Der positive Einfluss des Einsatzes einer Kombination aus kognitiven und metakognitiven Prompts konnte wiederholt insbesondere für den Bereich des selbstregulierten Lernens aufgezeigt werden (Großschedl & Harms, 2013; Kalyuga et al. 2001). Ein entscheidender Wirkfaktor beim Prompting ist sein Einsatz zu spezifischen kritischen Zeitpunkten des individuellen Lernprozesses, um die Aktivierung von Vorwissensbeständen und den adäquaten Einsatz von Lernstrategien effektiv zu fördern (Wirth et al., 2008). Ein derart flexibler Einsatz von Prompting ist in traditionellen analogen Unterrichtssettings mithin schwer leistbar, da er ein fortlaufendes Monitoring des individuellen Lernprozesses erfordert (Goertz, 2014; Südkamp & Möller, 2012). Digitale Medien hingegen bieten aufgrund ihrer Adaptivität die Möglichkeit, auch individualisierte Unterrichtsszenarien lernförderlich umzusetzen (Backfisch et al., 2020). Entsprechend wurde exploriert, ob eine solche adaptive Darbietung von Prompts via Nutzung eines digitalen Tools im Vergleich zu einem konventionellen Lernformat einen signifikanten Effekt auf die metakognitive Vorhersage des eigenen Lernerfolgs bei Lehramtsstudierenden der Biologie hat.

Methodik

Es nahmen $N = 94$ Bachelor-Lehramtsstudierende des Seminars "Bestimmungsübungen Botanik" an der Untersuchung teil. Die theoretische Einführung wurde für alle Teilnehmer:innen identisch gestaltet. Anschließend wurden sie randomisiert einer von zwei Gruppen zugeteilt:

- Experimentalgruppe (EG, $n = 54$): Pflanzenbestimmung mittels digitalem Tool (App *Biparcours*) im Außenbereich und adaptiver Darbietung von Prompting im Rahmen der individuell bearbeiteten Parcoursstationen (vgl. Abbildungen unten).
- Kontrollgruppe (KG, $n = 40$): Pflanzenbestimmung mittels konventionellem Tool (Bestimmungsschlüssel) im Kursraum und non-adaptiver Darbietung von Prompting im Rahmen des dichotomen Entscheidungsbaums des Bestimmungsschlüssels sowie durch den Dozenten zu Beginn und Ende der Lerneinheiten und bei auftretenden Fragen oder Problemen der Lernenden (z. B. „Warum erachten Sie exakt diese Indikatoren zur Bestimmung als relevant?“ oder „Auf was könnte diese Ähnlichkeit zwischen den Arten hinweisen?“).

EG und KG unterschieden sich im Mittel weder hinsichtlich des Alters noch des Abitur-NCs oder des relevanten Vorwissens signifikant voneinander (Tab. 1). Das botanische Fachwissen wurde mithilfe eines 15 Items umfassenden, selbstkonstruierten Wissenstests erfasst. Das Selbstkonzept der Fachkompetenz wurde mithilfe der korrespondierenden Subskala des *Intrinsic Motivation Inventory* (IMI, 4 Items, $\alpha = .69$), das Selbstkonzept des botanischen Fachwissens (CK) mithilfe einer adaptierten Version der CK-Subskala des *TPACK*-Inventars (3 Items, $\alpha = .76$) erfasst.

Tabelle 1

Stichprobenkennwerte

	$n_{\text{Geschlecht}}$			Alter		Abitur-NC		Vorwissen	
	m	w	d	M	SD	M	SD	M	SD
EG	8	44	2	22.32	2.95	2.53	.48	5.89	1.79
KG	7	33	0	21.90	1.55	2.47	.39	5.85	1.66

Ergebnisse

Im Anschluss an die Lerneinheit zeigt sich ausschließlich für die EG, dass Selbstkonzeptvariablen und objektiv gemessenes Wissen signifikant korrelieren. Vergleicht man die Höhe der Korrelationen zwischen EG und KG, so ergeben sich jeweils große Effekte von $d_{\text{Cohen}} = 0.55$ resp. 0.78 (Tab. 2).

Tabelle 2

Gruppenspezifische Pearson-Korrelationen

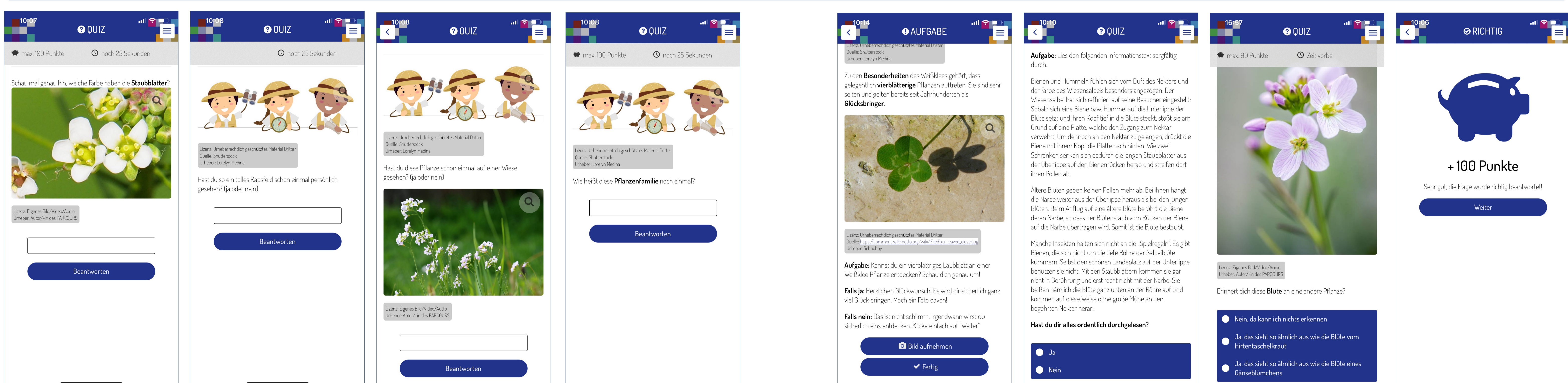
	Wissen – Selbstkonzept Fachkompetenz	Wissen – Selbstkonzept Fachwissen
EG	.28*	.51***
KG	-.26	-.21
Δ_r	$d = 0.55$	$d = 0.78$

* $p < .05$ *** $p < .001$

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die adaptive Darbietung von Prompting durch Einbindung in digitale Tools sich förderlich auf eine valide Kompetenzeinschätzung der Lernenden auswirken kann. Ein derart realistisches Fähigkeitsselbstkonzept wiederum kann als eine entscheidende Voraussetzung für gelingendes selbstreguliertes Lernen gelten. Es wäre wünschenswert, die gefundenen Effekte an größeren Stichproben, in weiteren Unterrichtssettings und unter Betrachtung weiterer relevanter Variablen zu validieren. In diesem Zusammenhang wäre speziell die Betrachtung potentieller Moderations- oder Mediationseffekte bedeutsam, da anzunehmen ist, dass das Lernformat mit Variablen wie z. B. der kognitiven Belastung während des Lernens interagiert (Böhme et al., 2020; Mayer, 2014, 2009; Sweller et al., 2011; Renkl & Atkinson, 2007). Insgesamt bieten die Ergebnisse jedoch bereits einen ersten Anhaltspunkt zur Ableitung von Empfehlungen zur lernwirksamen Gestaltung digitalen Lehrens und Lernens, wie es insbesondere im Rahmen der aktuellen COVID-19-Pandemie von verschiedenen bildungspolitischen Entscheidungsträger:innen verstärkt gefordert wird.

Prompts im digital aufbereiteten Botanikunterricht



Referenzen

Backfisch, I., Jacob, L., & Plicht, C. (2020). Adaptiven Unterricht digital gestalten. In Digitalisierung in der Lehrerbildung Tübingen (TüDiLB) (Hrsg.), Evidenzbasierte Hinweise zum Einsatz digitaler Medien im Lehr-Lernkontext. | Böhme, R., Munser-Kiefer, M., & Prestridge, S. (2020). Lernunterstützung mit digitalen Medien in der Grundschule. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 13(1), 1-14. | Goertz, L. (2014). Digitales Lernen adaptiv. *Technische und didaktische Potenziale für die Weiterbildung der Zukunft*. Online im Internet: <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/digitales-lernen-adaptiv> [Stand: 2017-01-25]. | Großschedl, J., & Harms, U. (2013). Effekte metakognitiver Prompts auf den Wissenserwerb beim Concept Mapping und Notizen Erstellen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 19, 375-395. | Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J., & Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of educational psychology*, 93(3), 579. | Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary issues in technology and teacher education*, 9(1), 60-70. | Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 41, pp. 85-139). Academic Press. | Mayer, R. E. (Ed.) (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2 ed.). Cambridge, MA: Cambridge University Press. | Renkl, A., & Atkinson, R. K. (2007). Interactive learning environments: Contemporary issues and trends. An introduction to the special issue. | Ryan, R. M., Mims, V., & Koestner, R. (1983). Relation of reward contingency and interpersonal context to intrinsic motivation: A meta-analysis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45, 736-750. | Südkamp, A., Kaiser, J., & Möller, J. (2012). Accuracy of teachers' judgments of students' academic achievement: A meta-analysis. *Journal of educational psychology*, 104(3), 743. | Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Measuring cognitive load. In *Cognitive load theory* (pp. 71-85). Springer, New York, NY. | Wirth, J., Thillmann, H., Küsting, J., Fischer, H. E., & Leutner, D. (2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(3), 361-375.