

Themenheft 73: Zum Zusammenwirken von Forschung und Praxis.

Kooperative Handlungspraktiken im Kontext digitaler Bildungsprojekte.

Herausgegeben von Anna Heinemann, Jens Leber, Lisa Birnbaum, Benjamin Jörissen, Stephan Kröner, Friederike Schmiedl und Michael Kerres

Die Nutzung eines Learning Management Systems (LMS) und die wahrgenommene Veränderung im Unterrichten von Mathematiklehrkräften im QuaMath-Fortbildungsprogramm

Isabell Hußner¹ , Elisabeth Freer² , Isabell Runge³  und Hans Anand Pant¹ 

¹ IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik

² Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen an der Humboldt-Universität zu Berlin e.V.

³ Universität Potsdam

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund transfer- bzw. professionsforschungsbasierter Theorien im Kontext von Schulentwicklungs- bzw. Fortbildungsinitiativen, in denen digitale Plattformen kooperative Handlungspraktiken über die Zeit verstetigen können, untersucht die vorliegende Studie erste Zusammenhänge zwischen beruflicher Nutzung eines Learning Management Systems (LMS) und wahrgenommener Unterrichtsveränderung im QuaMath-Fortbildungsprogramm. Für eine evidenzbasierte Weiterentwicklung solcher Programminfrastrukturen sind empirische Befunde erforderlich, ob und unter welchen Bedingungen die LMS-Nutzung in frühen Programmphasen mit einer wahrgenommenen Unterrichtsveränderung bei den am Fortbildungsprogramm teilnehmenden Lehrkräften einhergeht. Konkret untersucht die vorliegende Studie im ersten Jahr des langfristig und systemisch angelegten QuaMath-Fortbildungsprogramms, ob sich Mathematiklehrkräfte, die ein LMS beruflich, d. h. fortbildungsbezogen für Austausch, Kooperation, Kommunikation oder Unterrichtsentwicklung nutzen, in ihrer wahrgenommenen Veränderung im Unterrichten von einer Gruppe ohne berufliche LMS-Nutzung unterscheiden. An der ersten von drei Online-Befragungen (T₁: 12/2024-04/2025) nahmen N = 64 Mathematiklehrkräfte teil. Die Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse verweisen auf einen signifikanten Gruppenunterschied zwischen den Mathematiklehrkräften mit beruflicher LMS-Nutzung, die tendenziell eher eine Veränderung im Unterrichten berichten, und diejenigen ohne berufliche LMS-Nutzung. Soziodemografische Merkmale der teilnehmenden Mathematiklehrkräfte (Geschlecht, Alter, Berufserfahrung) unterscheiden sich zwischen den Gruppen nicht systematisch. Implikationen dieser Befunde für Forschung und Praxis werden diskutiert.

The Use of a Learning Management System (LMS) and the Perceived Changes in the Teaching of Mathematics Teachers in the QuaMath Professional Development Programme

Abstract

Against the backdrop of transfer- and profession-based theories that digital platforms might strengthen cooperative practices over time in professional development initiatives, this study examines connections between the professional use of LMS and perceived changes in teaching within the QuaMath professional development program. For the evidence-based development of such program infrastructures, empirical findings are needed on whether and under what conditions LMS use in early program phases is related to teacher-perceived changes in teaching in the professional development program. In this context, the present study examines whether mathematics teachers who use a learning-management-system (LMS) for professional development – exchange, collaboration, communication or lesson planning – differ from a group that does not use an LMS for professional development in terms of their perceived changes in teaching practice in the first year of the long-term and systematically designed QuaMath program. N = 64 mathematics teachers participated in the first of three online surveys (T₁; 12/2024-04/2025). Results of the one-way analysis of variance indicate a significant difference between mathematics teachers who use an LMS in their work and those who do not, with LMS users tending to report changes in their teaching more frequently. Sociodemographic characteristics of the mathematics teachers (gender, age, professional experience) do not differ systematically. Implications of these findings for research and practice are discussed further.

1. Einleitung

Im schulischen Kontext wird Digitalisierung häufig als übergreifender Transformationsbegriff verwendet und kann auf unterschiedlichen Ebenen (Unterricht, Schule als Organisation, Bildungssystem) verschiedene Bedeutungen annehmen (Wolff und Martens 2020). Dabei bestehen politische und gesellschaftliche Erwartungen, Transfer- bzw. Transformationsprozesse – insbesondere in Förderprojekten mit heterogenen Akteurskonstellationen – gemeinsam zu gestalten (Herzig et al. 2024; OECD 2022). Trotz der hohen Erwartung an ko-konstruktive Zusammenarbeit ist bislang nur begrenzt geklärt, inwiefern digitale Infrastrukturen kooperative Handlungspraktiken z. B. in Fortbildungsprogrammen tragen können bzw. wie sich diese auf die Unterrichtspraxis der Lehrkräfte auswirken. Dabei können digitale Lehr-Lernsettings neben der Förderung medienpädagogischer Kompetenzen auch nachhaltige und effiziente Fort- und Weiterbildung sowie individuelle Professionalisierungsprozesse unterstützen (Alsaleh 2024; Henrich 2023; OECD 2022), wodurch politische Forderungen nach dem Ausbau von digitalen

Lehr-Lernsettings (Alsaleh 2024; OECD 2022) adressiert werden können. Im Kontext von Professionalisierungs- bzw. Fortbildungsansätzen werden die klare Gestaltung von Kooperationsbeziehungen (Rollen, Verantwortlichkeiten, Netzwerke, Kommunikationsformen: Endberg et al. 2022; Kerres et al. 2022; Prenger et al. 2017) zwischen den unterschiedlichen Akteursgruppen (z. B. Lehrkräfte, Schulleitungen, Fortbildner:innen, Administration, Wissenschaft) sowie längerfristig angelegte Programme (Prenger et al. 2017) als zentral angesehen, um Verluste bei der Implementierung zu vermeiden, die vom Fokus und Ziel einer Verbesserung der Lernprozesse von Schüler:innen ablenken (Endberg et al. 2022). Dennoch ist die Forschungslage zu geeigneten Vermittlungsformen in Fortbildungskontexten (Gestaltung, Inhalte, Umfang), um die beteiligten Akteursgruppen zu erreichen, inkonsistent (Hartmann et al. 2016), wobei insbesondere Forschungsbedarf zur Anregung von Lehrkräfte-Kooperation besteht (Prediger et al. 2024). Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrkräftefortbildung deuten darauf hin, dass Lehrkräfte sich tendenziell dann professionell entwickeln bzw. Veränderungen ihrer Unterrichtspraxis wahrnehmen, wenn Fortbildungen zeitlich überdauernd stattfinden, kollektive Teilnahme ermöglichen und kohärent an Unterrichtszielen sowie schulischen Entwicklungsprozessen anknüpfen (Desimone 2009; Garet et al. 2001). Dabei wird Kooperation von Lehrkräften als Form der Zusammenarbeit mit gemeinsamen Interessen und Zielen (Rolff 2014) bzw. als ko-konstruktive Unterrichtsentwicklung (Gräsel et al. 2006) definiert.

Bisherige theoretische Ansätze im Kontext von Professionalisierungs- bzw. Innovationsprozessen wie professionelle Lerngemeinschaften (Professional Learning Communities, PLCs: vgl. Hord 1997; Hudson 2024) verweisen darauf, dass gut etablierte PLCs mit selbst berichteten Veränderungen im Unterrichten und unter bestimmten Bedingungen auch mit Lernzuwächsen von Schüler:innen assoziiert sind, wobei Wirkungen insbesondere von der Qualität der kollaborativen Arbeitsprozesse (z. B. gemeinsame Analyse, Feedback, geteilte Verantwortlichkeit) abhängen (Vescio et al. 2008). Digitale Varianten professioneller Lerngemeinschaften wie Online Professional Learning Communities (OPLCs: vgl. Jin et al. 2024; Segev et al. 2025) können Professionalisierungsprozesse räumlich und zeitlich über Online-Netzwerke ermöglichen und kollegialen Austausch unterstützen (Jin et al. 2024; Trust et al. 2016). Zudem können erstellte Materialien, Übungen oder Aufgaben asynchron erneut aufgegriffen werden und dadurch zusätzliche Lerngelegenheiten eröffnen (Duncan-Howell 2010; Rosell-Aguilar 2018), wobei der technologische Angebots- bzw. Aufforderungscharakter sowohl unterstützend als auch begrenzend wirken kann (Jin et al. 2024). In diesem Zusammenhang kann das QuaMath-LMS als digitale Unterstützungsstruktur im Kontext materialer, personaler und systemischer Implementierungsstrategien betrachtet werden, da Fortbildende forschungsbasierte Konzepte umsetzen, Reflexionen begleiten sowie zwischen den Praxiserprobungen Materialien zur Verfügung gestellt und Kommunikations- und Austauschprozesse angeregt werden sollen (Prediger et al. 2024). Damit ist für die Anschlussfähigkeit kooperativer Handlungspraktiken in (digitalen) Transfer- bzw. Fortbildungskontexten

besonders relevant, ob und inwiefern ein LMS als digitaler Kooperations- bzw. Lernraum für Unterrichtsentwicklung in QuaMath (Unterrichts- und Fortbildungsqualität in Mathematik entwickeln: vgl. Prediger et al. 2024) genutzt wird. Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Studie ein Learning Management System (LMS) (a) als OPLC zur Unterstützung des digitalen Lernprozesses, in dem Lehr- und Lernaktivitäten durch Verwaltung und Kommunikation (z. B. von Materialien, Aufgabenformaten, Praxiserprobungen) unterstützt werden können (Klobas und McGill 2010), sowie (b) als strategische Einbindung auf Unterrichtsebene und Kooperation innerhalb des QuaMath-Fortbildungsprogramms (vgl. Prediger et al. 2024). Explorativ betrachten wir darüber hinaus Unterschiede in den soziodemografischen Hintergrunddaten (Geschlecht, Alter, Berufserfahrung) der Mathematiklehrkräfte im Zusammenhang mit ihrer eingeschätzten Veränderung im Unterrichten innerhalb des QuaMath-Fortbildungsprogramms.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 *Transfer im QuaMath-Fortbildungsprogramm für Mathematiklehrkräfte*

Das QuaMath-Fortbildungsprogramm ist ein bundesweit von der KMK gefördertes zehnjähriges Fortbildungsprogramm für Mathematiklehrkräfte, das auf die Verbesserung der Qualität des Mathematikunterrichts entlang von fünf zentralen Qualitätsprinzipien (QuaMath-Prinzipien: kognitive Aktivierung, Verstehensorientierung, Durchgängigkeit, Lernendenorientierung sowie Adaptivität und Kommunikationsförderung) abzielt (vgl. Holzäpfel et al. 2024; Prediger et al. 2024). QuaMath adressiert Unterrichtsentwicklung nicht als singulären Transfer, sondern als mehrstufige Implementationsarchitektur, in der materiale, personale und systemische Strategien verzahnt werden. Materiale Strategien bündeln und strukturieren gegenstandsbezogene Entwicklungsimpulse (z. B. Module, Aufgaben- und Unterrichtsformate), personale Strategien zielen auf die Qualifizierung und Begleitung der beteiligten Akteur:innen (u. a. Fortbildende und Lehrkräfte) und systemische Strategien sollen über Netzwerk- und Kooperationsstrukturen Bedingungen für nachhaltige Unterrichtsentwicklung verbessern (vgl. Prediger et al. 2024). Das Programm ist als langfristige, praxisnahe Basis- und Vertiefungsqualifizierung (zu den fünf QuaMath-Prinzipien) der Fortbildenden sowie der Mathematiklehrkräfte konzipiert, in Schulnetzwerken und Schulteams organisiert und verbindet Fortbildungselemente in Präsenz mit Praxiserprobungen und deren Reflexionen (vgl. Holzäpfel et al. 2024; Prediger et al. 2024). Dabei ist Transfer als anbieterseitig (z. B. aus dem Wissenschaftssystem) gut designer multi-direktionaler Prozess für Implementierung und Scaling-up (Pant 2025) einer qualitätvollen und dauerhaft tragfähigen Umsetzung von Innovationen zu verstehen. Gut designer und konzeptualisierter Transfer kann durch Implementierungsstrategien sowie situationsangemessene Handlungs- und Methodenzugänge Perspektiven

für Nachhaltigkeit eröffnen und sollte kontextuelle Faktoren bei der Anpassung vor Ort berücksichtigen (Eberl und Manitijs 2022; Prediger et al. 2024). Implementierung bezeichnet dabei die aktive und qualitätsvolle Integration eines Transfergegenstands in seine praktische Nutzung in einem konkreten schulischen Setting und geht damit über bloße Verbreitung oder Bekanntmachung hinaus (Fixsen et al. 2005; Nilsen 2015). Im Transferprozess umfasst Implementierung die erstmalige Umsetzung einer zuvor entwickelten Innovation unter Realbedingungen, begleitet durch formative Evaluation sowie durch Transferstrategien, Akteurskonstellationen sowie Unterstützungsstrukturen, die die Verankerung von Wissen, Materialien oder Praktiken in der Praxis ermöglichen sollen (Gonser und Zimmer 2024; Pant et al. 2026; Wilmers und Sander 2024). Dabei sollten diese kontextbezogenen Anpassungen anschlussfähig an schulische Routinen, Ressourcen und Kooperationsstrukturen sein, um dauerhaft in Unterrichts- und Entwicklungspraktiken überführt werden zu können (Prediger et al. 2024). In dieser Perspektive ist der Transfer von Innovationen (z. B. Unterrichtskonzepte) zugleich als mehrdimensionaler Prozess zu fassen, der individuelle, kollektive und organisationale Ebenen verbindet und nachhaltige Veränderungen insbesondere dann ermöglicht, wenn ko-konstruktive Entwicklungs- und Implementierungsprozesse über mehrere Ebenen des Schulsystems hinweg abgestimmt und getragen werden (Gräsel 2010; Holtappels 2019). In QuaMath ist dies auf drei Ebenen organisiert: Qualifizierung der Fortbildenden, Fortbildung der Lehrkräfte und Unterrichtsentwicklung (Prediger et al. 2024).

Damit rückt die Frage in den Vordergrund, über welche infrastrukturellen bzw. kooperativen Formate Professionalisierungs- und Transferprozesse in langfristigen Programmen tatsächlich verstetigt und Veränderungen von Handlungsmustern in der Praxis erfasst und untersucht werden können (Gräsel 2019). Eine erfolgreiche Umsetzung von Fortbildungsinhalten im Kontext von Transfer wird als Ergebnis des Zusammenspiels von individueller (Teilnahme-)Motivation (Wert, Selbstwirksamkeit, Bereitschaft) sowie organisationaler Unterstützung durch Kollegium und Schulleitung (Kim et al. 2019; Stumbrienė et al. 2024), passgenaue didaktische sowie schulische Rahmenbedingungen (z. B. Reflexion, Feedback, Coaching, Kontextbezug: Burke und Hutchins 2007; Fauth und González-Martínez 2021; Souvignier und Hasselhorn 2023) und Fortbildungsdesign und -inhalt (Ford et al. 2018; Prediger et al. 2024) angesehen. In Evaluationsstudien zu Lehrkräftefortbildungen werden neben Kompetenzentwicklung auch Zufriedenheit, wahrgenommene Relevanz und Nützlichkeit, sowie Veränderungen im unterrichtlichen Handeln als zentrale Kriterien für Transfer herangezogen, um zu prüfen, inwiefern Fortbildungsinhalte in unterrichtliches Handeln überführt werden (vgl. Paetsch et al. 2026). Im Rahmen des QuaMath-Fortbildungsprogramms kann das zu transferierende Unterrichtskonzept der fünf QuaMath-Prinzipien für qualitätsvollen Mathematikunterricht als Innovation bzw. Transfergegenstand angesehen werden (Pant et al. 2026). Nach der systemischen Implementierungsstrategie innerhalb des QuaMath-Fortbildungsprogramms soll die Etablierung mehrstufiger Netzwerkstrukturen z. B. durch das LMS als Mittel zur

systemischen Verbesserung der Rahmenbedingungen der beteiligten Akteur:innen für Kooperation und Einbindung auf Unterrichtsebene (innerhalb einzelner Schulen) sowie Fortbildungsebene (schulübergreifende Netzwerke sowie Netzwerke von Fortbildenden) dienen. Somit sollen in QuaMath forschungsbasierte Unterrichts- und Fortbildungskonzepte über Multiplizierende, Schulnetzwerke und Schulteams in die Praxis getragen, dort erprobt, reflektiert und auf Grundlage empirischer sowie praktischer Erkenntnisse weiterentwickelt werden (Prediger et al. 2024). Zugleich ist das Zusammenwirken von Forschung und Praxis nicht als lineare Weitergabe wissenschaftlicher Erkenntnisse zu verstehen, da beide Bereiche unterschiedlichen Perspektiven und Handlungslogiken folgen und daher bidirektionale Austausch-, Ko-Konstruktions- und Rückkoppelungsprozesse erforderlich sind (Farley-Ripple et al. 2018; Hartmann und Kunter 2022; Kerres et al. 2022). Ferner konnte die Meta-Studie von Sims und Kolleg:innen (2023) zeigen, dass Lehrkräftefortbildungen tendenziell wirksamer sind, wenn sie kombinierte Mechanismen adressieren, die (1) Einsichten in Lernen und Unterrichten fördern, (2) Veränderungsmotivation stärken, (3) konkrete Unterrichtstechniken entwickeln und (4) deren wiederholte Anwendung im Unterricht gezielt über Zeit einbetten. Vor diesem Hintergrund untersuchen wir in der vorliegenden Studie die von Mathematiklehrkräften eingeschätzte Nutzung vs. Nicht-Nutzung eines LMS für z. B. Kooperation/Kommunikation mit Lehrkräften, Fortbildenden und Unterrichtsentwicklung (Ideen, Materialien) im Zusammenhang mit ihrer wahrgenommenen Veränderung im Unterrichten zu Beginn der Basisqualifizierung im QuaMath-Fortbildungsprogramm.

2.2 *Learning Management System: Digitale Lernumgebung in Fortbildungs- und Professionalisierungskontexten*

LMS sind Software-Anwendungen bzw. webbasierte Technologien, die Lernprozesse planen, implementieren und erfassen können (Oliveira et al. 2016). Sie können neben der Bereitstellung von Materialien auch Kommunikation, Organisation und Kollaboration zwischen schulischen Akteur:innen unterstützen (Frohn und Bengel 2022). Für schulische Fortbildungs- und Unterrichtsentwicklungskontexte ist dabei insbesondere relevant, dass LMS nicht nur der Distribution von Materialien dienen, sondern über Kursräume, Aufgabenformate, Foren, gemeinsame Dokumente oder Feedbackfunktionen auch unterrichtsbezogene Kooperation, gemeinsame Planung und Reflexion strukturieren können (Brägger und Koch 2021; Frohn und Bengel 2022). Im QuaMath-Programm fungiert das LMS als programmbegleitender Kooperations- und Lernraum, der Lehrkräfte, Schulteams und -netzwerke sowie Fortbildende über Materialien, Austauschformate und Reflexionsanlässe in der Unterrichtsentwicklung verbinden kann (Prediger et al. 2024). Für das Zusammenwirken von Forschung und Praxis werden diese Funktionen besonders dann bedeutsam, wenn dokumentierte Praxiserfahrungen in ko-konstruktive Reflexions- und Rückkoppelungsprozesse eingehen und für die Weiterentwicklung

von Fortbildungsangeboten und Materialien genutzt werden (Farley-Ripple et al. 2018; Kerres et al. 2022).

Aus informationssystemtheoretischer Sicht lässt sich zudem die Qualität eines LMS als Zusammenspiel von Systemqualität (z. B. Stabilität, Bedienbarkeit), Informationsqualität (z. B. Relevanz, Verständlichkeit der bereitgestellten Inhalte) und Service-/Unterstützungsqualität (z. B. Support, Einbettung in Arbeitsroutinen) konzeptualisieren, die die Nutzung und Zufriedenheit der Nutzenden beeinflussen. Für Fortbildungskontexte folgt daraus, dass nicht allein die Nutzung des LMS entscheidend ist, sondern die Qualität der Plattform- und Unterstützungsbedingungen darüber mitbestimmen, ob LMS-Arbeit in professionelle Lern- und Transferpraktiken überführt werden kann (DeLone und McLean 2003). Ferner können LMS-unterstützte Lernumgebungen, in denen Präsenzanteile, Online-Selbstlernphasen und kollaborative Elemente kombiniert werden, zeitliche Flexibilität und kontinuierliche Begleitung erhöhen (Ahmed et al. 2025; Karunaratne et al. 2019). Bisherige Forschungsarbeiten verweisen darauf, dass die aktive Nutzung eines LMS in der Praxis häufig organisatorische Funktionen (Bereitstellung und Abruf von Materialien, Terminkoordination) fokussiert, während didaktisch anspruchsvollere Nutzungsformen (kooperative Planung, strukturierte Reflexion, Feedbackschleifen, gemeinsame Unterrichtsentwicklung) gezielte Unterstützung und Ressourcen benötigen (Blessing et al. 2016; Karunaratne et al. 2019). Ferner zeigen Studien im Kontext der Nutzung von LMS, dass (angehende) Lehrkräfte diese überwiegend als nützlich bewerten (v. a. bezüglich der Zugänglichkeit von Materialien und des Potenzials für Interaktion), jedoch die Nutzung in der Praxis als eher gering bewerteten (Arnold 2020; Basal 2015; Holmes und Prieto-Rodriguez 2018). Als Barrieren für die mangelnde Nutzung eines LMS in Fortbildungskontexten können fehlende Zeit, technische Probleme und geringe Passung zu unterrichtlichen Anforderungen angesehen werden (Ahmed et al. 2025; Karunaratne et al. 2019). Im Kontext der Technologieintegration lassen sich Barrieren konzeptionell in first-order (extern; z. B. Zeit, Infrastruktur, Support) und second-order (intern; z. B. Überzeugungen, pädagogische Routinen, Selbstwirksamkeit) unterscheiden, wobei nachhaltige Nutzung typischerweise erst dann gelingt, wenn beide Kategorien adressiert werden (Ertmer 1999). Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass die Nutzung von LMS von den didaktischen Entscheidungen der Lehrenden sowie organisatorisch-technischen Rahmenbedingungen abhängig ist (Holmes und Prieto-Rodriguez 2018). Empirische Studien zu LMS-gestützter Lehrkräftefortbildung zeigen, dass wahrgenommene Nützlichkeit, wahrgenommene Einfachheit und institutionelle Unterstützung zentral für die Anwendung in der Praxis sind (Ahmed et al. 2025; Karunaratne et al. 2019). Darüber hinaus werden als Barrieren mangelnde Passung oder fehlende Rückkoppelungsschleifen, die Nutzung nur als Ablageort sowie uneinheitliche Überzeugungen der beteiligten Akteursgruppen angesehen (Gorard et al. 2020; Hartmann und Kunter 2022). Um den aktuellen Herausforderungen der digitalen Transformation zu begegnen, sollten Lernmöglichkeiten geschaffen werden, um nachhaltig zu

vernetzen und Qualifizierung standortunabhängig zu ermöglichen (Herzig et al. 2024). Digitalisierungsbezogene Ressourcen wie kostenfreie Online-Kurse können dabei als digitale Lehr- und Lerngelegenheit dienen, da sie asynchrone Kommunikations- und Kooperationsgelegenheiten schaffen können (Niemann et al. 2024; Schulze et al. 2024). Obwohl technologiegestützte Formate der Lehrkräfteprofessionalisierung international zunehmend insbesondere seit der COVID-19-Pandemie untersucht werden (vgl. Huang et al. 2024), ist bislang vergleichsweise wenig darüber bekannt, inwiefern die Nutzung eines LMS als Bestandteil einer systemisch eingebetteten Implementierungsarchitektur in Fortbildungsprogrammen (wie QuaMath) bereits in frühen Programmphasen mit Indikatoren wahrgenommener Veränderung im Unterrichten assoziiert ist (Burton-Jones und Straub 2006; Venkatesh et al. 2008). Dabei kann die Nutzung eines LMS bzw. eines Informationssystems unterschiedlich operationalisiert werden, etwa über Dauer, Häufigkeit und Intensität der Nutzung (Venkatesh et al. 2008) sowie über die Art der genutzten Funktionen und Aktivitäten im jeweiligen Nutzungskontext (Burton-Jones und Straub 2006). Im Fortbildungskontext sind dabei interaktive Lernaktivitäten – insbesondere LMS-gestützte Formen der Kommunikation, Kooperation, gemeinsamen Materialbearbeitung und Reflexion von Praxiserfahrungen – bedeutend, da kollaborative Wissenskonstruktion und professionelle Entwicklung von Lehrkräften unterstützt werden können (Dille und Røkenes 2021; Hußner et al. 2022; Philipsen et al. 2019). Vor diesem Hintergrund sowie aufgrund fehlender empirischer Evidenz zur Nutzung von LMS als digitale bzw. professionelle Lernumgebung und deren Wirkungen sowie Bedingungen für Transfer- bzw. Fortbildungserfolg untersuchen wir in der vorliegenden Studie die Nutzung des QuaMath-LMS (Austausch/Kooperation, Kommunikation, Unterrichtsentwicklung) durch Mathematiklehrkräfte und wahrgenommene Veränderungen im Unterrichten im Kontext des QuaMath-Fortbildungsprogramms.

3. Die vorliegende Studie

Der vorliegende Beitrag untersucht im Rahmen des QuaMath-Fortbildungsprogramms, ob sich Mathematiklehrkräfte, die ein LMS beruflich, d. h. fortbildungsbezogen für Austausch, Kooperation, Kommunikation oder Unterrichtsentwicklung nutzen, in ihrer wahrgenommenen Veränderung im Unterrichten von einer Gruppe ohne solche berufliche LMS-Nutzung unterscheiden. Die Datengrundlage bildet eine quantitative Befragung, die als Teilstudie in QuaMath (*QuaMath-System*) angelegt ist. Sie umfasst den ersten von drei geplanten Erhebungszeitpunkten (T_1 : 12/2024-04/2025 am Ende des Basismoduls im 1. Fortbildungsjahr; T_2 : 12/2025-04/2026; T_3 : 12/2026-04/2027). Die Programmstruktur, die LMS-Funktion in QuaMath sowie die lerntheoretische Einordnung sind in Abbildung 1 dargestellt.

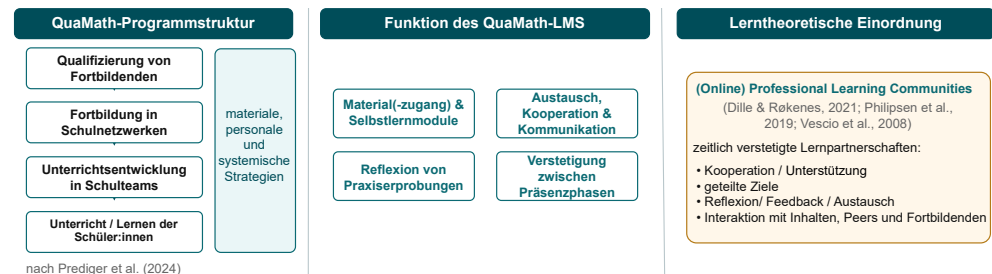


Abb. 1: Vereinfachte Darstellung der Verortung des QuaMath-LMS im Kontext von Programmstruktur und lerntheoretischem Hintergrund. Eigene Darstellung in Anlehnung an Prediger et al. (2024), Vescio et al. (2008), Philipsen et al. (2019) und Dille und Røkenes (2021).

Das Zusammenwirken von Forschung und Praxis umfasst im QuaMath-Programm somit mehrere Ebenen und Akteursgruppen. Untersucht werden die selbsteingeschätzte Veränderung im Unterrichten im Zusammenhang mit der LMS-Nutzung für berufliche Aktivitäten (Austausch/Kooperation, Kommunikation, Unterrichtsentwicklung). Als mögliche Kovariaten werden darüber hinaus soziodemografische Daten der am QuaMath-Fortbildungsprogramm teilnehmenden Mathematiklehrkräfte betrachtet. Dabei kann die LMS-Nutzung als Zugang zu kollaborativen, zeitlich verstetigten Lerngemeinschaften (Online Professional Learning Communities: OPLC, vgl. Hord 1997; Jin et al. 2024) und als infrastrukturelle Unterstützung für ko-konstruktive Unterrichtsentwicklung fungieren (Darling-Hammond et al. 2017; Jin et al. 2024; Prediger et al. 2024). Ferner ergibt sich aus den weiteren beschriebenen Überlegungen zum Wirkungspotenzial von digitalen Unterstützungsinfrastrukturen/LMS im Kontext von Fortbildungen, die folgende Forschungsfrage bzw. Hypothese:

Zusammenfassung

- Unterscheiden sich Mathematiklehrkräfte, die ein LMS beruflich, d. h. fortbildungsbezogen für Austausch, Kooperation, Kommunikation oder Unterrichtsentwicklung nutzen, in ihrer wahrgenommenen Veränderung im Unterrichten von einer Gruppe ohne solche berufliche LMS-Nutzung?
- Wir nehmen an, dass Mathematiklehrkräfte, die das QuaMath-LMS für berufliche Aktivitäten nutzen, im Mittel eine höhere wahrgenommene Veränderung ihres Unterrichtens berichten als Lehrkräfte ohne derartige berufsbezogene LMS-Nutzung.

4. Methodik

4.1 Stichprobe

Die Stichprobe umfasst $N = 64$ Mathematiklehrkräfte von Sekundarschulen aus den vier Bundesländern Brandenburg ($n = 26$, 40,63 %) Berlin ($n = 14$, 21,88 %), Bremen ($n = 4$, 6,25 %) und Sachsen-Anhalt ($n = 3$, 4,69 %); fehlende Werte: $n = 17$ (26,56 %). Die Befragten waren im Durchschnitt 42 Jahre alt ($M = 41,83$; $SD = 8,87$; fehlende Werte: $n = 10$, 15,63 %). Sie waren zu 45,31 % ($n = 29$) weiblich und zu 39,06 % ($n = 25$) männlich (fehlende Werte: $n = 10$, 15,63 %). Ihre Berufserfahrung betrug im Durchschnitt 11 Jahre ($M = 11,00$ Jahre; $SD = 8,50$; fehlende Angaben: $n = 10$, 15,63 %).

4.2 Messinstrumente

Die Skala «wahrgenommene Veränderung im Unterrichten» von Mathematiklehrkräften wurde adaptiert nach Prasse (2012) und umfasst fünf Items mit Antwortoptionen von 1 («gar keine Veränderung») bis 5 («sehr viel Veränderung») zur Frage «Inwieweit hat sich für Sie durch das QuaMath-Programm etwas verändert an...». Durch den Ausschluss des Items (3) «...Ihrem Austausch/Ihrer Zusammenarbeit mit schulexternen Personen und Institutionen» ergab sich eine Verbesserung der Reliabilität von Cronbachs $\alpha = .847$ auf $.868$. Insgesamt umfasst die Skala «wahrgenommene Veränderung im Unterrichten» mit den vier eingeschlossenen Items, Aussagen zu (1) methodischen Vorgehensweisen, (2) Kooperationen mit Kolleg:innen, (3) zum Wissen über neue Unterrichtskonzepte sowie (4) zur eigenen Rolle als Lehrkraft (siehe Abb. 2). Die «unabhängige» Variable «aktive Nutzung des QuaMath-LMS» wurde mithilfe einer angepassten Version der Instrumente zur Nutzung von Medien nach Grimm und Rödel (2020) sowie nach Buntins und Kolleg:innen (2024) erfasst, wobei die LMS-Nutzung für berufliche (fortbildungsbezogene) Aktivitäten wie folgt erhoben wurde:

«Für welche der folgenden beruflichen Aktivitäten nutzen Sie das QuaMath-LMS am häufigsten?». Dabei waren die fünf Antwortoptionen (1) *Unterrichtsvorbereitung/-planung*, (2) *fachlicher Austausch/Kooperation*, (3) *Kommunikation mit Lehrkräften*, (4) *Unterrichtsentwicklung: Unterrichtsmaterialien/-methoden/-ideen/Sozialformen* und (5) *Keine* aufgeführt. Es folgte ein Freifeldtext, das jedoch keine der Mathematiklehrkräfte genutzt hat. Zur Operationalisierung der Gruppenvariablen wurden die Mathematiklehrkräfte in zwei Gruppen eingeteilt: diejenigen, die das QuaMath-LMS aktiv für mindestens eine der vorgegebenen beruflichen Aktivitäten (Austausch/Kooperation, Kommunikation, Unterrichtsentwicklung) nutzen (LMS-Nutzung_{ja}; $n = 34$; mit 1 kodiert), und die Mathematiklehrkräfte, die das QuaMath-LMS für keine der zur Auswahl gestellten beruflichen Aktivitäten nutzen (LMS-Nutzung_{nein}; $n = 20$; mit 0 kodiert; fehlende Werte insgesamt: $n = 10$, 15,63 %). Für die statistische Weiterbearbeitung der abhängigen Variablen «wahrgenommene Veränderung

des Unterrichtens» wurde die Normalitätsannahme auf Residuenebene mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests und ergänzend grafisch geprüft. Für die Residuen ergaben sich in beiden Gruppen der LMS-Nutzung keine statistisch signifikanten Abweichungen von der Normalverteilung (LMS-Nutzung_{nein}: $W = .928, p = .144$; LMS-Nutzung_{ja}: $W = .976, p = .652$).

Inwieweit hat sich für Sie durch das QuaMath-Programm etwas verändert an...?

	Gar keine Veränderung	Wenig Veränderung	Mäßige Veränderung	Viel Veränderung	Sehr viel Veränderung
Ihrer methodischen Vorgehensweise im Unterricht	☐	☐	☐	☐	☐
Ihrem Austausch/Ihrer Zusammenarbeit mit anderen Lehrkräften der Schule (gemeinsame Projekte, gemeinsame Unterrichtsvorbereitung)	☐	☐	☐	☐	☐
Ihrem Austausch/ Ihrer Zusammenarbeit mit schulexternen Personen und Institutionen	☐	☐	☐	☐	☐
Ihrem Wissen zu neuen Unterrichtskonzepten	☐	☐	☐	☐	☐
Ihrer Rolle als Lehrkräfte im Unterrichtsgeschehen	☐	☐	☐	☐	☐

Abb. 2: Fragebogen-Ausschnitt der adaptierten 5-stufigen Skala «wahrgenommene Veränderung im Unterrichten» nach Prasse (2012) von 1 («gar keine Veränderung») bis 5 («sehr viel Veränderung»).

5. Ergebnisse

5.1 Bivariate Analysen

Die bivariaten Zusammenhänge zwischen der wahrgenommenen Veränderung im Unterrichten, der aktiven Nutzung des QuaMath-LMS für berufliche Aktivitäten (Austausch/ Kooperation, Kommunikation, Unterrichtsentwicklung) sowie den soziodemografischen Merkmalen der Lehrkräfte sind in Tabelle 1 dargestellt. Es zeigt sich eine positive Korrelation zwischen der aktiven LMS-Nutzung (dichotom kodiert mit 0/1) und der wahrgenommenen Veränderung im Unterrichten ($r = .310, p < .05$). Darüber hinaus zeigt sich eine signifikant negative Korrelation zwischen dem Geschlecht der Mathematiklehrkräfte (0 = männlich, 1 = weiblich) und der wahrgenommenen Veränderung im Unterrichten ($r = -.282, p < .05$), d. h. männliche Mathematiklehrkräfte nehmen tendenziell mehr Veränderung in ihrer Unterrichtspraxis wahr ($n = 25, M = 2,71, SD = 0,69$) als weibliche ($n = 29, M = 2,30, SD = 0,72$). Alter und Berufserfahrung der Lehrkräfte zeigen dagegen keine signifikanten Korrelationen mit der wahrgenommenen Veränderung im Unterrichten. Ferner korrelieren Alter und Berufserfahrung der Lehrkräfte hoch miteinander ($r = .72, p < .01$) und beide zeigen eine moderate positive Korrelation mit dem Geschlecht ($r \approx .29-.31, p < .05$).

Konstrukte	1	2	3	4	5
1 Wahrgenommene Veränderung im Unterrichten					
2 LMS-Nutzung für berufliche Aktivitäten (0 = nein, 1 = ja)	.310*				
3 Geschlecht Mathematiklehrkräfte	-.282*	-.020			
4 Alter Mathematiklehrkräfte	-.050	.013	.290*		
5 Berufserfahrung (in Jahren)	-.023	.139	.306*	.716**	

Tab. 1: Pearson-Korrelationen der untersuchten Konstrukte «wahrgenommene Veränderung im Unterrichten». Variablen: Nutzung des LMS für berufliche Aktivitäten, Geschlecht, Alter und Berufserfahrung von N = 64 Mathematiklehrkräften der Sekundarschulen im QuaMath-Fortbildungsprogramm (fehlende Werte: n = 10).

Hinweis: * $p < .05$. ** $p < .01$. Beim Konstrukt «LMS-Nutzung für berufliche Aktivitäten» haben Mathematiklehrkräfte mit der Kodierung 1 mindestens eine der folgenden beruflichen Aktivitäten angegeben: (1) Unterrichtsvorbereitung/-planung, (2) fachlicher Austausch/Kooperation, (3) Kommunikation mit Lehrkräften, (4) Unterrichtsentwicklung: Unterrichtsmaterialien/-methoden/-ideen/Sozialformen.

5.2 Einfaktorielle Varianzanalyse: Wahrgenommene Veränderung im Unterrichten und LMS-Nutzung für berufliche Aktivitäten von Mathematiklehrkräften in QuaMath

Für die Untersuchung des Haupteffekts lagen vollständige Angaben für $n = 54$ Mathematiklehrkräften vor. Robuste Mittelwertvergleiche (Welch-Test) zeigen, dass für die soziodemografischen Merkmale unter robusten Annahmen keine systematischen Unterschiede bestehen, sodass beide Gruppen (LMS-Nutzung vs. Nicht-Nutzung) hinsichtlich der soziodemografischen Merkmale weitgehend vergleichbar sind. Die Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse mit der wahrgenommenen Veränderung im Unterrichten als abhängiger Variable und der aktiven QuaMath-LMS-Nutzung (ja = 1/nein = 0) als Faktor zeigen einen signifikanten Unterschied, $F(1, 52) = 5.55$, $p = .022$ zwischen den Mathematiklehrkräften, die das LMS für mindestens eine der beruflichen Aktivitäten und denen, die es für keine der vorgegebenen beruflichen Aktivitäten nutzten (ohne Einbezug der Kovariaten). Der Levene-Test war nicht signifikant ($p = .17$), sodass Varianzhomogenität angenommen werden kann. Nach Cohen (1988) ist der beobachtete standardisierte Mittelwertunterschied für die wahrgenommene Veränderung im Unterrichten ($d = 0.66$) als mittelstarker Effekt charakterisiert. Die Mathematiklehrkräfte, die das QuaMath-LMS für berufliche Aktivitäten nutzten (d. h. für Austausch/Kooperation, Kommunikation oder Unterrichtsentwicklung), berichteten im Schnitt etwa 0.46 Skalenpunkte mehr wahrgenommene Veränderung im Unterrichten als diejenigen, die das QuaMath-LMS für keine der beruflichen Aktivitäten nutzten. Unter Verwendung robuster Tests blieb der Unterschied signifikant (Welch-Test: $F = 4.87$, $p = .034$; siehe Ergebnisse Tab. 2).

Konstrukte	<i>F</i>	<i>P</i>	η^2
Wahrgenommene Veränderung im Unterrichten	5.55	.033	.085
<i>Geschlecht</i> Lehrkraft (0 = männlich, 1 = weiblich)	0.02	.886	.000
<i>Alter</i> Lehrkraft	0.01	.924	.000
<i>Berufserfahrung</i> Lehrkraft	1.03	.315	.019

Tab. 2: Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalysen für die wahrgenommene Veränderung im Unterrichten bei Mathematiklehrkräften mit und ohne LMS-Nutzung für unterrichtliche Zwecke unter Einbezug der Kovariaten Geschlecht, Alter und Berufserfahrung der Befragten.

Zur Prüfung, ob der gezeigte Effekt auch unter Einbezug von weiteren individuellen Merkmalen Bestand hat, wurden die drei Merkmale Geschlecht, Alter und Berufserfahrung als Kovariaten in die einfaktorielle Varianzanalyse aufgenommen. Für alle drei Merkmale zeigten sich keine signifikanten Effekte hinsichtlich des interessierenden Effekts der LMS-Nutzung auf die wahrgenommene Veränderung des eigenen Unterrichtens der Mathematiklehrkräfte (Geschlecht: $F(1, 52) = 0.02$, $p = .89$, Alter: $F(1, 52) = 0.01$, $p = .92$, Berufserfahrung: $F(1, 52) = 1.03$, $p = .32$).

6. Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war es zu untersuchen, ob sich Mathematiklehrkräfte, die das QuaMath-LMS für berufliche Aktivitäten (d. h. Austausch/Kooperation, Kommunikation oder Unterrichtsentwicklung) nutzten, in ihrer wahrgenommenen Veränderung des eigenen Unterrichtens von Mathematiklehrkräften ohne entsprechende LMS-Nutzung unterscheiden. Die Ergebnisse stützen unsere Hypothese, dass Lehrkräfte mit beruflicher LMS-Nutzung höhere Werte wahrgenommener Unterrichtsveränderung aufweisen als Lehrkräfte ohne berufliche LMS-Nutzung. Der Befund lässt sich in den weiteren Kontext aktueller Forschung zu wirksamer Lehrkräftefortbildung einordnen, derzufolge Fortbildungen besonders dann mit professioneller Entwicklung und Veränderungen der Unterrichtspraxis einhergehen, wenn sie längerfristig angelegt sind, an konkrete Unterrichtsinhalte anschließen, aktive Lerngelegenheiten eröffnen und Kooperation zwischen Lehrkräften fördern (Darling-Hammond et al. 2017; Desimone 2009; Garet et al. 2001). Mit Blick auf das Zusammenwirken von Forschung und Praxis kann das QuaMath-LMS als infrastrukturelle digitale Unterstützungsstruktur verstanden werden. Diese ermöglicht den Austausch von Materialien, Kommunikation, Kooperation und (gemeinsamer) Unterrichtsplanung in einem längerfristig angelegten Fortbildungssetting und kann so zentrale Bedingungen professioneller Entwicklung unterstützen (Prediger et al. 2024). Die forschungsbasierte Entwicklung der QuaMath-Prinzipien, Materialien und Qualifizierungsangebote wird in QuaMath durch die Wissenschaft geprägt, und in der Praxis können diese Angebote durch unterrichtliche Erprobungen, schulische Routinen und

kontextspezifische Anpassungen konkretisiert und an die Wissenschaft rückgekoppelt werden.

Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine LMS-Nutzung in Fortbildungen im Sinne einer (O)PLC (digitale) gemeinsame Reflexion, kollegialen Austausch und konstruktive Bearbeitung unterrichtsbezogener Fragen ermöglichen kann (Hord 1997; Vescio et al. 2008) und die Lehrkräfte eine darauf aufbauende Veränderung in ihrem Unterrichten wahrnehmen. Online-Formate können diese Prozesse zeitlich und räumlich erweitern, etwa durch asynchrone Kommunikation, geteilte Materialien und dokumentierte Praxiserfahrungen (Duncan-Howell 2010; Jin et al. 2024; Trust et al. 2016). Dass die am QuaMath-Fortbildungsprogramm teilnehmenden Mathematiklehrkräfte, die die LMS-Infrastruktur für berufliche Aktivitäten nutzen, stärkere Veränderungen im Unterrichten wahrnehmen als die Nichtnutzenden, verweist darauf, dass das LMS im QuaMath-Kontext zumindest teilweise als programmbegleitender Lern- und Kooperationsraum (erfolgreich) genutzt wird. Hinsichtlich der untersuchten Zusammenhänge nach Alter, Geschlecht sowie Berufserfahrung der Lehrkräfte mit ihrer eingeschätzten Veränderung im Unterrichten zeigten sich keine systematischen Unterschiede. Dies könnte darauf hinweisen, dass eher prozess- und kontextbezogene Bedingungen als individuelle Merkmale für die LMS-Nutzung und die wahrgenommene Veränderung im Unterrichten relevant sind.

Allerdings erhellen unsere Ergebnisse nicht, ob und inwieweit die Nutzung eines LMS «ursächlich» zu Unterrichtsveränderungen beiträgt. Die Forschung zu LMS zeigt, dass Plattformen häufig zunächst für organisatorische Zwecke oder Materialabruf genutzt werden, während anspruchsvollere Formen kooperativer Unterrichtsentwicklung, Reflexion und Feedback zusätzliche Unterstützung, Zeitressourcen und didaktische Einbettung benötigen (Holmes und Prieto-Rodriguez 2018; Karunaratne et al. 2019; Philipsen et al. 2019).

Aus informationssystemtheoretischer Perspektive hängt der Erfolg des Einsatzes eines LMS nicht nur von der Nutzung selbst ab, sondern von Systemqualität, Informationsqualität, Unterstützungsqualität und wahrgenommenem Nutzen (DeLone und McLean 2003). Der vorliegende Zusammenhang kann daher weniger als direkter Effekt des LMS verstanden werden, sondern eher als Hinweis darauf, dass die LMS-Nutzung als transferförderliche Bedingung wirken kann, indem Materialien/Konzepte interpretiert, angepasst und in konkreten Kontexten erprobt werden (Gräsel 2010; Holtappels 2019; Prediger et al. 2024). Zugleich können externe und interne Barrieren – etwa fehlende Zeit, technische Hürden, geringe Passung zu Routinen oder unterschiedliche Überzeugungen – die Nutzung einer Lernplattform wie dem LMS begrenzen (Ertmer 1999).

In Fortbildungs- bzw. Implementierungsprogrammen ist zudem erwartbar, dass die Nutzung einer Lernplattform bzw. eines LMS, insbesondere für eine nachhaltige Umsetzung in die Praxis, nicht durch das bloße Vorhandensein, sondern vor allem

durch Unterstützungsstrukturen sowie klar definierte Aufgaben und Verantwortlichkeiten entsteht (Fixsen 2005).

Die aktuelle und zukünftige Gestaltung digital unterstützter Fortbildungsinfrastrukturen trifft in der Fortbildungspraxis auf eine Bandbreite, die von der intendierten konstruktiven Nutzung einer digitalen Plattform über eine reine Materialablage bis hin zur habituellen Nicht-Nutzung reicht. Vor dem Hintergrund der Implementierungs- bzw. Technologieintegrationsforschung kann die Nicht-Nutzung bzw. die rein organisatorische Nutzung eines LMS von etwa einem Drittel der Lehrkräfte als Ausdruck fehlender externer Unterstützungsstrukturen (z. B. Zeit, Support, technische Stabilität) gesehen werden, während interne Second-Order-Barrieren (z. B. Überzeugungen, Routinen) die Nutzung der Materialien und Aufgaben im LMS zur Unterrichtsentwicklung begrenzen können (Ertmer 1999).

6.1 Limitationen und Implikationen

Die Ergebnisse unserer Studie zur Nutzung/Nicht-Nutzung des QuaMath-LMS durch Mathematiklehrkräfte in einem anspruchsvollen Fortbildungssetting und deren Zusammenhang zu wahrgenommenen Unterrichtsveränderungen sind vor dem Hintergrund mehrerer Einschränkungen zu interpretieren, insbesondere im Hinblick auf ihre Generalisierbarkeit. *Erstens* ist die Erhebung LMS-basiert, wodurch digitale Zugänge, Plattformnähe und Nutzungsbereitschaft Zugangsvoraussetzungen zur Nutzung und Erhebung sind. Bezogen auf Aussagen zu Fortbildungsdesigns für alle (Mathematik-)Lehrkräfte sind in unserer Studie selektive Teilnahmeeffekte wahrscheinlich. *Zweitens* bleibt aufgrund des Querschnittsdesigns der Studie offen, ob LMS-Nutzung Veränderungsprozesse unterstützt oder ob eher veränderungsbereite Lehrkräfte das LMS eher nutzen. *Drittens* beruhen sowohl Prädiktor (LMS-Nutzung) als auch Outcome (wahrgenommene Veränderung des eigenen Unterrichtens) auf Selbstberichten, sodass gemeinsame Methodenvarianz sowie mögliche Verzerrungen durch soziale Erwünschtheit oder selektive Erinnerung nicht ausgeschlossen werden können. *Viertens* bildet die dichotome Erfassung als Nutzung vs. Nicht-Nutzung die Dimensionalität von LMS-Nutzung – etwa Häufigkeit, Intensität, genutzte Funktionen und Nutzungskontext – nur begrenzt ab (Burton-Jones und Straub 2006; Venkatesh et al. 2008). *Fünftens* stellt die kleine Stichprobe ($N < 100$) von ausschliesslich Sekundarlehrkräften aus vier Bundesländern eine weitere Einschränkung der Generalisierbarkeit dar.

Für die Fortbildungspraxis legen die Befunde nahe, dass die aktive Nutzung eines LMS für kooperative Zwecke, die auf eine Veränderung des eigenen Unterrichts abzielen, auch mit einer zumindest subjektiven Wahrnehmung solcher Veränderungen verbunden ist. Vor dem Hintergrund der in QuaMath intendierten Kooperations- und Implementierungsarchitektur erscheint damit besonders relevant, in welcher Weise die Nutzung des LMS über rein organisatorische Funktionen hinaus als Kommunikations- und

Kooperationsraum tatsächlich realisiert wird (z. B. über Austausch, Rückkoppelung und kollaborative Reflexion). Entsprechend bedarf es weiterer Forschung dazu, ob und unter welchen Bedingungen kollaborative und reflexive Praktiken (z. B. klare Arbeitsaufträge, verbindliche Austauschformate, Moderation/Support, Sichtbarkeit von Artefakten und Feedbackschleifen) den Transfer der Innovationen unterstützen. Indirekt unterstützen unsere Ergebnisse die Annahme, dass digitale Lerngemeinschaften Lehrkräfte zur Unterrichtsentwicklung inspirieren können (Rosell-Aguilar 2018) und als mögliche Unterstützungsstruktur für Fortbildungen und (ko-konstruktive) Unterrichtsentwicklung eingesetzt werden können.

Als weitere Forschungsschritte innerhalb des langfristig angelegten Fortbildungssettings von QuaMath wird die LMS-Nutzung für Kooperation, Kommunikation und Unterrichtsentwicklung längsschnittlich betrachtet und differenzierter operationalisiert (z. B. Häufigkeit/Intensität, Nutzungsprofile, ggf. Logdaten), um Mechanismen (kollaborativer) Unterrichtsentwicklung in (digitalen) Lernumgebungen zu analysieren, auch mittels qualitativer Interviewdaten, die detaillierteren Aufschluss über Kooperationsstrukturen innerhalb einer LMS-Struktur geben können. In diesem Rahmen wäre es zudem zentral, ebenfalls systemische Bedingungen (z. B. Unterstützungsstrukturen, Netzwerkaktivität, Passung zu Routinen) als Moderatoren zu erfassen, da Befunde der Implementationsforschung nachhaltige Effekte nur bei hinreichender Einbettung in Unterstützungsstrukturen erwarten lassen (Fixsen 2005).

6.2 Fazit

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Nutzung LMS-basierter Lernumgebungen in Fortbildungskontexten mit – wenn auch distalen – Indikatoren der Veränderung unterrichtlicher Praxis assoziiert sein kann und damit potenziell den Praxis-transfer von fachdidaktisch und empirisch fundierten Programmen zur Qualitätsverbesserung von Unterricht befördern. Insbesondere bekräftigen die Ergebnisse den potenziellen Stellenwert, der Integration digitaler Infrastrukturen in Fortbildungskontexten zur Bildung digitaler professioneller Lerngemeinschaften zukommt (Vescio et al. 2008). Vor dem Hintergrund etablierter Professionalisierungs- und Implementierungsansätze können LMS-basierte Infrastrukturen – bei geeigneter Einbettung und Unterstützung – einen geeigneten Zugang für verstetigte kollaborative Entwicklungsarbeit im Rahmen langfristiger Fortbildungsprogramme darstellen, wobei die Richtung und die konkreten Wirkmechanismen in zukünftigen längsschnittlichen Analysen zu klären sind (DeLone und McLean 2003; Fixsen 2005; Garet et al. 2001).

KI-Transparenz

Für sprachliche Überarbeitungen, Übersetzungen und Literaturrecherche/-angaben sowie für die Erstellung der Tabellen/Abbildungen wurden generative KI-Tools unterstützend eingesetzt.

Literatur

- Ahmed, Md. Meraz, Harshita Aini Haroon, Md. Kamal Hossain, und Fatimah Tambi. 2025. «Implementing learning management system-integrated blended learning in teacher training programme at Bangladesh Open University». *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning* 40 (3): 285–303. <https://doi.org/10.1080/02680513.2024.2385345>.
- Alsaleh, Amal. 2024. «Professional learning communities for educators' capacity building during COVID-19: Kuwait educators' successes and challenges». *International Journal of Leadership in Education* 27 (5): 1172–1191. <https://doi.org/10.1080/13603124.2021.1964607>.
- Arnold, Patricia. 2020. *Digitalisierung und Lehrkräftefortbildung: Gelingensbedingungen und Strukturen von Fortbildungen zum Einsatz digitaler und interaktiver Medien in der Schule*. Berlin: Logos. <https://doi.org/10.30819/5131>.
- Basal, Ahmet. 2015. «Perceptions of pre-service English teachers towards the integration of an LMS into English language teacher education». *Journal of Technology and Teacher Education* 23 (4): 485–507. <https://www.learntechlib.org/primary/p/149917/>.
- Bernard, Cara, Faith Weiss, Lindsay Abeles, und Harold Abeles. 2018. «Space to share: Interactions among music teachers in an online community of practice». *Bulletin of the Council for Research in Music Education* 215: 75–94. <https://doi.org/10.5406/bulcoursmusedu.215.0075>.
- Blessing, Axel M., Ulrich Kortenkamp, und Christian Dohrmann. 2016. *Mathematikfortbildungen mit E-Learning gestalten*. Dortmund: Universitätsbibliothek Dortmund.
- Brägger, Gerold und Frido Koch 2021. «Potenziale von Lern- und Arbeitsplattformen für die Unterrichtsentwicklung». In *Handbuch Lernen mit digitalen Medien*, herausgegeben von Gerold Brägger & Hans-Günter Rolff, 130–164. Beltz.
- Buntins, Kerstin, Daniel Diekmann, Miriam Klar, Marc Rittberger, und Michael Kerres. 2024. «Material teilen? Praktiken der Entwicklung und Nutzung digitaler Unterrichtsmaterialien von Lehrpersonen an Schulen in Deutschland». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* (Occasional Papers): 1–33. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2024.01.10.X>.
- Burke, Lisa, und Holly M. Hutchins. 2007. «Training transfer: An integrative literature review». *Human Resource Development Review* 6 (3): 263–96. <https://doi.org/10.1177/1534484307303035>.
- Burton-Jones, Andrew, und Detmar W. Straub Jr. 2006. «Reconceptualizing system usage: An approach and empirical test». *Information Systems Research* 17 (3): 228–46.
- Cohen, Jacob. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2. Aufl. New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>.

- Darling-Hammond, Linda, Maria E. Hyler, und Madelyn Gardner. 2017. *Effective Teacher Professional Development*. Palo Alto: Learning Policy Institute. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED606743.pdf>.
- DeLone, William H., und Ephraim R. McLean. 2003. «The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update». *Journal of Management Information Systems* 19 (4): 9–30. <https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748>.
- Desimone, Laura M. 2009. «Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures». *Educational Researcher* 38 (3): 181–99. <https://doi.org/10.3102/0013189X08331140>.
- Dille, Karen Birgitte, und Fredrik Mørk Røkenes. 2021. «Teachers' professional development in formal online communities: A scoping review». *Teaching and Teacher Education* 105: 103431. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103431>.
- Duncan-Howell, Jennifer. 2010. «Teachers making connections: Online communities as a source of professional learning». *British Journal of Educational Technology* 41 (2): 324–40. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00953.x>.
- Eberl, Vera, und Verena Maniti. 2022. «Strategien für Transferprozesse von Landesinstituten für die gelingende Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnis in der Praxis: Diskursbeobachtungen und Erfahrungen». In *Schulische Intervention: Wie kann Wissenschaft-Praxis-Transfer gelingen?*, herausgegeben von Nele McElvany, Carolin Lepper, Michael Becker, Hanna Gaspard und Fanni Lauermann, 111–20. Münster: Waxmann.
- Enderberg, Manuela, Anna Heinemann, Marco Hasselkuß, und Lisa Gageik. 2022. «Editorial: Schulentwicklungsprozesse für Bildung in der digitalen Welt: Akteurskonstellationen, Kommunikationswege und Kooperationsstrukturen». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 49. <https://doi.org/10.21240/mpaed/49/2022.11.14.X>.
- Ertmer, Peggy A. 1999. «Addressing first- and second-order barriers to change: Strategies for technology integration». *Educational Technology Research and Development* 47: 47–61. <https://doi.org/10.1007/BF02299597>.
- Farley-Ripple, Elizabeth, Henry May, Allison Karpyn, Katherine Tilley, und Kalyn McDonough. 2018. «Rethinking connections between research and practice in education: A conceptual framework». *Educational Researcher* 47 (4): 235–245. <https://doi.org/10.3102/0013189X18761042>.
- Fauth, Benjamin, und Juan González-Martínez. 2021. «On the concept of learning transfer for continuous and online training: A literature review». *Education Sciences* 11 (3): 133. <https://doi.org/10.3390/educsci11030133>.
- Fixsen, Dean L. 2005. *Implementation Research: A Synthesis of the Literature*. Tampa: University of South Florida, Louis de la Parte Florida Mental Health Institute, National Implementation Research Network.
- Ford, J. Kevin, Timothy T. Baldwin, und Joshua Prasad. 2018. «Transfer of training: The known and the unknown». *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior* 5: 201–225. <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-032117-104443>.

- Frohn, Julia, und Andrea Bengel. 2022. «Impulse zur Lehrkräftekooperation durch die Nutzung digitaler Lernmanagementsysteme (LMS) – «... nicht nur gemeinsame Absprachen, sondern wirklich eine gemeinsame Planung ...»». In *Inklusionsorientierte Schulentwicklung. Interdisziplinäre Rückblicke, Einblicke und Ausblicke*, herausgegeben von Julia Frohn, Andrea Bengel, Anne Piezunka, Toni Simon und Torsten Dietze, 49–60. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. <https://doi.org/10.35468/5983-06>.
- Garet, Michael S., Andrew C. Porter, Laura Desimone, Beatrice F. Birman, und Kwang S. Yoon. 2001. «What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers». *American Educational Research Journal* 38 (4): 915–45. <https://doi.org/10.3102/00028312038004915>.
- Gonser, Monika, und Karin Zimmer. 2024. «Kompetenzen für den Transfer zwischen Wissenschaft und Praxis – Vorschlag einer Systematisierung». In *Wissensproduktion, Wissensmobilisierung und Wissenstransfer: Chancen und Grenzen der Entwicklung von Wissenschaft und Praxis*, herausgegeben von Johannes Schuster, Julia Hugo, Nina Bremm, Nina Kolleck und Enikő Zala-Mező, 13–26. Opladen: Barbara Budrich. <https://doi.org/10.3224/84742717>.
- Gorard, Stephen, Beng Huat See, und Nadia Siddiqui. 2020. «What is the evidence on the best way to get evidence into use in education?» *Review of Education* 8 (2): 570–610. <https://doi.org/10.1002/rev3.3200>.
- Gräsel, Cornelia. 2010. «Stichwort: Transfer und Transferforschung im Bildungsbereich». *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 13 (1): 7–20. <https://doi.org/10.1007/s11618-010-0109-8>.
- Gräsel, Cornelia. 2019. «Transfer von Forschungsergebnissen in die Praxis». In *Grundschulpädagogik zwischen Wissenschaft und Transfer*, herausgegeben von Cristian Donie, Frank Foerster, Marlene Obermayr, Anne Deckwerth, Gisela Kammermeyer, Gerlinde Lenske, Miriam Leuchter und Anja Wildemann, 2–11. Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-26231-0_1.
- Gräsel, Cornelia, Kathrin Fußangel, und Christian Pröbstel. 2006. «Lehrkräfte zur Kooperation anregen – eine Aufgabe für Sisyphos?» *Zeitschrift für Pädagogik* 52 (2): 205–19. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-opus-44535>.
- Grimm, Susanne, und Bodo Rödel. 2020. «Open Educational Resources (OER) an berufsbildenden Schulen in Deutschland: Ergebnisse einer bundesweiten Onlineumfrage». *Wissenschaftliche Diskussionspapiere*, Nr. 219.
- Hartmann, Ulrike, Jasmin Decristan, und Eckhard Klieme. 2016. «Unterricht als Feld evidenzbasierter Bildungspraxis?» *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 19 (1): 179–99. https://doi.org/10.1007/978-3-658-13785-4_11.
- Hartmann, Ulrike, und Mareike Kunter. 2022. «Mehr Praxis in der Bildungsforschung? Eine Studie zu Praxisperspektiven in Forschungsprojekten». *Bildungsforschung* 2: 1–24. <https://doi.org/10.25656/01:25469>.
- Henrich, Lisa Marie. 2023. *Individuelle Professionalisierungsprozesse im digitalen Lernraum*. Bielefeld: wbv.
- Herzig, Bardo, Birgit Eickelmann, Franziska Schwabl, Johanna Schulze, und Jan Niemann, Hrsg. 2024. *Lehrkräftebildung in der digitalen Welt: Zukunftsorientierte Forschungs- und Praxisperspektiven*. Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830998372>.

- Holmes, Kathryn A., und Elena Prieto-Rodriguez. 2018. «Student and staff perceptions of a learning management system for blended learning in teacher education». *Australian Journal of Teacher Education* 43 (3). <https://doi.org/10.14221/ajte.2018v43n3.2>.
- Holtappels, Heinz Günter. 2019. «Wissenstransfer und Implementation: Transfer in der Schulentwicklung». *DDS – Die Deutsche Schule* 111 (3): 274–93. <https://doi.org/10.31244/dds.2019.03.03>.
- Holzäpfel, Lars, Susanne Prediger, Daniela Götze, Bettina Rösken-Winter, und Christoph Selter. 2024. «Qualitätsvoll Mathematik unterrichten: Fünf Prinzipien». *Mathematik lehren* 242: 2–9.
- Hord, Shirley M. 1997. *Professional Learning Communities: Communities of Continuous Inquiry and Improvement*. Austin: Southwest Educational Development Laboratory.
- Huang, Lingyun, Min Liang, Yuhang Xiong, Xiaomeng Wu, und Cher Ping Lim. 2024. «A systematic review of technology-enabled teacher professional development during COVID-19 pandemic». *Computers & Education* 223: 105168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105168>.
- Hudson, Christopher. 2024. «A conceptual framework for understanding effective professional learning community (PLC) operation in schools». *Journal of Education* 204 (3): 649–59. <https://doi.org/10.1177/00220574231197364>.
- Hußner, Isabell, Julia Jennek, und Rebecca Lazarides. 2022. «Professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften in der Schulnetzwerkarbeit». *HLZ – Herausforderung Lehrer*innenbildung* 5 (1): 257–76. <https://doi.org/10.11576/hlz-5003>.
- Jin, Fangzhou, Zicong Song, Lin Cheung, Wai M., und Tiruo Liu. 2024. «Technological affordances in teachers' online professional learning communities: A systematic review». *Journal of Computer Assisted Learning* 40 (3): 1019–1039. <https://doi.org/10.1111/jcal.12935>.
- Karunaratne, Thashmee, Helena Zhemchugova, Jean Claude Byungura, und Ulf Olsson. 2019. «Towards an Agile-Based Process Model for Effective Teacher Training on LMS». In *Proceedings of the 18th European Conference on e-Learning (ECEL 2019)*, herausgegeben von Rikke Ørngreen, Mie Buhl und Bente Meyer, 284–293. Reading, UK: Academic Conferences and Publishing International Limited.
- Kerres, Michael, Pia Sander, und Bettina Waffner. 2022. «Zum Zusammenwirken von Bildungsforschung und Bildungspraxis: Gestaltungsorientierte Bildungsforschung als Ko-Konstruktion». *Bildungsforschung* 2: 1–20. <https://doi.org/10.25656/01:25457>.
- Kim, Eun-Jee, Sunyoung Park, und Hye-Seung Kang. 2019. «Support, training readiness and learning motivation in determining intention to transfer». *European Journal of Training and Development* 43 (3/4): 306–321. <https://doi.org/10.1108/EJTD-08-2018-0075>.
- Klobas, Jane E., und Tanya J. McGill. 2010. «The role of involvement in learning management system success». *Journal of Computing in Higher Education* 22 (2): 114–134. <https://doi.org/10.1007/s12528-010-9032-5>.
- Niemann, Jan, Anna Raneck-Kuhlmann, Birgit Eickelmann, Kerstin Drossel, und Heike M. Buhl. 2024. «Determinanten und Typen phasenübergreifenden Transfers in Communities of Practice der Lehrkräftebildung». In *Lehrkräftebildung in der digitalen Welt: Zukunftsorientierte Forschungs- und Praxisperspektiven*, herausgegeben von Bardo Herzig, Birgit Eickelmann, Franziska Schwabl, Johanna Schulze und Jan Niemann, 19–35. Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830998372>.

- Nilsen, Per. 2015. «Making sense of implementation theories, models and frameworks». *Implementation Science* 10: 53. <https://doi.org/10.1186/s13012-015-0242-0>.
- OECD. 2022. *Who Cares about Using Education Research in Policy and Practice? Strengthening Research Engagement. Educational Research and Innovation*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/d7ff793d-en>.
- Oliveira, Paulo Cristiano, Cristiano Jose Castro de Almeida Cunha, und Marina Keiko Nakayama. 2016. «Learning management systems (LMS) and e-learning management: An integrative review and research agenda». *JISTEM – Journal of Information Systems and Technology Management* 13 (2): 157–180. <https://doi.org/10.4301/S1807-17752016000200001>.
- Paetsch, Jennifer, Sebastian Franz, Moritz Leistner, Fitore Morina, und Claudia Schnellbögl. 2026. «Evaluating teacher professional development programs across subject areas: A framework for understanding digital competency development». In *Digital and AI Competence in Subject-Specific Education: International Contexts*, herausgegeben von Theresa Summer, Karl-Heinz Gerholz und Regina Kaplan-Rakowski. London, New York: Routledge.
- Pant, Hans Anand. 2025. «Was macht eigentlich Transfer so komplex? Ein Prozessmodell für den Wissenschaft-Praxis-Transfer». Konferenzbeitrag, Bildungsforschungstagung 2025, Bonn. https://www.empirische-bildungsforschung-bmbf.de/img/Bifo_Was%20macht%20eigentlich%20Transfer%20so%20komplex.pdf.
- Pant, Hans Anand, Annika Teerling, Isabell Hußner, Markus Sebastian Feser, Ronja Sowinski, Andrea Bernholt, Silke Rönnebeck, Moritz Krell, Knut Neumann, und Ilka Parchmann. 2026. «Systematisierung von Transferprozessen im schulischen Kontext: Ein integratives Transferprozessmodell». *Psychologie in Erziehung und Unterricht* 73 (4).
- Philipsen, B., Jo Tondeur, Natalie Pareja Roblin, Silke Vanslambrouck, und Chang Zhu. 2019. «Improving teacher professional development for online and blended learning: A systematic meta-aggregative review». *Educational Technology Research and Development* 67: 1145–74. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09645-8>.
- Prasse, Doreen. 2012. *Bedingungen innovativen Handelns in Schulen: Funktion und Interaktion von Innovationsbereitschaft, Innovationsklima und Akteursnetzwerken am Beispiel der IKT-Integration an Schulen*. Münster: Waxmann.
- Prediger, Susanne, Christoph Selter, Daniela Götz, Svea Hallemann, Lars Holzäpfel, Annett Kreuziger, Hans Anand Pant, Bettina Rösken-Winter. 2024. «QuaMath – Unterrichts- und Fortbildungsqualität in Mathematik entwickeln: Konzept des Zehnjahres-Programms von DZLM und KMK». *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik* 116.
- Prenger, Rilana, Cindy L. Poortman, und Adam Handelzalts. 2017. «Factors influencing teachers' professional development in networked professional learning communities». *Teaching and Teacher Education* 68: 77–90.
- Rolff, Hans-Günter. 2014. «Professionelle Lerngemeinschaften als Königsweg von Unterrichtsentwicklung». In *Schulentwicklung und Schulwirksamkeit als Forschungsfeld: Theorieansätze und Forschungserkenntnisse zum schulischen Wandel*, herausgegeben von Heinz G. Holtappels, 195–217. Münster, New York: Waxmann.

- Rosell-Aguilar, Fernando. 2018. «Twitter: A professional development and community of practice tool for teachers». *Journal of Interactive Media in Education* 2018 (1): Article 6.
- Schulze, Johanna, Birgit Eickelmann, und Kerstin Drossel. 2024. «Schulentwicklung, Chancengerechtigkeit und Digitalität: Verbindung zentraler Metathemen in einer zeitgemäßen Lehrkräftebildung». In *Lehrkräftebildung in der digitalen Welt: Zukunftsorientierte Forschungs- und Praxisperspektiven*, herausgegeben von Bardo Herzig, Birgit Eickelmann, Franziska Schwabl, Johanna Schulze und Jan Niemann, 65–73. Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830998372>.
- Segev, Yael, Shlomi Hason, und Michal Hayak. 2025. «The influence of an online professional learning community on teacher professional development for fostering a love of reading». *TechTrends*. <https://doi.org/10.1007/s11528-025-01146-1>.
- Sims, Sam, Harry Fletcher-Wood, Alison O'Mara-Eves, Sarah Cottingham, Claire Stansfield, Josh Goodrich, Jo Van Herwegen, und Jake Anders. 2023. «Effective teacher professional development: New theory and a meta-analytic test». *Review of Educational Research* 95 (2): 213–254. <https://doi.org/10.3102/00346543231217480>.
- Souvignier, Elmar, und Marcus Hasselhorn. 2023. «Transfer und Implementation». In *Grundlagen der sprachlichen Bildung*, herausgegeben von Michael Becker-Mrotzek, Ingrid Gogolin, Hans-Joachim Roth, Petra Stanat, 291–98. Münster: Waxmann.
- Stumbrienė, Dovilė, Tatjana Jevsikova, und Vita Kontvainė. 2024. «Key factors influencing teachers' motivation to transfer technology-enabled educational innovation». *Education and Information Technologies* 29 (2): 1697–1731. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11891-6>.
- Trust, Torrey, Daniel G. Krutka, und Jeffrey P. Carpenter. 2016. «Together we are better»: Professional learning networks for teachers. *Computers & Education* 102: 15–34. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.06.007>.
- Venkatesh, Viswanath, Susan A. Brown, Likoebe Maruping, und Hillol Bala. 2008. «Predicting different conceptualizations of system use: The competing roles of behavioral intention, facilitating conditions, and behavioral expectation». *MIS Quarterly* 32 (3): 483–502. <https://doi.org/10.2307/25148853>.
- Vescio, Vicki, Dorene Ross, und Alyson Adams. 2008. «A review of research on the impact of professional learning communities on teaching practice and student learning». *Teaching and Teacher Education* 24 (1): 80–91. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2007.01.004>.
- Wilmers, Annika, und Pia Sander. 2024. «Forschungssynthesen im Metavorhaben Digi-EBF und Einführung in den Band». In *Digitalisierung in der Bildung: Bildung im digitalen Wandel. 20 Forschungssynthesen im Metavorhaben Digi-EBF*, herausgegeben von Annika Wilmers. Münster: Waxmann.
- Wolff, Torben B., und Alke Martens. 2020. «Digitalisierung in der Schule». In *Bildung, Schule, Digitalisierung*, herausgegeben von Kai Kaspar, Michael Becker-Mrotzek, Sandra Hofhues, Johannes König, Daniela Schmeinck, 53–64. Münster: Waxmann.