

Guten Mathematikunterricht mit digitalen Medien gestalten – auch und gerade im Fernunterricht mit Unterstützung des DZLM

Birgit Öttl, Thomas Lange, Daniel Thurm, Christoph Selter und Bärbel Barzel

Im Kontext von Bildung und Schule ist der Einsatz von digitalen Medien derzeit ein bestimmendes Thema der öffentlichen und bildungspolitischen Debatte. Durch den Fernunterricht in Zeiten von Corona hat diese Debatte um den sinnvollen Einsatz von digitalen Medien im Fachunterricht zusätzlich Fahrt aufgenommen. Das Deutsche Zentrum für Lehrerbildung Mathematik (DZLM) entwickelt seit seiner Gründung vor neun Jahren forschungsbasiert Unterstützungsangebote für Multiplikatorinnen bzw. Multiplikatoren (Beratende, Fortbildende, Ausbildende), Lehrkräfte und Erzieherinnen bzw. Erzieher und erforscht, wie diese Unterstützungsangebote konzipiert sein müssen, damit Teilnehmende und damit der Mathematikunterricht nachhaltig davon profitieren. In enger Zusammenarbeit mit der Praxis gestaltet das DZLM so den fachbezogenen Erkenntnistransfer von der Forschung in die Praxis. Ein Fokusthema ist dabei, wie guter Mathematikunterricht mit digitalen Medien gestaltet werden kann. Initiiert von der Deutsche Telekom Stiftung, ist das DZLM ein bundesweites Hochschulkonsortium, bestehend aus neun Hochschulen: Humboldt-Universität zu Berlin (Sprecherhochschule und Geschäftsstelle), Freie Universität Berlin, Pädagogische Hochschule Freiburg, Ruhr-Universität Bochum, Technische Universität Dortmund, Universität Duisburg-Essen, Universität Osnabrück, Universität Paderborn, Universität Potsdam.

Lernen digital begleiten im Mathematikunterricht

Jegliche Medienintegration im Unterricht muss sich stets an den Zielen und Prinzipien eines guten Lehrens und Lernens im jeweiligen Fach orientieren. Daran muss jede Weiterentwicklung und jede Innovation ausgerichtet sein. Weitgehend konsolidiert sind über die Fächer hinweg die drei Basisdimensionen guten Unterrichts: Klare Unterrichtsorganisation, konstruktive Unterstützung und kognitive Aktivierung (Kunter & Voss, 2011). Dabei sind Unterrichtsorganisation und Unterstützung eher fächerübergreifende Konstrukte, wohingegen kognitive Aktivierung im Kern des fachlichen Lernens liegt (Lipowsky, Drollinger-Vetter, Klieme, Pauli, & Reusser, 2018), denn die Inhalte des Denkens liegen im

Fach und bestimmen die Art der geistigen Auseinandersetzung. Dabei versteht man unter kognitiver Aktivierung alle Anregungen durch Aufgaben und Impulse, die Lernende zur aktiven mentalen Auseinandersetzung mit Lerninhalten auf einem für sie optimalen Niveau führen (Kunter & Voss, 2011; Fauth & Leuders, 2018). Unterricht ist u. a. dann kognitiv aktivierend, wenn er inhaltliches Verstehen unterstützt (Klieme, Pauli, & Reusser, 2009). Kognitive Aktivierung ist deshalb ein zentrales Prinzip jeglichen Mathematikunterrichts und muss deshalb auch bei der Frage des Medieneinsatzes im Fokus bleiben. Betrachtet man die Fülle der digitalen Angebote zum Mathematiklernen im Internet, so folgen viele Angebote nicht diesem Prinzip, sondern sind mehr auf Kalkül als auf Verstehen ausgerichtet.

Deshalb hat das DZLM sich in der Fortbildungsreihe *DigMa* zur Aufgabe gemacht, den Einsatz digitaler Medien immer in Verbindung zur kognitiven Aktivierung zu denken, selbst wenn es um das Lernen prozeduraler Fertigkeiten geht, denn auch diese müssen verständlich und flexibel ausgeführt werden können. Damit steht auch immer der mathematische Lerngegenstand im Mittelpunkt und es versteht sich von selbst, dass jeglicher Medieneinsatz nicht auf der Ebene der Bedienung einer Software im Unterricht verharren sollte, sondern dass Medien stets mit Blick auf die fachlichen inhalts- sowie prozessbezogenen Ziele zu integrieren sind. Darüber hinaus bieten sie eine Reihe von fachdidaktischen Potenzialen (Clark-Wilson, Robutti, & Sinclair, 2014; Drijvers et al., 2016; Walter, 2018; Schulz & Walter, 2018; Thurm, 2020).

Fachdidaktische Potenziale von digitalen Medien

- Digitale Medien erleichtern, Mathematik zu entdecken
- Digitale Medien machen Komplexität beherrschbar
- Digitale Medien helfen, Grundvorstellungen zu entwickeln und Verständnis zu fördern
- Digitale Medien helfen beim Strukturieren
- Digitale Medien ermöglichen informative und adaptive Rückmeldung
- Digitale Medien erleichtern die Passung zwischen Handlung und mentaler Operation
- Digitale Medien fördern operative Rechenstrategien mit Multitouch-Technologien

- Digitale Medien fördern fachbezogene Kommunikations- und Interaktionsprozesse

Diese Potenziale wurden auf der DZLM-Selbstlernplattform *PIKAS digi* sowie im DZLM-Spotlight *Digitale Bildung in Unterricht, Fortbildung und Qualifizierung* auf dzlm.de mit Beispielen veranschaulicht. Die Realisierung dieser Potenziale benötigt jedoch gut qualifizierte und motivierte Lehrkräfte, weshalb Fortbildungen eine besondere Rolle zukommt.

Fortbildungen und Qualifizierungen zum Thema: Lernen digital begleiten

Die Lehrkraft ist der zentrale Faktor, um die Potenziale digitaler Medien im Fachunterricht zu realisieren (Clark-Wilson et al., 2014). Lehrkräfte müssen nach fachdidaktischen Kriterien entscheiden, ob, welche und wie digitale Medien Lernsituationen im Fachunterricht unterstützen und den unterrichtlichen Einsatz realisieren. Mittlerweile ist gut belegt, dass hierfür vielfältige Kompetenzen, wie etwa fachdidaktisches Wissen zu den Potenzialen und Risiken, von großer Bedeutung sind (ibid.). Daher ist es unerlässlich, Unterstützungsangebote für Lehrerinnen und Lehrer zu konzipieren. Dementsprechend hebt auch die KMK (2016) in der Strategie zur Bildung in der digitalen Welt hervor, dass der Lehrkräfteaus- und Fortbildung eine besondere Rolle im Zuge der Digitalisierung zukommt. Insbesondere reicht es nicht aus, nur exemplarische Unterrichtsmaterialien zur Verfügung zu stellen, denn der Medieneinsatz fordert Lehrkräfte heraus – sie müssen gegebenenfalls neue Handlungsroutrinen im Unterricht entwickeln, Überzeugungen verändern, einen Conceptual Change vollziehen, ein gutes Selbstwirksamkeitserleben haben, um die Innovationen umzusetzen (Thurm, 2019; Clark-Wilson et al., 2014). Deshalb sind Fortbildungen von Lehrkräften eine zentrale Stellschraube für eine erfolgreiche digitale Bildung im Fachunterricht.

In verschiedenen Projekten hat das DZLM Unterrichtsmaterialien und Fortbildungen spezifisch für die digitale Begleitung des Mathematiklernens konzipiert und stellt diese kostenlos auf seiner Webseite zur Verfügung. Einen Überblick über die DZLM-Angebote in diesem Bereich werden im Spotlight *Digitale Bildung in Unterricht, Fortbildung und Qualifizierung*, wie unten dargestellt, zusammengefasst. Für den Primarbereich bietet das DZLM eine eigene Überblicksseite propri.m.dzlm.de für mittlerweile zwölf Selbstlernplattformen mit verschiedenen Schwerpunkten. Darüber hinaus werden in dem Spotlight typische Lehrerhandlungen („Jobs“) beschrieben, die aus Sicht des DZLM zentral in diesem Bereich sind und deshalb im Fokus der jeweiligen Fortbildungen liegen.

Neben diesen fachspezifischen Unterstützungsangeboten zum Lernen mit digitalen Medien im Mathematikunterricht gibt es eine Reihe von Hinweisen zu spezifischen Medien und Tipps organisatorischer, strukturierender und methodischer Natur, die hilfreich beim Einsatz digitaler Medien im Mathematikunterricht sind. Auch wenn diese Aspekte in allen Fortbildungsmaterialien integrativ behandelt werden, so gibt es auch gezielt Hinweise auf solche Aspekte. In der Rubrik *Unterstützung* auf pikas-digi.dzlm.de findet man zum Beispiel Tipps für geeignete Apps und Webtools für die Organisation der einzelnen Phasen des Unterrichts, für die Administration von Geräten, für das Management von Klassen sowie für die Unterstützung von Schülerinnen und Schüler, beispielsweise durch Tabletregeln. Für die Sekundarstufe werden in der Video-Reihe *Mathematik lehren und lernen – „in distance“* im YouTube-Kanal des DZLM neben anderen wichtigen Aspekten auch Tipps und Hinweise zu diesem Thema gegeben. Die Angebote im YouTube-Kanal werden weiter unten nochmal ausführlicher beschrieben.

Um Fortbildungen zur digitalen Bildung in die Breite zu tragen, sind entsprechend qualifizierte Multiplikatorinnen bzw. Multiplikatoren notwendig, die die Fortbildungen durchführen. Das DZLM unterstützt Multiplikatorinnen bzw. Multiplikatoren bei ihrer Arbeit und arbeitet dabei eng mit Verantwortlichen in Landesinstituten und Ministerien bei der Qualifizierung von Multiplikatorinnen bzw. Multiplikatoren zusammen. Da eine gute Multiplikatorin bzw. ein guter Multiplikator weit mehr können muss, als eine sehr gute Lehrkraft zu sein, erforscht das DZLM intensiv deren Lernwege und wie Qualifizierungen gestaltet sein müssen, damit die Multiplikatorinnen bzw. Multiplikatoren später gute Fortbildungen geben. In der Arbeit im DZLM hat sich gezeigt, dass Multiplikatorinnen bzw. Multiplikatoren in hohem Maße von sogenannten LernLandkarten profitieren, die die spezifischen Jobs in den Blick nehmen, die eine Lehrkraft zu den spezifischen Lerngegenständen ausüben muss (Prediger, 2019). Diese „Landkarten“ geben eine praktische Orientierung bei der Planung und Durchführung von Fortbildungen und bieten gerade beim Thema *Einsatz digitaler Medien* die Möglichkeit, die Fülle an neuen Anforderungen für Lehrkräfte als auch die vielen möglichen hilfreichen Orientierungen gut zu strukturieren und im Blick zu behalten.

Und dann kam Corona – Lernen digital begleiten im Fernunterricht

Eine für alle Beteiligten besondere Herausforderung ist aktuell der Fernunterricht, der als Folge der Corona-Pandemie quasi über Nacht deutsch-

*Unterstützung für Lehrkräfte**Unterrichtsmaterialien und didaktische Selbstlernangebote für Lehrkräfte*

Primarstufe

- pikas-digi.dzlm.de
- Selbstlernmodul zur digitalen Bildung auf primakom.dzlm.de zu finden

Sekundarstufe

- YouTube-Kanal mit der Video-Reihe zum Thema Mathematik lehren und lernen – „in distance“

Fortbildungsreihen

Primarstufe

- Mündigkeit in der digitalen Welt – Am Beispiel „Raum & Form“ in der Grundschule

Sekundarstufe

- DigMA – Digitale Medien zur Kognitiven Aktivierung

*Unterstützung für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren**Fortbildungsmaterialien*

Primarstufe

- Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule – PIKAS digi Fortbildungsmodul, pikas-digi.dzlm.de/node/32
- Programmieren im Mathematikunterricht der Grundschule – PIKAS digi Fortbildungsmodul, pikas-digi.dzlm.de/node/32
- Diagramme im Mathematikunterricht der Grundschule – PIKAS digi Fortbildungsmodul, pikas-digi.dzlm.de/node/32

Sekundarstufe

- Lehren und Lernen mit digitalen Werkzeugen
- Einstieg in die Stochastik in der Oberstufe – mit Simulation mittels digitaler Werkzeuge

Unterstützungsangebot für Lehrkräfte und Multiplikatorinnen und Multiplikatoren

landweit umgesetzt werden musste. Das DZLM hat vielfältige Angebote, Anregungen und Informationen zusammen- und neu bereitgestellt, um Lehrkräfte bei dieser Herausforderung zu unterstützen, welche im Spotlight *Mathematikunterricht in Zeiten von Corona* zusammengefasst sind.

Für die Primarstufe haben Christoph Selter und sein Team auf der Selbstlernplattform PIKAS den Bereich *Lernen auf Distanz* eingerichtet mit umfassenden Informationen zum Fernunterricht in Mathematik in der Grundschule für Lehrkräfte und Eltern (pikas.dzlm.de/node/1255). Hier werden Informationen, Material und Tipps zur Verfügung gestellt, wie in der aktuellen Situation das Lernen auf Distanz umgesetzt werden kann. Die vier Kategorien – Elterninfos, zu Hause lernen, Erklärvideos und Auf Distanz unterrichten – werden kontinuierlich

mit weiteren Anregungen und Ideen gefüllt. In der Kategorie *Auf Distanz unterrichten* beispielsweise werden gegenwärtig folgende Themen fachbezogen behandelt: Webunterricht durchführen, Videokonferenzen durchführen, Erklärvideos erstellen, Aufgaben stellen, Rückmeldungen erhalten und Umfragen erstellen. Die Website mahiko.dzlm.de (Mathehilfe kompakt) bietet zudem Anregungen, wie Kinder beim Lernen von Mathematik (individuell oder in Kleingruppen) gefördert und unterstützt werden können. Die Inhalte der Seite werden als Videos und als ergänzender Text angeboten. Zielgruppe sind alle Personen, die Lernende fachbezogen fördern. Die dort dargebotenen Informationen sind auch für Eltern, Großeltern etc. und damit für das Distanzlernen relevant.

Für die Sekundarstufe haben Bärbel Barzel und ihr Team eine Reihe neuer Videos zum Lernen auf Distanz auf dem ebenfalls neu eingerichteten *DZLM-YouTube Kanal* erstellt. In einem der Videos findet man die Aufzeichnung eines Online-Seminars zum Thema *Mathematik lehren und lernen – „in distance“* mit einem Überblick, mit welchen Herausforderungen Lehrkräfte im Fernunterricht im Fach Mathematik konfrontiert sind und wie diesen begegnet werden kann. Was ist neu im Fernunterricht und was bleibt gleich? Dies wird für alle Phasen des Lehr-Lern-Prozesses an exemplarischen Beispielen erörtert. Dabei geht es darum, wie das inhaltliche Lernen gestützt durch spezifische Organisationsformen so geschehen kann, dass kognitive Aktivierung und Sinnstiftung erhalten bleiben. Dabei wird jedoch vorausgesetzt, dass die technischen Rahmenbedingungen so sind, dass alle Lernenden über ein Endgerät mit Internetzugang verfügen, wohlwissend, dass dies nicht immer gegeben ist. Das Online-Seminar schließt mit einem Überblick über die relevanten Medien in Zeiten von Schulschließungen. Dazu gehören nicht nur die mathematikspezifischen Medien (z. B. Werkzeuge, Apps, Videos) sondern auch die Medien zur allgemeinen Kommunikation, mit denen die Abstimmung zwischen Lehrkraft und Schülerinnen und Schülern, der Datentransfer, der Austausch mit der Gruppe (synchron und asynchron) sowie die kooperative Arbeit zwischen Schülerinnen und Schülern gelingen kann.

Neben dem aufgezeichneten Online-Seminar als Einstieg und Überblick in Mathematikunterricht „in distance“ gibt es weitere Lernvideos von jeweils 5-10 Minuten Länge für Lehrkräfte, die einzelne Medienarten und ihre Integration im Unterricht in den Blick nehmen. Dabei stehen stets inhaltliche Kriterien im Mittelpunkt, die für die Auswahl der Medien oder für die spezifischen Möglichkeiten des Einsatzes relevant sind. Zentral ist dabei immer die Frage, ob Schülerinnen und Schüler wirklich kognitiv

aktiviert werden oder nicht. So erklärt Marcel Klinger (DZLM) in knapp sieben Minuten, warum es sinnvoll sein kann, Lernvideos im (Fern-)Unterricht einzubauen und welche Vorteile Lernvideos für Schülerinnen und Schüler bieten. Dabei steht die Frage nach der Auswahl des richtigen Lernvideo im Fokus. Beispielsweise gibt es für das Thema *Quadratische Funktion* mehr als 100 Videos auf YouTube. Marcel Klinger gibt Lehrkräften im Lernvideo Qualitätskriterien für die Auswahl von Lernvideos auf YouTube an die Hand, die ihnen die Einbindung von Lernvideos in ihren (Fern-)Unterricht erleichtern sollen. Auf diese und weitere Qualitätskriterien wird im nächsten Abschnitt eingegangen, die generell für den Einsatz digitaler Medien gelten, nicht nur im Fernunterricht.

Bisher sind Lernvideos zu den folgenden Themen im DZLM-YouTube-Kanal veröffentlicht:

- *Lernvideos auswählen und nutzen* von Marcel Klinger (DZLM),
- *Lernumgebungen auswählen und nutzen* von Marius Friedemann (Projektteam der DZLM-Fortbildung DigMA),
- *Diagnose und Förderung digital gestalten* von Daniel Thurm und Bärbel Barzel (beide DZLM),
- *Die Produktion eines Lernvideos planen und durchführen* von Jens Lindström (Projektteam der DZLM-Fortbildung DigMA),

In Planung:

- *Möglichkeiten der digitalen Kommunikation* von Oliver Wagener und Patrick Ebers (beide DZLM)

Qualitätskriterien für die Auswahl digitaler Medien im Mathematikunterricht

Es gibt verschiedene Perspektiven für den Einsatz digitaler Medien allgemein und insbesondere für den Mathematikunterricht, die zu unterschiedlichen Qualitätskriterien bei der Auswahl digitaler Medien führen. Das DZLM hat derzeit spezifische Kriterienkataloge für drei unterschiedliche Arten von digitalen Medien. Dazu gehört die Auswahl von Software bzw. Apps (PIKAS digi), die Auswahl von Lernumgebungen für einen spezifischen Unterrichtsgegenstand und die Auswahl von Lernvideos.

Alle drei Kriterienkataloge basieren auf den oben dargestellten Perspektiven und Potenzialen digitaler Medien und sind im grauen Kasten aufgelistet. Sie werden in der Selbstlernplattform PIKAS digi bzw. den im grauen Kasten genannten Lernvideos für Lehrkräfte ausführlich beschrieben. Im Video *Lernumgebungen auswählen und nutzen* werden die Qualitätskriterien an Hand konkreter interaktiver Lernumgebungen zum Thema *Rauminhalt eines Quaders* erläutert und die unterschiedlichen Lernumgebungen miteinander verglichen, die sich

Qualitätskriterien für die Auswahl von Lernsoftware auf PIKAS digi

Fachdidaktische Potenziale

- Vernetzt die Software Darstellungsebenen?
- Strukturiert die Software Darstellungsebenen?
- Werden mentale Operationen digital dargestellt?
- Werden Denk- und Arbeitsprozesse umgelagert in der Software?
- Ermöglicht die Software eine informative fachdidaktische Rückmeldung?

Unterrichtsorganisatorische Potenziale

- Besitzt die Software eine große Auswahl an Material?
- Kann die Software Inhalte und Ergebnisse gut veranschaulichen und schnell allen Schülerinnen und Schülern zugänglich machen?
- Können Lernprozesse in der Software dokumentiert werden?

Das PIKAS-Team hat auch eine Checkliste zusammengestellt, welche Lehrkräften die Auswahl geeigneter Software erleichtern soll.

Qualitätskriterien für die Auswahl von Lernvideos aus dem Lernvideo „Lernvideos auswählen und nutzen“

- Ist das Video zum Einstieg oder zum Üben gedacht?
- Wie ist das Video technisch umgesetzt?
- Ist das Video fehlerfrei und angemessen?
- Ist das Video sinnstiftend und motivierend?
- Ist das Video kalkülorientiert oder verstehensorientiert?
- Wie passt das Video zum aktuellen Unterrichtsstand?

Qualitätskriterien für die Auswahl von Lernumgebungen aus dem Lernvideo „Lernumgebungen auswählen und nutzen“

- Passung der Lernumgebung zum Unterricht, der Unterrichtsphase und dem Lernziel
- Sind die Lernumgebungen strukturell klar umgesetzt?
- Werden die Darstellungsebenen in der Lernumgebung vernetzt?
- Ist die Lernumgebung kognitiv aktivierend?
- Knüpft die Lernumgebung an Vorwissen an?

äußerlich nur wenig unterscheiden, aber diese kleinen Unterschiede sind entscheidend für die fachdidaktische Qualität und die Verstehensorientierung. Dabei wird gezeigt, wie Aufgaben zu digitalen Lernumgebungen zu gestalten sind, damit tiefes, verständiges, kognitiv aktivierendes Lernen erreicht werden kann.

Zum Schluss

„Work in fast Progress“ – und das in hohem Maße kooperativ. Das kennzeichnet aktuell die Lage zum Medieneinsatz im Mathematikunterricht und das sicher nicht nur im DZLM. Die große Nachfrage an Unterstützung von Lehrkräften, Auszubildenden, Multiplikatorinnen bzw. Multiplikatoren, aber auch von Personen, die in den administrativen Struk-

turen verantwortlich für Professionalisierung der Lehrkräfte sind, ist fast schon berauschend. Bedarf, Nachfrage und Motivation, sich mit digitalen Medien zu befassen ist so groß wie nie (vgl. deutsches Schulbarometer, tinyurl.com/ydylfhr2). Gegenwärtig entstehen – sicher wie in vielen anderen Standorten – in der Mathematikdidaktik viele Projekte und Programme, um diese aktuellen Herausforderungen für Lehrkräfte wie Multiplikatorinnen bzw. Multiplikatoren zu erfassen und zu unterstützen.

Um ein besseres Bild des Medieneinsatzes im Mathematikunterricht in der Sekundarstufe insbesondere zu Corona-Zeiten zu bekommen, ist das DZLM mit dem Team von Bärbel Barzel an einer internationalen Studie in Kooperation mit der Universität Utrecht, der Universität Antwerpen sowie den belgischen, niederländischen und deutschen MINT-Lehrerverbänden (NVVW, MNU) beteiligt. Hierzu wird erhoben, welche fachdidaktischen Ansätze Mathematiklehrkräfte wählen, welche digitalen Medien in welchen Phasen genutzt werden, welche Überzeugungen und Selbstwirksamkeit sie aufweisen und wie sich diese Aspekte durch die Erfahrungen des digitalen Fernunterrichts verändert haben. Ebenfalls werden auch Überzeugungen und Arbeitsweisen von den Schülerinnen und Schülern erhoben. Die hohen Teilnehmerzahlen an der Studie (mehr als 1600 Lehrkräfte aus Deutschland) zeigen, dass diese Aspekte von hoher Aktualität sind. Erste Ergebnisse aus der Studie sollen noch Anfang Juli veröffentlicht werden, um Bildungsadministration und fachdidaktischer Community eine bessere Informationsgrundlage zu liefern, um Unterstützungsangebote zielgerichtet und teilnehmendenorientiert weiterzuentwickeln.

Ebenfalls gibt es Bestrebungen, konkrete, bewährte Programme aus anderen Ländern auch im deutschen Raum umzusetzen. Dazu gehört die Übersetzung des SMART-Programms aus Australien (smartvic.com), ein umfassendes Programm zur vorstellungsorientierten und nicht nur kalkülorientierten Online-Diagnostik und sicher viele andere Projekte im Rahmen der GDM.

Literatur

- Clark-Wilson, A., Robutti, O. & Sinclair, N. (Hrsg.). (2014). *The Mathematics Teacher in the Digital Era: An International Perspective on Technology Focused Professional Development*. Dordrecht, Niederlande: Springer.
- Drijvers, P., Ball, L., Barzel, B., Heid, M. K., Cao, Y., & Maschietto, M. (2016). *Uses of Technology in Lower Secondary Mathematics Education*. London: Springer.
- Lipowsky, F., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E., Pauli, C., & Reusser, K. (2018). Generische und fachdidaktische Dimensionen von Unterrichtsqualität – Zwei Seiten einer Medaille? In M. Martens, K. Rabenstein, K. Bräu, M. Fetzer, H. Gresch, I. Hardy & C. Schelle (Hrsg.),

Konstruktionen von Fachlichkeit: Ansätze, Erträge und Diskussionen in der empirischen Unterrichtsforschung (S. 183–202). Bad Heilbrunn: Klinkhardt

- Fauth, B., & Leuders, T. (2018). *Kognitive Aktivierung im Unterricht*. Stuttgart: Landesinstitut für Schulentwicklung.
- Klieme, E., Pauli, C., & Reusser, K. (2009). The Pythagoras Study: Investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classroom. In T. Janík, & T. Seidel (Hrsg.), *The Power of Video Studies in Investigating Teaching and Learning in The Classroom* (S. 137–160). Münster: Waxmann.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland) (Hrsg.). (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. Zugriff 3. Juni 2020 unter tinyurl.com/yqclh2hd.
- Kunter, M., & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Eds.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster: Waxmann.
- Prediger, S. (2019). Investigating and promoting teachers' expertise for language-responsive mathematics teaching. *Mathematics Education Research Journal*, 31 (4), 367–392.
- Schulz, A., & Walter, D. (2018). Stellenwertverständnis festigen – Potentiale und Nutzungsweisen einer Software zum Darstellungswechsel. In *Fachgruppe Didaktik der Mathematik der Universität Paderborn* (Hrsg.). Beiträge zum Mathematikunterricht 2018. Münster: WTM.
- Thurm, D. (2020). *Digitale Werkzeuge im Mathematikunterricht integrieren: Zur Rolle von Lehrerberzeugungen und der Wirksamkeit von Fortbildungen*. Wiesbaden: Springer.
- Walter, D. (2018). *Nutzungsweisen bei der Verwendung von Tablet-Apps: Eine Untersuchung bei zählend rechnenden Lernenden zu Beginn des zweiten Schuljahres*. Wiesbaden: Springer Spektrum.

Birgit Öttl, Deutsches Zentrum für Lehrerbildung Mathematik, Humboldt-Universität zu Berlin
E-Mail: birgit.oettl@dzlm.de

Thomas Lange, Deutsches Zentrum für Lehrerbildung Mathematik, Humboldt-Universität zu Berlin
E-Mail: thomas.lange@dzlm.de

Daniel Thurm, Deutsches Zentrum für Lehrerbildung Mathematik, Universität Duisburg-Essen
E-Mail: daniel-thurm@dzlm.de

Christoph Selter, Deutsches Zentrum für Lehrerbildung Mathematik, Technische Universität Dortmund
E-Mail: christoph.selter@dzlm.de

Bärbel Barzel, Deutsches Zentrum für Lehrerbildung Mathematik, Universität Duisburg-Essen
E-Mail: baerbel.barzel@dzlm.de