



Medienimpulse  
ISSN 2307-3187  
Jg. 58, Nr. 4, 2020  
doi: 10.21243/mi-04-20-24  
Lizenz: CC-BY-NC-ND-3.0-AT

math.media.lab  
Ein mathematikdidaktischer Makerspace für  
die Aus- und Fortbildung von  
Grundschullehrkräften

Steven Beyer  
Frederik Grave-Gierlinger  
Katja Eilerts

*Das math.media.lab setzt sich aktiv mit den Bedingungen und der Bedeutung der Digitalisierung für einen modernen Mathematikunterricht in der Primarstufe auseinander und untersucht in seinen Forschungsprojekten multiperspektivische Fragestellungen auf Ebene der Lernenden, Lehrenden sowie Unterrichtsmaterialien. Im Zentrum der Aktivitäten steht ein multimedialer Makerspace, über dessen Angebote eine breite Auswahl digitaler Medien in die Phasen der Lehrkräftebildung integriert und dadurch Unterrichtspraxis innoviert wird. Es ist ein Ort des sich Ausprobierens, des gemein-*

*schaftlichen Austauschs und der Zusammenarbeit mit diversen Kooperationspartnern. Im Beitrag wird aufgezeigt, nach welchen fachdidaktischen sowie pädagogischen Grundsätzen und Forschungsergebnissen die Angebote gestaltet werden, um die Kompetenzentwicklung der (angehenden) Lehrkräfte zu unterstützen. Außerdem werden die Umfeldbeziehungen des Makerspaces zur Schulpraxis, Wirtschaft und Bildungsverwaltung dargestellt.*

*The math.media.lab examines the conditions and implications for modern mathematics teaching at primary level in the digital age. In its research projects, it investigates multi-perspective issues at the level of learners, teachers and teaching materials. At the centre of all activities is a multimedia makerspace, which offers a variety of digital media and integrates them into the phases of teacher training, thereby innovating teaching practice. It is a place for exploration, community exchange and cooperation within a diverse network. The article shows the subject-related as well as pedagogical principles and research results according to which the services are designed to support the professional development of (future) teachers. Additionally, the relations of the Makerspace to stakeholders from teaching practice, companies and educational administration are presented.*

## 1. Einleitung

Die Grundschule als Ort des gemeinsamen Lernens aller Kinder hat im Zuge der Digitalisierung eine besondere Rolle, da sie fächerintegriert bzw. fachübergreifend an diesem Thema arbeitet und kein eigenständiges Fach Informatik hat. Bildungstechnologien können den Mathematikunterricht und andere Fächer innovativ bereichern. Doch im Alltag stellt sich vielfach die Frage, wie die Implementierung in den Regelunterricht umgesetzt werden und gelingen kann. Neben der Frage nach der angemessenen techni-

schen Ausstattung der Schulen (Vogel et al. 2020) ist der Erwerb zusätzlichen Professionswissens auf Seiten der Lehrkräfte eine weitere zentrale Herausforderung des heutigen Bildungswesens (Reinhold/Reiss 2020). Aus einer Vielzahl an Studien ist bekannt, dass das Wissen der Lehrkraft zur adäquaten Nutzung digitaler Ressourcen im Unterricht eine der wichtigsten Bedingungen für erfolgreichen digital unterstützten Unterricht ist. Deshalb ist die Gestaltung von Aus- und Fortbildungsangeboten für (angehende) Grundschullehrkräfte zum angemessenen Einsatz von digitalen Medien ein wichtiges Handlungsfeld, um zeitgemäßen Unterricht an den Schulen zu ermöglichen. An vielen lehrkraftbildenden Hochschulen wurden dazu Lern- bzw. Forschungswerkstätten (vgl. u. a. Tänzer et al. 2019) und Lehr-Lern-Labore (vgl. u. a. Priemer/Roth 2019) eingerichtet, die mit ganz unterschiedlichen Themen und Schwerpunkten im Zentrum des Interesses arbeiten.

Diese geschaffenen Angebote zeichnen sich dadurch aus, dass sie nicht von einer traditionell instruktiven Belehrungskultur geprägt sind, sondern eine Nähe zur konstruktivistischen Didaktik bzw. ein konstruktivistisches Lernverständnis als Basis für die (Lehr-)Lernprozesse haben (Müller-Naendrup 2020). Ziel ist die Initiierung einer bewussten, kritischen und reflexiven Auseinandersetzung mit verschiedenen Themen der Schul- bzw. Unterrichtsentwicklung und im Fall der Digitalisierung besonders mit der angebotenen Soft- und Hardware. Dazu nutzen die (angehenden) Lehrkräfte „das räumliche und mediale Angebot, die Moderation und Lernbegleitung der Lernwerkstatt-Teams und die kooperative

bis hin zur kollaborativen Zusammenarbeit mit anderen Beteiligten (Baar, Feindt & Trostmann, 2019)“ (Müller-Naendrup 2020: 722).

Der Beitrag stellt im Folgenden das Konzept des 2018 an der Humboldt-Universität zu Berlin eröffneten *math.media.lab*<sup>1</sup> als Verbindungsstück zwischen Analogem und Digitalem, als offenen Ort des Ausprobierens und Experimentierens sowie als regionaler Leuchtturm für diverse Gruppen im Bildungssystem vor. Damit wird das phasenübergreifende Zusammenspiel und sich daraus ergebende Potenziale für eine zeitgemäße, digitalbezogene Mathematik-lehrkräftebildung aufgezeigt.

## 2. Konzeption, Angebotsgestaltung und Begleitforschung

Das *math.media.lab* bietet Studierenden und Lehrkräften der ersten bis sechsten Klassen einen realen Ort zum Erkunden, Experimentieren und Reflektieren in Bezug auf den Einsatz von digitalen Elementen im Mathematikunterricht der Grundschule. Ausgangspunkt allen Handelns sind dabei die Herausforderungen und Grenzen analogen Lernens, die durch den Einsatz von Soft- und Hardware geweitet und überwunden werden sollen. Dazu werden medienpädagogische, informatische, grundschulpädagogische und mathematikdidaktische Expertise gebündelt, um interdisziplinär bei der Auseinandersetzung mit Themen der Auswahl, der Gestaltung und des Einsatzes digital unterstützter Lerngelegenheiten moderieren und begleiten zu können. Es wird dabei der oben beschriebene konstruktiv-kritische Ansatz verfolgt, der viel-

fältig u. a. an die Ziele der Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ (KMK 2016) und der Bildungsstandards für das Fach Mathematik in der Primarstufe (KMK 2004) anknüpft.

## 2.1 Angebote und ihre Ausgestaltung

Die Angebote im *math.media.lab* sind, aufgrund der langen und komplexen Lern- sowie spezifischen Berufserfahrung von Erwachsenen, nicht nach denselben Mustern wie das schulische Lernen von Schülerinnen und Schülern organisiert (Gerstenmeier/Mandl 2011; Törner 2015). Sie stellen außerdem nicht nur auf die Vermittlung von Professionswissen, sondern auch auf die Förderung des Erlebens von Selbstwirksamkeit und den Abbau von Vorbehalten (und ggf. Ängsten) beim Einsatz von Bildungstechnologien ab. Um dies zu erreichen haben sich bestimmte Formen als vorteilhaft erwiesen. Dazu gehören, u. a. „eigenständiges Experimentieren mit Bildungstechnologie (Somekh, 2008), Kompetenzerleben (Ottenbreit-Leftwich, 2007) [und die] Zusammenarbeit mit erfahreneren Peers (Ertmer et al., 2006)“ (Reinhold/Reiss 2020: 97). Unter der Maßgabe, dass neues Wissen mit Handlungsbezug und im Austausch mit anderen konstruiert werden soll, gibt es eine Auswahl an Angeboten, die im *math.media.lab* bereitgestellt werden.

- *Offene Angebote*

Ein niederschwelliges Angebot für Lehramtsstudierende und berufstätige Lehrkräfte sind die offenen Sprechzeiten, in denen das

Lab ohne Voranmeldung besucht werden kann. Diese finden mehrmals die Woche statt, werden durch Mitarbeitende begleitet und sollen vor allem dem freien Experimentieren, bspw. mit programmierbaren Materialien, und kooperativen Arbeitsphasen an den Gruppentischen dienen. Die Mitarbeitenden stellen sicher, dass die vorhandene Hard- und Software zugänglich ist, ohne Probleme genutzt werden kann und helfen bei Fragen oder der Entwicklung von Ideen weiter. Es besteht außerdem die Möglichkeit der Ausleihe von einzelnen Geräten oder einem Komponentenverbund, um damit selbstentwickelte Ideen oder empirisch validierte Good-Practice-Materialien in der Unterrichtspraxis ausprobieren zu können.

Daneben kann dieser „Muster-Klassenraum“ für digital unterstützte Bildung für eigene(n) Unterricht(sversuche) gebucht werden, um dadurch etwaige Herausforderungen des Alltags, etwa fehlende oder veraltete Technik, zu reduzieren. Dies fördert insbesondere den Abbau von Vorbehalten und Ängsten auch im Sinne einer Fehlertoleranz beim Einsatz digitaler Medien, weil sich (angehende) Lehrkräfte vorrangig um die Unterrichtsplanung bzw. -durchführung kümmern können und sich nicht zusätzlich um die Funktionstüchtigkeit der Ausstattung sorgen müssen. Hierbei erhalten sie in Absprache mit den Mitarbeitenden vor Ort Unterstützung.

- *Fortbildungen & Seminare*

Eine weitere Angebotskategorie stellen die berufsbegleitenden Lehrkräftefortbildungen und universitären Lehrveranstaltungen (inkl. Praxissemester) dar, die ebenfalls durch die Ideen der Selbsttätigkeit, Offenheit und der Verantwortung für den eigenen Lernprozess geprägt sind. Dazu wurden inhaltsübergreifende Konzeptbausteine als Grundarchitektur entwickelt (Huhmann et al. 2019), mit denen Veranstaltungsformate für alle Lehrkräftebildungsphasen gestaltet werden können. Alle Formate sind gekennzeichnet durch ihre Wissenschaftsbasierung und die Verzahnung von Theorie und Praxis mit dem Ziel des mündigen Handelns in der digitalisierten Welt. Außerdem setzen sie die Merkmale wirksamer Professionalisierungsmaßnahmen für Lehrkräfte um:

- 1) Fachlicher/fachdidaktischer Fokus,
- 2) Orientierung an Merkmalen lernwirksamen Unterrichts,
- 3) Einbezug wissenschaftlicher Expertise,
- 4) Verschränkung von Input-, Erprobungs- und Reflexionsphasen,
- 5) Rückmeldeformate und -gelegenheiten,
- 6) Gelegenheiten zum Erleben eigener Wirksamkeit,
- 7) Gelegenheiten zur Kooperation/Kollaboration

(ausführlich vgl. Lipowsky 2019: 147-155). Durch begleitende Untersuchungen werden die Veranstaltungen im Sinne des design based research (Gravemeijer/Cobb 2006) iterativ weiterentwickelt (ausführlich unter 2.2 Begleitforschung).

Die Erwartungen, die an digitale Medien gestellt werden, sind oftmals problematisch, weil sie die entscheidende Rolle der Lehrkraft und fachdidaktische Grundlagen nicht ausreichend berücksichtigen. Es wird erhofft, dass der Medieneinsatz für einen besseren Umgang mit Heterogenität, eine höhere Motivation der Lernenden, eine umfangreiche Öffnung ermöglicht und gleichzeitig die Lehrkraft im Unterricht entlastet. Allerdings ist es egal welches Medium im Unterricht zum Einsatz kommt, es wird diese Erwartungen nicht aus sich selbst heraus ohne menschliches Zutun und Verantwortung erfüllen können (Krauthausen 2012). Ausgangspunkt der Veranstaltungen ist deshalb stets die vergleichende Erkundung und Analyse von analogen als auch digital unterstützten Lernumgebungen.

Aufgabe und Ziel zugleich ist es vor diesem Hintergrund, Anforderungen, Handlungsmöglichkeiten und Potentiale in den Lernumgebungen auszuloten und eine eigenständige medieninklusive Haltung zu entwickeln – Bewährtes zu bewahren, die bisherige Praxis – wenn fachdidaktisch sinnvoll und möglich – zu optimieren und neue Praxis zu innovieren. Das vergleichende Analysieren soll daher zur Entwicklung von Mündigkeit in der Auseinandersetzung mit analogem und digital unterstützendem Mathematiklernen beitragen. (Huhmann et al. 2019: 281)

Die Teilnehmenden sollen in diesen Veranstaltungen ein vertieftes mathematikdidaktisches sowie technologiebasiertes Wissen zum Lernen und Lehren mit prototypischen Lehr-Lern-Umgebungen aufbauen, geeignete Lehr-Lern-Situationen identifizieren, Lehr-Lern-Umgebungen mit unterschiedlichen Medien auf mögliche Potenziale analysieren und schließlich damit Materialien für



den eigenen Unterricht entwickeln können. Dieser umfangreiche Auseinandersetzungs-, Entwicklungs- und letztlich Lernprozess wird u. a. anhand von Lernumgebungen mit programmierbaren Materialien vollzogen und soll im Folgenden stellvertretend für die Making-Aktivitäten im *math.media.lab* betrachtet werden.

- *Lehrkräftelernen im Makerspace*

Die Kultusministerkonferenz (KMK 2016) hat in ihrem Strategiepapier zur Bildung in der digitalen Welt die Forderung formuliert, dass die Schülerinnen und Schüler algorithmische Strukturen in digitalen Tools erkennen und formulieren sowie eine strukturierte, algorithmische Sequenz zur Lösung eines Problems planen und einsetzen können sollen. Doch, um diese Unterrichtserfahrungen zu ermöglichen, benötigen die (angehenden) Lehrkräfte selbst Gelegenheiten, in denen dieses Wissen erarbeitet werden kann, weil es in der Regel über bisherige Ausbildungsgegenstände hinausgeht. Um diese Auseinandersetzung auf verschiedenen Ebenen anzuregen wurden im Rahmen der bereits beschriebenen Angebote empirisch validierte Good-Practice-Materialien entwickelt. Ganz im Sinne Krauthausens wird phasenübergreifend daran gearbeitet, die „Gold-Nuggets“ aufzuspüren, die für ein zeitgemäßes Mathematiklernen sinnvoll und hilfreich sein können“ (Krauthausen 2012: 196).

Der Mathematikunterricht bietet zahlreiche Anknüpfungspunkte für die Umsetzung dieser neuen Kompetenzanforderungen und gleichzeitig Realisierung der Idee des Makings in der Lehrkräftebildung. So haben Problemlösen, kritisches und logisches Denken

in Form von Schätzungen, Algorithmen und datenbasierten Vorhersagen ihren festen Platz in den Lehrplänen. Außerdem zeichnen sich gute Professionalisierungsmaßnahmen durch Formen handlungsorientierten, kooperativen und kollaborativen Lernens anhand von Fallbeispielen aus der Praxis aus. Als Grundlage der Good-Practice-Materialien dient das Konzept der Lernumgebungen, welche zentrale Ziele und Inhalte des Mathematikunterrichtes repräsentieren, reichhaltige Möglichkeiten für mathematische Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler bieten, sich aufgrund ihrer Flexibilität den spezifischen Bedingungen in einer Klasse angepasst werden können und mathematische sowie pädagogische Aspekte des Lehrens bzw. Lernens integrieren. Zum Design dieser Lernumgebungen wird sich an den sechs Leitideen von Wollring (2009) orientiert. Sie beschreiben die Ganzheit von Lernumgebungen anhand folgender Aspekte: *Gegenstand und Sinn* (L1), *Artikulation, Kommunikation und Soziale Organisation* (L2), *Differenzierung* (L3), *Logistik* (L4), *Evaluation* (L5) und *Vernetzung mit anderen Lernumgebungen* (L6). Wollring (2009) beschreibt die durch die Leitideen bestimmten Lernumgebungen als einen Ausformungsrahmen für Lehrende, die durch bewusste, lokale und temporäre Schwerpunktsetzungen konkrete Problemlagen angehen.

Neben diesen grundlegenden Designcharakteristika werden die vier Erfahrungen zur Förderung des *computational thinking* nach Kotsopoulos et al. (2017) akzentuiert. Eine Facette davon ist es Algorithmen zu verstehen, auszuführen und selbst entwickeln zu können. Diese Erfahrungen werden nach ihrer Komplexität auf-

steigend kurz vorgestellt. Die erste Stufe nennt sich *unplugged*. Hier werden Erfahrungen durch die Auseinandersetzung mit Materialien ohne digitale Unterstützung gemacht. Auf der Stufe *tinkering* werden durch Basteln und Herumtüteln bestehende Objekte unter der Frage „Was, wenn ...?“ modifiziert. Daran schließen sich Erfahrungen der dritten Stufe *making* an. Hier stehen Aktivitäten im Mittelpunkt, die neue Objekte erschaffen. Die komplexesten Erfahrungen ermöglicht die Stufe *remixing*. Dabei werden (Teil-)Objekte zur Verwendung in anderen Objekten bzw. für andere Zwecke modifiziert und eingesetzt.

Diese auf der Unterrichtsebene angesiedelten Lernumgebungen werden mit Analyseaufgaben auf der Aus- und Fortbildungsebene angereichert, um so Lehrkräftelernen und mathematische Betrachtungen vom höheren Standpunkt zu initiieren. Zu den Einsatzszenarien dieser Materialien gehören u. a. die individuelle Nutzung im Rahmen der offenen Angebote als Ausgangspunkt für das Vertrautmachen mit dem Neuen, zur Realisierung eigener Ideen und für das Innovieren eigener Unterrichtspraxis. Außerdem sind sie, wie bereits beschrieben, fester Bestandteil der Fortbildungen und Seminare, was wiederum Folgeaktivitäten initiiert. Dazu gehören bspw. Studierenden-Lehrkraft-Tandems, die die Lernumgebungen mit den programmierbaren Materialien an den Schulen erproben, evaluieren, iterativ weiterentwickeln und dadurch wiederum eigene Good-Practice-Materialien schaffen, die dem Kreislauf zurückgegeben werden.

## 2.2 Begleitforschung

Die Angebote des *math.media.lab* als multimedialen Makerspace werden von einer Reihe von Forschungsprojekten gerahmt, die sich multiperspektivischen Fragestellungen auf Ebene der Lernenden, Lehrenden sowie der Unterrichtsmaterialien widmen. Durch diese begleitenden Untersuchungen werden die Angebote im Sinne des *design based research* (Gravemeijer/Cobb 2006) iterativ mit den Stakeholdern weiterentwickelt. Im Folgenden soll ein Überblick über Ziele, Methoden und bereits vorliegende Ergebnisse einiger Teilprojekte gegeben werden.

- *Digitalbezogene Ausstattung & ihre Nutzung*

Ein wichtiger Forschungsschwerpunkt des *math.media.lab* liegt auf der Untersuchung der Voraussetzungen der Mediatisierung bzw. Digitalisierung deutscher Grundschulen. Aufbauend auf dem im Länderindikator (Lorenz et al. 2017) vorgestellten Modell der Qualitätsdimensionen schulischer Medienbildung, welches technische und räumliche Infrastruktur sowie die Kompetenz schulischer Akteure als zentrale Inputfaktoren benennt, wurde 2019 in Zusammenarbeit mit der Pädagogischen Hochschule Weingarten und der Universität Münster eine deutschlandweite Erhebung zur medialen Ausstattung und Nutzung digitaler Medien im Mathematikunterricht der Grundschule entwickelt (Huhmann et al. 2019) und durchgeführt (Vogel et al. 2020). Dabei zeigte sich, dass mehr als die Hälfte (54 %) der an Grundschulen tätigen Mathematiklehrkräfte in ihrem Unterricht aufgrund mangelnder Ausstattung auf private Geräte zurückgreifen und dass es sich bei den re-

regelmäßig im Unterricht genutzten Geräten in der Regel um Dokumentenkameras, Notebooks und Beamer handelt. Diese Befunde weisen auf einen doppelten Mangel an digitaler Ausstattung hin: Zum einen ist an deutschen Grundschulen ein Mangel an einsatzbereiten Geräten, die Lehrkräfte für ihren eigenen Mathematikunterricht nutzen könnten, zu beanstanden; zum anderen zeigt sich ein Mangel an Diversität der im Mathematikunterricht eingesetzten digitalen Medien. Das *math.media.lab* leistet an diesem Punkt als multimedialer Makerspace, der (wie bereits beschrieben) von Schulklassen als Unterrichtsraum genutzt werden kann und in dem vielfältige digitale Unterstützungselemente für den Mathematikunterricht der Grundschule ausgeliehen werden können, einen wertvollen Beitrag zur Schaffung der Voraussetzungen für eine zunehmende Mediatisierung von Grundschulen im Raum Berlin/Brandenburg.

- *Kompetenzerwerb & -entwicklung*

Die im *math.media.lab* angebotene und auf Grundlage der Gestaltungsprinzipien des Deutschen Zentrums für Lehrerbildung Mathematik (DZLM, Barzel/Selter 2015) entwickelte Fortbildungsreihe „Mündigkeit in der digitalen Welt“ setzt daran anknüpfend am dritten im Länderindikator benannten Inputfaktor, der Kompetenz schulischer Akteure, an und wird von einem Forschungsprojekt begleitet, welches der Frage nachgeht, welche professionellen Kompetenzen (angehende) Grundschullehrkräfte aufweisen müssen, um digitale Medien didaktisch sinnvoll in den Mathematikunterricht integrieren zu können. Ziel des Projektes ist die Ent-

wicklung eines Testinstrumentes, welches auf Grundlage des TPACK-Modells (Mishra/Koehler 2006) die digitale Kompetenz von Lehrkräften bezogen auf den Einsatz digitaler Medien zur Erreichung mathematikdidaktischer Lernziele domänenspezifisch operationalisiert. Eine erfolgreiche Umsetzung des Projektes soll erlauben, die Kompetenzentwicklung von (angehenden) Lehrkräften in Aus- und Fortbildungsmaßnahmen zu messen, um auf diesem Weg Stellschrauben für die effektive (Weiter-)Entwicklung und kontinuierliche Verbesserung der Bildungsangebote des *math.media.lab* zu identifizieren. Eine bereits durchgeführte Pilotstudie mit 249 angehenden Grundschullehrkräften untersuchte Einflussfaktoren auf die Selbstwirksamkeitserwartung von Lehramtsstudierenden, digitale Medien auf fachdidaktisch fundierte Weise im Mathematikunterricht einzusetzen (vgl. Jenßen et al. submitted). Die auf Grundlage der Kontroll-Wert-Theorie leistungsbezogener Emotionen (Pekrun 2006; Pekrun/Perry 2014), der sozialkognitiven Lerntheorie (Bandura 1977) und dem Konzept allgemeiner Selbstwirksamkeitserwartung (Bandura 1997) entwickelte Studie kam zum Ergebnis, dass (1) subjektiv wahrgenommene Kontrolle über den Einsatz digitaler Medien zur Erreichung mathematikdidaktischer Lernziele einen dreimal so starken Effekt auf das Erleben von Freude beim Einsatz digitaler Medien aufweist wie der subjektiv wahrgenommene Wert digitaler Medien und dass (2) Freude eine zentrale Rolle in der Vermittlung zwischen der subjektiv wahrgenommenen Kontrolle und der Selbstwirksamkeitserwartung bezogen auf den Einsatz digitaler Medien im Mathematikunterricht einnimmt. Beide Befunde heben die be-

sondere Bedeutung von Makerspaces als Orte hervor, an denen in einem geschützten und spielerischen Rahmen vielfältige Gelegenheiten geschaffen werden können, Kontrollerfahrungen im Einsatz digitaler Medien zu machen.

- *Unterstützung in hybriden Lernräumen*

Die bereits beschriebenen Aktivitäten in den unterschiedlichen Angeboten des *math.media.lab* im Kontext der Lehrkräfteprofessionalisierung und der erfolgreiche Transfer in unterrichtliches Handeln verlangen von den Beteiligten ein nicht zu unterschätzendes Maß an Selbstorganisations- und Mediennutzungskompetenzen (Beyer/Eilerts 2020). Gründe dafür sind die örtliche und zeitliche Vielfalt der Lerngelegenheiten (Törner 2015), die Vergleichzeitigung von Tätigkeiten (Schmidt-Lauff 2011) und zum Teil das Fehlen unmittelbarer Instruktionen im Lernprozess durch bspw. Dozierende (Lipowsky 2011). Deshalb nehmen Fragen zur Förderung des selbstregulierten Lernens (SRL) und damit die gelingende Gestaltung verfügbarer Lernzeitfenstern eine wichtige Rolle ein.

SRL ist in diesem praktischen Kontext zugleich positiv als auch problematisch anzusehen. Auf der einen Seite wird es durch die bestehenden Freiräume und der Möglichkeit des Erlebens eigener Wirksamkeit als günstiger Rahmen für den Kompetenzerwerb betrachtet. Auf der anderen Seite kann zu viel SRL dem Kompetenzerwerb aber auch im Weg stehen – hier sei insbesondere der problematische Fokus „auf kurzfristig anwendbare und einsetzbare Rezepte, Techniken und Unterrichtsmaterialien“ (Lipowsky

2011: 403) genannt (Bonsen/Berkemeyer 2011). Außerdem wird im Verlauf der Erkundungs-, Experimentier- und Erprobungsphasen inner- und außerhalb des multimedialen Makerspaces mehrfach über Erhalt, Einsatzminimierung oder gar Abbruch des Vorhabens entschieden. Herold et al. (2019) haben dazu in einer qualitativen Studie u. a. Gelingensbedingungen herausgearbeitet und die Kontextwechsel als kritische Momente bei der Erhaltung des Lernprozesses identifiziert.

Um den Transfer von Aus- und Fortbildungsinhalten in konkretes unterrichtliches Handeln zu unterstützen, dessen Qualität zu verbessern und somit für eine größere Nachhaltigkeit der Aktivitäten zu sorgen, untersucht das MATCHED-Projekt (mobile agents in teacher education) anhand der Angebote im *math.media.lab* auf welchem Wege man conversational agents (Hobert/Meyer v. Wolff 2019) für das Lehrkräftelernen einsetzen kann. Auf Grundlage von Konzepten des *mobile learning* und *microlearning* (vgl. de Witt/Gloerfeld 2018) werden konversationsbasierte Unterstützungselemente entwickelt, auf die die (angehenden) Lehrkräfte mittels eines Chatbots unmittelbar und zeitlich sowie örtlich entgrenzt während ihrer Entwicklungsaktivitäten zugreifen können (Beyer/Eilerts angemeldet). Zur bedarfsorientierten Ausgestaltung dieses Unterstützungsangebotes wurden in einer qualitativ-explorativen Untersuchung durch u. a. informelle Feldgespräche, Gruppendiskussionen und Portfolioanalysen die Lernwege von Studierenden und Lehrkräften bei der o. g. Auseinandersetzung mit digital unterstützten Lernumgebungen ausgewertet. Anhand dieser



Ergebnisse wurden folgende Handlungsfelder für die Unterstützung identifiziert: Planung und Zeitmanagement, Adaptionsprozesse, Kooperationsanregung und Reflexionsprozesse. Ziel des Forschungsprojektes ist es darauf aufbauend einen mobilen Lernbegleiter zu gestalten, der im Sinne eines hybriden Lernraums den handlungsbezogenen Wissenserwerb und schließlich den erfolgreichen Transfer von der individuellen Making-Aktivität hin zu erweitertem unterrichtlichem Handeln unterstützt (Beyer/Eilerts 2020; angemeldet).

### 3. Netzwerkfunktion von Makerspaces

Anhand der vorgestellten konzeptionellen Grundlagen soll im Folgenden zusammenfassend der Frage nachgegangen werden, wie sinnvoll es tatsächlich ist, Makerspaces an Hochschulen zu etablieren und welchen Wert sie haben können. Dazu soll der Fokus von den Lehramtsstudierenden und berufstätigen Lehrkräften auf die gesamten Beziehungen des *math.media.lab* mit seinem Umfeld geweitet werden.

Zweifelsfrei sind Pädagoginnen und Pädagogen die Hauptnutzenden. Sie nutzen das räumliche und mediale Angebot als auch die Expertise der Forschenden vor Ort, um eigene Unterrichts- und Schulentwicklungsprojekte voranzutreiben. Zum Teil wird dies durch Schulleitungen initiiert und anderswo machen die Lehrkräfte ihre Einrichtungsleitungen durch den Besuch auf die vorhandenen Möglichkeiten aufmerksam. Der Ort wird als Chance einer gelungenen Theorie-Praxisverknüpfung erlebt. Er wird als sanktions-

freier Ort zum Erprobungsraum, indem „man sich selbst als Lernender erleben, das Lernen anderer beobachten und anschließend diese Erfahrungen theoriegeleitet reflektieren kann“ (Müller-Naendrup 2020: 723). Damit wird das *math.media.lab* zu einem regionalen Leuchtturm für die Qualifizierung von Mathematiklehrkräften der Primarstufe für das Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Was wiederum dabei hilft, dass sich Innovation in der Fläche ausbreiten kann.

Diese Ausbreitung und Implementation von Innovationen für einen zeitgemäßen Mathematikunterricht darf aber nicht nur von entsprechend qualifizierten Lehrkräften punktuell vor Ort vorangetrieben werden, sondern muss auch von den Verantwortlichen in der Schulverwaltung und der Bildungspolitik als Handlungsfeld erkannt werden. Durch die interdisziplinär versammelte Expertise am Standort haben die Vertreterinnen und Vertreter die Möglichkeit nicht nur theoretisches Wissen als Grundlage für politische Entscheidungen zu beziehen, sondern sich durch die inhärente Praxisverknüpfung bereits vielfältige Umsetzungsideen an einzelnen Schulen anzusehen. Aus dem Pool der auf diesem Feld bereits weiterqualifizierten Lehrkräfte werden außerdem unmittelbar Multiplikatorinnen und Multiplikatoren für das landesweite Fortbildungsangebot gewonnen, die ihre Expertise über wohnortnahe Angebote in die Fläche tragen. So entsteht ein Theorie-Praxis-Netzwerk, welches auf Dauer angelegt ist und sich fortlaufend von selbst auffrischt, weil der Markt der Bildungstechnologien stetig wächst. In der Folge also immer wieder Anlass für Erkun-

dungen, Erprobungen und Evaluationen neuer Materialien besteht.

Zu diesem regionalen Netzwerk, welches unmittelbar in Schule, Hochschule und Bildungsverwaltung verankert ist, ist ein weiterer Knoten in Form der Unternehmen im Bereich der Bildungstechnologien dazugekommen. Diese Unternehmen entwickeln, produzieren und vertreiben mit ihren Technologien einen wichtigen Bestandteil eines zeitgemäßen Unterrichts. Jedoch kommt es immer wieder zu Situationen, in denen technische Innovationen mit der Hoffnung eingekauft und in den Unterricht übernommen werden, dass sie das Lernen und Lehren verbessern, aber sie dafür häufig gar nicht bzw. zumindest ohne (fach)didaktische Begleitung entwickelt wurden und dann wenig überraschend nicht die intendierten Effekte erzeugen (Allert/Richter 2011). Durch die Einbindung dieser weiteren Gruppe ergibt sich die Möglichkeit durch fortlaufende Untersuchungen, die gegenseitigen Interessen und Bedarfe datenbasiert aufeinander abzustimmen, um so im Sinne aller Beteiligten zu besseren Ergebnissen für innovierten Unterricht zu kommen.

Nicht nur außerhalb der Wissenschaft werden Beteiligte in das Netzwerk einbezogen, auch innerhalb werden interdisziplinäre Kooperationen mit Forschenden vorangetrieben. Dazu gehört die regionale Zusammenarbeit u. a. zur Gestaltung gemeinsamer Makerspace-Aktivitäten mit den grundschulbezogenen Fachdidaktiken oder auch im Rahmen von FDQI-MINT, einem Projekt der Qualitätsoffensive Lehrerbildung des Bundesministeriums für Bil-

derung und Forschung (BMBF), in dem die MINT-Fachdidaktiken mit den Rehabilitationswissenschaften sowie der Medien- und Sprachbildung gemeinsam an Seminarkonzepten arbeiten (Bechini et al 2020). Diese multiperspektivischen Lehrveranstaltungen sind in den Laboren sowie Werkstätten verankert und haben u. a. das Ziel, Kompetenzentwicklung zur Rolle der Digitalisierung im Kontext der Inklusion zu ermöglichen. Neben den regionalen Kooperationen gibt es auch überregionale Netzwerke, wie den durch die Telekom Stiftung geförderten Thinktank „Zukunft des MINT-Lernens“, welcher als Entwicklungsverbund mehrerer Universitäten Konzepte entwickelt und u. a. in Lehr-Lern-Laboren erprobt.

Insgesamt ist diesen interdisziplinären Kooperationen gemeinsam, dass sie die unterschiedlichen Stakeholder zusammenführen, alle ihre jeweiligen Theorien einbringen, neue Konzepte erproben und aus der Evaluation neues Wissen generiert wird, welches wieder in die jeweiligen Bereiche eingebracht wird.

#### 4. Zusammenfassung

Makerspaces an Hochschulen können dazu beitragen, zwei zentrale Herausforderungen bei der digitalen Transformation anzugehen. Dazu gehören neben den Fragen nach angemessener und fachdidaktisch relevanter Ausstattung ebenso die Fragen zum Erwerb digitalbezogener Wissensfacetten bei (angehenden) Lehrkräften. Sie sind in ihren Regionen reale Orte, die zum Erkunden, Experimentieren und Reflektieren einladen. Sie ermöglichen den

Austausch mit Peers aber auch mit anderen Beteiligten. Um diese vielfältigen Prozesse entsprechend begleiten zu können, bündelt das *math.media.lab* interdisziplinäre Expertise.

Durch z. T. eigene Untersuchungen wurde aufgezeigt, dass multimediale Makerspaces und Lehr-Lern-Labore als Orte, an denen in einem sanktionsfreien und offenen Rahmen vielfältige Lerngelegenheiten geschaffen werden, dabei helfen können, Kontrollenerfahrungen im Einsatz digitaler Medien zu machen. Besonders betont werden sollte das emotionale Erleben von Freude als eine für Lernprozesse relevante, leistungsbezogene Emotion in Verbindung mit der Anregung der Reflexion darüber. Durch eigenständiges Experimentieren mit den Technologien im Makerspace können Vorbehalte abgebaut und eigene Selbstwirksamkeit erlebt werden.

In diesem Zusammenhang wurden einige Angebote vorgestellt, die in unterschiedlichen Dimensionen mehr und weniger geöffnet sind. Gemeinsam verfolgen sie das Ziel Anforderungen, Handlungsmöglichkeiten und Potenziale von digital unterstützten Lernumgebungen auszuloten und eine eigenständige medieninklusive Haltung zu entwickeln. Die eingesetzten empirisch validierten Good-Practice-Materialien folgen Leitideen zur Ausgestaltung von Lernumgebungen nach Wollring (2009) und den von Kotsopoulos et al. (2017) beschriebenen Erfahrungen zur Förderung des *computational thinking*. Diese Materialien wurden für die Ebene der Aus- und Fortbildung entlang dieser Schwerpunkte angereichert, um die bewusste, kritische und reflexive Auseinandersetzung mit

verschiedenen, digitalbezogenen Themen der Schul- bzw. Unterrichtsentwicklung zu initiieren.

Durch die Pflege eines Netzwerkes mit Stakeholdern aus Schulpraxis, Wissenschaft, Bildungsverwaltung und Unternehmen werden fortlaufend Lernsettings entworfen, erprobt, evaluiert, iterativ weiterentwickelt und die Ergebnisse dem Netzwerk wieder zurückgegeben. So können Innovationen für den Mathematikunterricht objektiv beurteilt, Anforderungen sowie Bedarfe definiert, durch Multiplikatoren und Multiplikatorinnen in die Fläche getragen und damit sowie den Bestandsangeboten des Makerspaces die Unterrichtsentwicklung begleitet werden.

---

## Anmerkung

1 Unter der Leitung von Prof. Dr. Katja Eilerts, ausführlich: <https://hu.berlin/math-media-lab>

---

## Literatur

Allert, Heidrun/Richter, Christoph (2011): Designentwicklung – Anregungen aus Designtheorie und Designforschung, in: Ebner, Martin/Schön, Sandra (Hg.): Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien (L3T), online unter: <https://www.researchgate.net/publication/277991037> (letzter Zugriff 14.11.2020).

Bandura, Albert (1977): *Social learning theory*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Bandura, Albert (1997): *Self-efficacy: The exercise of control*, New York, NY: W. H. Freeman and Company.

Barzel, Bärbel/Selter, Christoph (2015): Die DZLM-Gestaltungsprinzipien für Fortbildungen, in: *Journal der Mathematikdidaktik* 36, 259–284.

Bechinie, Dominik/Eilerts, Katja/Frohn, Julia/Marsch, Sia/Upmeier zu Belzen, Annette/Mayer, Stephen/Priemer, Burkhard (2020): Inklusionsorientierte Qualifizierung angehender Lehrkräfte – Das Projekt FDQI-HU-MINT der HU Berlin, in: *GDM-Mitteilungen* 109, 6–9.

Beyer, Steven/Eilerts, Katja (2020): Mit mobile learning Professionalisierungsprozesse von (angehenden) Mathematik-Lehrkräften in Fort- und Ausbildung unterstützen, in: Kaspar, Kai/Becker-Mrotzek, Michael/Hofhues, Sandra/König, Johannes/Schmeinck, Daniela (Hg.): *Bildung, Schule, Digitalisierung*, Münster/New York: Waxmann, 395–400.

Beyer, Steven/Eilerts, Katja (angemeldet, Juni 2020): DE 10 2020 115 289.2, München: Deutsches Patent- und Markenamt.

Bonsen, Martin/Berkemeyer, Nils (2011): Lehrerinnen und Lehrer in Schulentwicklungsprozessen, in: Terhart, Ewald/Bennewitz, Hedda/Rothland, Martin (Hg.): *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf*, Münster/New York: Waxmann, 731–747.

de Witt, Claudia/Gloerfeld, Christina (Hg.) (2018): *Handbuch Mobile Learning*, Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Gerstenmaier, Jochen/Mandl, Heinz (2011): Konstruktivistische Ansätze in der Erwachsenenbildung und Weiterbildung, in: Tippelt, Rudolph/von Hippel, Aiga (Hg.): *Handbuch Erwachsenenbildung/Weiterbildung*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften

ten, 169–178.

Gravemeijer, Koen/Cobb, Paul (2006): Design research from a learning design perspective, in: van den Akker, Jan/Gravemeijer, Koen/McKenney, Susan/Nieveen, Nienke (Hg.): Educational Design Research, London: Routledge, 17–51.

Hobert, Sebastian/Meyer von Wolff, Raphael (2019): Say Hello to Your New Automated Tutor – A Structured Literature Review on Pedagogical Conversational Agents, in: Proceedings of the 14th International Conference on Wirtschaftsinformatik, online unter: [https://www.researchgate.net/publication/331333034\\_Say\\_Hello\\_to\\_Your\\_New\\_Automated\\_Tutor\\_-\\_A\\_Structured\\_Literature\\_Review\\_on\\_Pedagogical\\_Conversational\\_Agents](https://www.researchgate.net/publication/331333034_Say_Hello_to_Your_New_Automated_Tutor_-_A_Structured_Literature_Review_on_Pedagogical_Conversational_Agents) (letzter Zugriff 17.11.2020).

Huhmann, Tobias/Eilerts, Katja/Höveler, Karina (2019): Digital unterstütztes Mathematiklehren und -lernen in der Grundschule – Konzeptionelle Grundlage und übergeordnete Konzeptbausteine für die Mathematiklehreraus- und -fortbildung, in: Walter, Daniel/Rink, Roland (Hg.): Digitale Medien in der Lehrerbildung Mathematik – Konzeptionelles und Beispiele für die Primarstufe. 5. Band der Reihe Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien in der Primarstufe, Münster: WTM-Verlag, 277–308.

Jenßen, Lars/Grave-Gierlinger, Frederik/Eilerts, Katja (eingereicht): Pre-Service Teachers' Enjoyment and ICT Teaching Self-Efficacy in Mathematics – An Application of Control-Value Theory, in: Journal of Digital Learning in Teacher Education.

Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland – KMK (2004): Bildungsstandards für das Fach Mathematik in der Primarstufe, München/Neuwied: Luchterhand.

Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland – KMK (2016): Bildung in der digitalen Welt – Strategie der Kultusministerkonferenz, online unter: <https://www.kmk>.



[org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2016/2016\\_12\\_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf](#) (letzter Zugriff 14.11.2020).

Kotsopoulos, Donna/Floyd, Lisa/Khan, Steven/Kizito Namukasa, Immaculate/Somanath, Sowmya/Weber, Jessica/Yiu, Chris (2017): A Pedagogical Framework for Computational Thinking, in: Digital Experiences in Mathematics Education 3, 154–171.

Krauthausen, Günter (2012): Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule, Berlin/Heidelberg: Springer-Spektrum.

Lipowsky, Frank (2011): Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und -weiterbildung, in: Terhart, Ewald/Bennewitz, Hedda/Rothland, Martin (Hg.): Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf, Münster/New York: Waxmann, 398–417.

Lipowsky, Frank (2019): Wie kommen Befunde der Wissenschaft in die Klassenzimmer? – Impulse der Fortbildungsforschung, in: Donie, Christian/Förster, Frank/Obermeyer, Marlene/Deckwerth, Anne/Kammermeyer, Gisela/Lenske, Gerlinde/Leuchter, Miriam/Wildemann, Anja (Hg.): Grundschulpädagogik zwischen Wissenschaft und Transfer, Jahrbuch Grundschulforschung 23, Wiesbaden: Springer Fachmedien, 170–174.

Lorenz, Ramona/Bos, Wilfried/Endberg, Manuela/Eickelmann, Birgit/Grafe, Silke/Vahrenhold, Jan (2017): Schule digital – der Länderindikator 2017, Münster/New York: Waxmann.

Mishra, Punya/Koehler, Matthew J. (2006): Technological Pedagogical Content Knowledge – A framework for teacher knowledge, in: Teachers College Record, 108 (6), 1017-1054.

Müller-Naendrup, Barbara (2020): Lernwerkstätten in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung, in: Cramer, Colin/König, Johannes/Rothland, Martin/Blömeke, Sigrid (Hg.): Handbuch Lehrerinnen-

und Lehrerbildung, Bad Heilbrunn: Klinkhart, 721–726.

Pekrun, Reinhard (2006): The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice, in: *Educational Psychology Review*, 18 (4), 315–341.

Pekrun, Reinhard/Perry, Raymond P. (2014): Control-value theory of achievement emotions, in Pekrun, Reinhard/Linnenbrink-Garcia, Lisa (Hg.): *International Handbook of Emotions in Education*, New York: Routledge, 120–141.

Priemer, Burkhard/Roth, Jürgen (Hg.) (2019): *Lehr-Lern-Labore – Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung*, Heidelberg: Springer Spektrum.

Reinhold, Frank/Reiss, Kristina (2020): Relevanz, Selbstwirksamkeit und Ängstlichkeit bezogen auf das Unterrichten von Mathematik mit digitalen Medien. Eine Interventionsstudie mit Lehrkräften aus Deutschland und Kolumbien, in: Kaspar, Kai/Becker-Mrotzek, Michael/Hofhues, Sandra/König, Johannes/Schmeinck, Daniela (Hg.): *Bildung, Schule, Digitalisierung*, Münster: Waxmann, 96–107.

Tänzer, Sandra/Godau, Marc/Berger, Marcus/Mannhaupt, Gerd (Hg.) (2019): *Perspektiven auf Hochschullernwerkstätten. Wechselspiele zwischen Individuum, Gemeinschaft, Ding und Raum*, Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Törner, Günter (2015): Verborgene Bedingungs- und Gelingensfaktoren bei Fortbildungsmaßnahmen in der Lehrerbildung Mathematik – subjektive Erfahrungen aus einer deutschen Perspektive, in: *Journal der Mathematikdidaktik* 36, 195–232.

Vogel, Sebastian/Eilerts, Katja/Huhmann, Tobias/Höveler, Karina (2020): Mediale Ausstattungen deutscher Primarstufen für den Mathematikunterricht – eine erste Standortbestimmung, in: Siller,

Hans-Stefan/Weigel, Wolfgang/Wörler, Jan Franz (Hg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2020. Münster: WTM-Verlag, 973–976.

Wollring, Bernd (2009): Zur Kennzeichnung von Lernumgebungen für den Mathematikunterricht in der Grundschule, in: Peter-Koop, Andrea/Lilitakis, Georg/Spindeler, Brigitte (Hg.): Lernumgebungen – Ein Weg zum kompetenzorientierten Mathematikunterricht in der Grundschule, Offenburg: Mildenerger Verlag, 9–23.