

Melanie Platz & Aileen Steffen-Delplanque (Hrsg.)

12

Lernen | Lehren | Forschen

PriMaMEDIEN

Digitale Medien im Mathematikunterricht der Primarstufe

Digitale Medien im Mathematikunterricht der Primarstufe 2024

Beiträge zur 7. PriMaMedien-Sommertagung 2024
in Saarbrücken

WTM
Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien
Münster

Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien

Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien in der Primarstufe

Herausgegeben von
Silke Ladel und Christof Schreiber

Band 12

**MELANIE PLATZ &
AILEEN STEFFEN-DELPLANQUE (HRSG.)**

Digitale Medien im Mathematikunterricht der Primarstufe 2024

Beiträge zur 7. PriMaMedien-Sommertagung 2024 in
Saarbrücken

WTM
Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien
Münster

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese
Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte Informationen sind im Internet über
<http://www.dnb.de> abrufbar

Druck durch:
winterwork
04451 Borsdorf
<http://www.winterwork.de>

Gestaltung des Covers: Melanie Platz

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne
schriftliche Einwilligung des Verlags in irgendeiner Form
reproduziert oder unter Verwendung elektronischer
Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© WTM – Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien
Ferdinand-Freiligrath-Str. 26, 48147 Münster
Münster 2025 – E-Book / Mail: stein-wtm@outlook.de
ISBN 978-3-95987-334-5
<https://doi.org/10.37626/GA9783959873345.0>

Inhaltsverzeichnis

Melanie PLATZ, Saarbrücken & Aileen STEFFEN-DELPLANQUE, Osnabrück

Vorwort der Herausgeberinnen 5

Jörg EFFKEMANN, Münster

Hürden beim Lernen und Lehren mit Lehr-Lernvideos im Arithmetikunterricht der Primarstufe 8

Heike HAGELGANS & Jaqueline SIMON, Halle (Saale)

„Ich weiß nicht, wie ich das aufschreiben soll.“ Eine AR-unterstützte Lernumgebung im Bereich Kombinatorik 27

Melanie PLATZ, Saarbrücken

Welche Auswirkungen hat KI auf die Internetsuche? Eine Lernumgebung für den Mathematikunterricht der Primarstufe 40

Katja LENZ, Schwäbisch Gmünd & Julia SIROCK, HEIDELBERG

Problemhaltige Sachaufgaben lösen mit ChatGPT – Chancen und Grenzen des Einsatzes generativer Sprachmodelle in der Professionalisierung angehender Lehrkräfte 57

Christoph SCHÄFER, Chemnitz

Multimediale E-Books im Spannungsfeld von Mündlichkeit und Schriftlichkeit 73

Julia BRÄUER & Marei FETZER, Wuppertal

Implementation digitaler Tafeln in den Mathematikunterricht der Grundschule – Prozesse in einem Kollegium 83

Ulrich SCHWÄTZER, Essen

Mathe Apps für die Grundschule – von der Analyse zur Systematisierung des Bestandes 98

Melanie HUTH, Gießen

Projektorientierte(s) Arbeiten in der Digitalen Drehtür Mathematik 109

Simeon SCHWOB, Münster

Programmieren mit dem Calliope mini zur Förderung inhalts- und prozessbezogener Kompetenzen im Mathematikunterricht 123

Laura MONZ, Melanie PLATZ & Christina BIERBRAUER, Saarbrücken	
<i>Einsatz der AR-App ‚Rechen-StAR‘ im Arithmetikunterricht – Vom konkreten Handeln zum mentalen Operieren.....</i>	<i>133</i>
Rebecca KLOSE, Christof SCHREIBER & Saskia THOMAS, Gießen	
<i>Fachmathematische Inhalte mit ChatGPT & Co. vertiefen.....</i>	<i>145</i>
Franziska PETERS & Sebastian SCHORCHT, Hamburg/Dresden	
<i>Einsatz von GPT-Netzwerken als multiprofessionelle Teams im mathematischen Task Design</i>	<i>155</i>
Lara Kristina BILLION, Frankfurt am Main	
<i>Die App StaLApp – Statistische Lernprozesse in der Grundschule.....</i>	<i>163</i>
Lea Marie MÜLLER & Kristin ALTMAYER, Saarbrücken	
<i>Der Einsatz von Augmented Reality beim Arbeiten mit Würfelgebäuden</i>	<i>168</i>
Tim LUTZ, Innsbruck	
<i>lutzapp.tim-lutz.de – Von der physischen Aktion zum digitalen Multirepräsentationssystem und zu allem: automatisierte Feedbackgabe.....</i>	<i>173</i>
<i>Zu den Herausgeberinnen</i>	<i>177</i>
<i>Zu den Autorinnen und Autoren</i>	<i>178</i>

Vorwort der Herausgeberinnen

Seit 2007 tagt regelmäßig die Arbeitsgruppe *PriMaMedien* im Arbeitskreis Grundschule der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. Die Mitglieder dieser Arbeitsgruppe teilen das Interesse an der Entwicklung, der Konzeption, dem Einsatz, der Analyse und der Beurteilung digitaler Medien für den Mathematikunterricht in der Primarstufe. Dabei wird auch die Lehrkräftebildung für diesen Bereich berücksichtigt. Unter dem aktuellen Namen ‚PriMaMedien – Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien im Mathematikunterricht der Primarstufe‘, werden regelmäßige Treffen zum Beispiel im Rahmen der Jahrestagung der GDM, des Arbeitskreises Grundschule und darüber hinaus organisiert.

Insbesondere seit den 2016 angestoßenen bildungspolitischen Entwicklungen, wie die „Strategie: Bildung in der digitalen Welt“ (KMK 2016) oder die „Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft“ (BMBF 2016), die sowohl Kompetenzerwartungen als auch umfangreiche finanzielle Förderungen für den Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht festschreiben, erfährt die Digitalisierung des Bildungsbereiches auch in der Mathematikdidaktik eine stärkere Aufmerksamkeit. Diese wurde durch die Coronapandemie, in der digitale Medien vermehrt eingesetzt wurden, weiter verstärkt. 2021 ergänzte die KMK die Strategie mit der Empfehlung „Lehren und Lernen in der digitalen Welt“, wonach die Berücksichtigung veränderter Bedingungen des Lehrens und Lernens im Kontext digitalen Wandels Aufgabe aller Fächer sei. Auf dieser Basis nehmen die Bildungsstandards für das Fach Mathematik Primarbereich in der Fassung vom 23.06.2022 diese Anforderung auf, indem die Strukturmodelle und die Standardformulierungen mit Blick auf die domänenspezifischen Erwartungen an den Kompetenzerwerb in der digitalen Welt weiterentwickelt wurden (KMK 2022). Die rasante Entwicklung generativer KI-Systeme in den letzten Jahren führte dazu, dass auch im Bildungsbereich über diese Technologien diskutiert wird (KMK, 2024).

Im Rahmen der Sommertagung 2024 der PriMaMedien-Arbeitsgruppe an der Universität des Saarlandes fanden sich 23 Forschende zusammen, um über aktuelle Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Einsatz digitaler Medien im Mathematikunterricht der Primarstufe sowie im Elementarbereich zu diskutieren. Darüber hinaus wurden auch digital gestützte Lehr-Lernkonzepte in der Lehrkräfteausbildung in den Blick genommen. Gemäß des ‚Primats der Fachdidaktik‘ erfolgte eine Auseinandersetzung mit Forschungsprojekten und Lehr- und Lernangeboten, die sich an

den technischen Gegebenheiten und daraus resultierenden fachdidaktischen Potentialen orientierten.

Ziel des vorliegenden Tagungsbandes ist es, Projekte aus der Forschung, der Schulpraxis und der Lehrkräftebildung darzustellen, die im Rahmen der PriMaMedien-Sommertagung 2024 vorgestellt wurden. Die Autorinnen und Autoren verantworten die Inhalte der einzelnen Beiträge selbst, es erfolgte lediglich ein redaktionelles Reviewverfahren. Die Beiträge gliedern sich dabei in drei verschiedene Kategorien:

- *Forschungsbeitrag*: Beiträge dieser Kategorie beinhalten theoretisch fundierte Forschungsarbeiten, die neue Argumente, Ergebnisse oder Methoden zeigen.
- *Praxisbeitrag*: Hier liegt der Fokus auf der praktischen Relevanz, es kann sich hier um Erfahrungsberichte, Best-Practice-Beispiele oder besondere Lehrkonzeptionen handeln.
- *Demo-Beitrag*: In Demo-Beiträgen werden innovative, neuartige und selbst entwickelte digitale Anwendungen, die in Prototypen oder als Produkt gezeigt werden können, vorgestellt. Dabei handelt es sich beispielsweise um eine selbst entwickelte App oder ein Lehr-Lern-Arrangement mit Einsatz digitaler Medien.

In der Kategorie der Forschungsbeiträge finden sich acht Publikationen. *Jörg Effke-mann* betrachtet Hürden, die beim Lernen und Lehren mit Lehr-Lernvideos in substanziellen Lernumgebungen entstehen können und leitet hieraus Implikationen für den Mathematikunterricht ab. *Heike Hagelgans* und *Jaqueline Simon* untersuchen, wie eine durch Augmented Reality angereicherte Lernumgebung Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung von Kombinatorikaufgaben unterstützen kann. *Melanie Platz* befasst sich mit einer Lernumgebung im Mathematikunterricht der Primarstufe, die Kinder dabei unterstützt soll, Suchmaschinen und KI-Chatbots kritisch zu betrachten und verantwortungsvolle Nutzerinnen und Nutzer zu werden. *Katja Lenz* und *Julia Sirock* widmen sich der Fragestellung, inwieweit er Einsatz von ChatGPT angehende Lehrkräfte dabei unterstützen kann, Kompetenzen im Hinblick auf das Begleiten von Bearbeitungsprozessen beim Lösen problemhaltiger Sachaufgaben zu erwerben. *Christoph Schäfer* verortet E-Books und schlägt eine Erweiterung eines Modells zur Mündlichkeit und Schriftlichkeit auf medialer Ebene vor. *Julia Bräuer* und *Marei Fetzer* nehmen sich den Implementationen digitaler Tafeln im Mathematikunterricht der Grundschule an und untersuchen Prozesse, die in diesem Zuge im Lehrkräftekollegium stattfinden. Eine Bestandsanalyse von Apps für den Mathematikunterricht findet sich im Projekt Mapps. *Ulrich Schwätzer* beschreibt in seinem Beitrag die Systematisierung der erfassten Apps und wie Lehrkräfte dieses Angebot rezipieren. *Melanie Huth* gibt in ihrem Beitrag Einblick in die Rahmentheorie und Konzeption der Mathematikangebote der Digitalen Drehtür Hessen sowie die aktuelle Begleitforschung mit dem Fokus auf ein eingereichtes Lernendenprojekt.

Anschließend an die Forschungsbeiträge werden vier Praxisbeiträge dargestellt. *Simeon Schwob* analysiert theoretisch, ob inhalts- und prozessbezogene mathematische Kompetenzen beim Programmieren mit dem Calliope mini erweitert werden

können und präsentiert erste Ergebnisse aus einer empirischen Untersuchung in der Praxis. *Laura Monz, Melanie Platz* und *Christina Bierbrauer* stellen erste Ergebnisse einer Erprobung der App Rechen-StAR vor, welche das Zwanzigerfeld und den Zahlenstrahl basierend auf Augmented Reality verknüpft. *Rebecca Klose, Christof Schreiber* und *Saskia Thomas* geben Einblicke in eine universitäre Veranstaltung mit Studienanfängerinnen und -anfängern, die die schulKI zum Mathematiklernen nutzen und leiten Chancen und Grenzen des Angebots ab. *Franziska Peters* und *Sebastian Schorcht* beschreiben die Entwicklung und Anwendung eines GTP-Netzwerks zur algorithmisch gestützten Aufgabenentwicklung.

Am Ende des Tagungsbandes werden drei verschiedene Demo-Beiträge vorgestellt. *Lara Kristina Billion* präsentiert den Prototypen der App StaLApp im Kontext statistischer Lernprozesse. *Lea Marie Müller* und *Kristin Altmeyer* stellen eine Augmented Reality App vor, mit der es möglich ist, zu individuell erstellten Bauplänen virtuelle Würfelgebäude auf einem Tablet anzeigen zu lassen. *Tim Lutz* schließt mit der Präsentation von drei selbst entwickelten, kostenlos zur Verfügung stehenden Apps: Die App Fingerbilder ML, ZahLegAR und Winkeralphabet ML.

Die Herausgeberinnen bedanken sich bei allen Beitragenden des Tagungsbandes sowie Teilnehmenden der 7. PriMaMedien-Sommertagung 2024 in Saarbrücken.

Saarbrücken und Osnabrück im Oktober 2024

Melanie Platz und Aileen Steffen-Delplanque

Literatur

- BMBF (2016). *Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft. Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung*. https://www.bmbf.de/pub/Bildungsoffensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf
- KMK (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung_digitale_Welt_Webversion.pdf
- KMK (2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Die ergänzende Empfehlung zur Strategie „Bildung in der digitalen Welt“* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 09.12.2021). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf
- KMK (2022). Bildungsstandards für das Fach Mathematik Primarbereich (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.10.2004, i.d.F. vom 23.06.2022). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2022/2022_06_23-Bista-PrimarbereichMathe.pdf
- KMK (2024). *Handlungsempfehlung für die Bildungsverwaltung zum Umgang mit künstlicher Intelligenz in schulischen Bildungsprozessen*. (Beschluss der Bildungsministerkonferenz vom 10.10.2024). https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_10_10-Handlungsempfehlung-KI.pdf

Jörg EFFKEMANN, Münster

Hürden beim Lernen und Lehren mit Lehr-Lernvideos im Arithmetikunterricht der Primarstufe

In diesem Beitrag wird der Frage nach möglichen Hürden beim Lernen und Lehren mit Lehr-Lernvideos im Mathematikunterricht der Primarstufe nachgegangen, welche sich zum einen in unterrichtlichen Untersuchungen und zum anderen in Leitfadeninterviews gezeigt haben. Hierzu ist eine substanzielle Lernumgebung zum Zahlengitter mit sogenannten Matheforschervideos angereichert und erprobt worden. Aus den beobachteten Hürden werden Implikationen für den Mathematikunterricht abgeleitet.

In this article, the question of possible obstacles in learning and teaching with educational videos is investigated, which have been revealed on the one hand in classroom studies and on the other in guided interviews. For this purpose, a substantial learning environment for the number grid was enriched and tested with so-called math research videos. Implications for mathematics classroom are derived from the obstacles observed.

1 Ausgangslage, Motivation und Forschungsinteresse

Bedingt durch die Schulschließungen in Folge der Corona-Pandemie (u. a. Wößmann et al., 2020) waren Lehrkräfte gefordert, einerseits ihre Schülerinnen und Schüler mit Lernaufgaben zu versorgen und andererseits z.B. durch Videounterricht Lernfortschritte sicherzustellen. Insbesondere in der Sekundarstufe I haben Lehrkräfte auch Erklärvideos eingesetzt (FORSA, 2020), um ihren Schülerinnen und Schülern Lerninhalte zu vermitteln. Mit Korntreff und Prediger (2021) kann festgehalten werden, dass diese jedoch unter fachdidaktischer Perspektive eher auf das Vermitteln prozeduraler Techniken beschränkt sind: „Als zentrale fachdidaktische Schwachstelle online-verfügbarer Erklärvideos wurde eine Dominanz kalkülorientierter Erläuterungen von Rechenwegen identifiziert“ (Korntreff & Prediger, 2021, S. 283). Daher fehlt es insbesondere an Lehr-Lernvideos, mithilfe derer Lernende konzeptuelles Wissen oder gar prozessbezogene Kompetenzen anbahnen können. Daraus ergibt sich ein Forschungsinteresse hinsichtlich der Fragen, wie Lehr-Lernvideos in den (Präsenz-)Unterricht der Primarstufe integriert werden können, wie Schülerinnen und Schüler mit Lehr-Lernvideos lernen, welche Hürden dabei entstehen und insbesondere inwieweit mithilfe von Lehr-Lernvideos auch prozessbezo-

Effkemann, J. (2025). Hürden beim Lernen und Lehren mit Lehr-Lernvideos im Arithmetikunterricht der Primarstufe. In M. Platz & A. Steffen-Delplanque (Hrsg.), *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Primarstufe 2024. Beiträge zur 7. PriMaMedien-Sommertagung 2024 in Saarbrücken. Band 12 der Reihe „Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien in der Primarstufe“* (S. 8–26). WTM-Verlag.

gene Kompetenzen gefördert werden können. Diese prozessbezogenen Kompetenzen können insbesondere anhand substanzieller Aufgabenformate gefördert werden (Frischemeier et al., 2022). Hierzu werden das Darstellen und das Argumentieren fokussiert, da insbesondere mit dem Medium Video mithilfe verschiedener Darstellungsweisen eine Begründung für Veränderungen in einem substanziellen Aufgabenformat visuell und sprachlich entwickelt werden kann.

2 Theoretischer Rahmen

2.1 Lehr-Lernvideo: Begriff und Arten, Gestaltungsprinzipien und Qualitätskriterien

Da verschiedene Begriffe im Kontext von Lehr-Lernvideos teils synonym genutzt werden (Borromeo Ferri & Szostek, 2020), scheint eine Abgrenzung der Begrifflichkeiten voneinander zu Beginn notwendig – insbesondere auch, da keine Eindeutigkeit bezüglich der Begriffe Lehrvideo und Lernvideo vorzufinden ist. Um dieser fehlenden Eindeutigkeit Rechnung zu tragen, schlagen Hoffart und Schneider (2022) den Begriff „Lehr-Lern-Video“ (S. 4) vor. Kennzeichen ist die Aufbereitung zentraler (mathematischer) Inhalte, welche multimedial und unter Berücksichtigung audiotiver und visueller Komponenten erfolgt. Ziel dieser Videos ist eine gezielte Unterstützung mathematischer Lehr-Lernprozesse (Hoffart & Schneider, 2022). Dementsprechend verstehen Frischemeier et al. (2022) unter dem Begriff *Lernvideo* (aus der Perspektive der Mathematikdidaktik) Videos, „die zu einer aktiven Auseinandersetzung mit gehaltvollen (mathematischen) Themen anregen und diese initiieren“ (S. 155), wohingegen in *Lehrvideos* mithilfe eines von Menschen überlegten Lehrkonzepts Sachverhalte durch Erklärungen verstehbar gemacht werden (Matthes et al., 2021). Die Zusammenführung beider Aspekte im Begriff Lehr-Lernvideo scheint demzufolge sinnvoll.

Mittlerweile kann eine Vielzahl verschiedener Lehr-Lernvideos ausgemacht werden. Infolgedessen sind auch verschiedene Arten unterscheidbar. „Erklärvideos sind eigenproduzierte Filme, in denen erläutert wird, wie man etwas macht oder wie etwas funktioniert bzw. in denen abstrakte Konzepte erklärt werden“ (Wolf, 2015, S. 123). Fokus von Erklärvideos ist demnach das Erklären (also eher die Lehrendenperspektive). Demgegenüber stehen Lernvideos, welche das Lernen in den Mittelpunkt rücken (also eher die Lernendenperspektive). Sogenannte mathematische Impulsvideos wollen ein Lernen initiieren und zugleich entsprechende Problemlösestrategien anbieten (Schnell & Schorcht, 2022). Während mathematische Impulsvideos bisher vornehmlich für den Einsatz bei Studierenden konzipiert sind, werden Entdeckerfilme im Mathematikunterricht der Primarstufe eingesetzt (Römer & Nührenbörger, 2018). Derartige Lehr-Lernvideos stellen alltagsnahe mathematische Situationen modellhaft dar und zielen auf ein aktiv-entdeckendes und sozial-interaktives Lernen. Lernende werden in Entdeckerfilmen angeregt, mathematische Situationen eigenständig zu erkunden, zu beschreiben, zu hinterfragen, zu begründen, zu

vermuten, auszuprobieren und weiterzudenken (Rink & Walter, 2020). Zwei weitere Lehr-Lernvideoarten sind Erkundervideos bzw. Erfindervideos mit Aktivierung (Vogel & Billion, 2021). Auch diese Videos sind für den Einsatz im Mathematikunterricht gedacht. Diese Lehr-Lernvideoarten spannen eine mathematikhaltige Alltagssituation auf, welche mit ihren mathematischen Aspekten in Erkundervideos sowohl gestisch als auch handelnd deutlich werden. Jedoch fehlt eine lautsprachliche explizite Formulierung. Lernende erkunden diese Situation mithilfe zugehöriger Aufgaben. Erfindervideos stellen anders als die Erkundervideos das mathematische Potential nicht nur gestisch und handelnd, sondern auch lautsprachlich dar. Im Anschluss bearbeiten die Lernenden ebenfalls entsprechende Aufgaben, um mathematische Regeln aus dem Video zu übertragen und weiterzuentwickeln (Vogel & Billion, 2021). Insgesamt kann festgehalten werden, dass verschiedene Lehr-Lernvideoarten für den Einsatz im Grundschulmathematikunterricht konzipiert und erforscht werden. Es wird auch deutlich, dass es vornehmlich Lehr-Lernvideos sind, die einen Lernprozess initiieren, jedoch weniger begleiten und unterstützen.

Während auf der einen Seite immer mehr Lehr-Lernvideoarten entstanden sind, ist auf der anderen Seite u.a. in der Mediendidaktik untersucht worden, wie insbesondere Erklärvideos gestaltet und produziert werden können (Schön & Ebner, 2020). Hierzu zählen u.a. das „Multimedia-Prinzip“, das „Prinzip der kleinen Sequenzen“ oder das „Prinzip der Kohärenz“ (Schön & Ebner, 2020, S. 77). Auf der anderen Seite sind in zahlreichen Untersuchungen Kriterien zur Qualitätsbeurteilung von Erklärvideos zusammengetragen worden (z.B. Korntreff & Prediger, 2021; Kulgemeyer, 2018; Marquardt, 2016). Während die von Marquardt (2016) herausgearbeiteten Qualitätskriterien vornehmlich für die Hand von Lehrkräften gedacht sind, hat insbesondere Kulgemeyer (2018) Kriterien aus verschiedenen Forschungsprojekten gewonnen. Eine Zusammenschau diverser Forschungsergebnisse geben Korntreff und Prediger (2021). Sie klassifizieren neben inhaltlichen Qualitätskriterien wie der fachlichen und sprachlichen Korrektheit, der Einbettung in sinnstiftende Kontexte, einer Verstehensorientierung statt reiner Kalkülorientierung und einer ausreichenden Begründung von Aussagen, insbesondere auch Kriterien der kognitiven Aktivierung. Dazu zählen neben der teils eigenständigen Erarbeitung durch Zuschauende auch die Einbindung von Aufgaben zur aktiven Auseinandersetzung. Darüber hinaus geben sie mediale Gestaltungskriterien und Kriterien zur Adaptivität an (Korntreff & Prediger 2021). Zentral für die Gestaltung von Lehr-Lernvideos kann demzufolge festgehalten werden, dass insbesondere darauf zu achten ist, dass Lernende während des Videos kognitiv aktiviert werden müssen, adressaten- und fachgerechte Sprache verwendet und ein Verstehen durch die Lernenden angestrebt wird. Zudem gilt es die entsprechenden medien- und insbesondere fachdidaktischen Kriterien zur Gestaltung von Lehr-Lernvideos zu berücksichtigen.

2.2 Lernen mit Lehr-Lernvideos

Das Lernen mit digitalen Medien – demnach insbesondere auch mit Lehr-Lernvideos – sollte sich entsprechend der Sichtweise der empirischen Lehr-Lern-Forschung daran orientieren, „wie Menschen Informationen verarbeiten und im Gedächtnis speichern“ (Scheiter et al., 2022, S. 37). Lernen kann dementsprechend vereinfacht „als die Wahrnehmung, Enkodierung und Speicherung von Informationen im Gedächtnis“ (Scheiter et al., 2022, S. 38) verstanden werden. Es gilt demzufolge den Prozess der Informationsverarbeitung bei der Erstellung digitaler Lernmedien im Blick zu haben. Hierbei werden Informationen entsprechend dem Dreispeichermodell nach Atkinson und Shiffrin (1968) weiterverarbeitet. Bezüglich der Speicherung im Langzeitgedächtnis finden sich verschiedene Positionen wieder: Neben der Annahme einer symbolischen Repräsentation gemäß der ACT-R- Theorie nach Anderson (1983) findet sich auch die Annahme, dass es zwei kognitive Subsysteme sind, „von denen eines auf die Repräsentation und Verarbeitung nonverbaler Objekte und Ereignisse und das andere auf den Umgang mit Sprache (als symbolische Repräsentation) spezialisiert ist“ (Scheiter et al., 2022, S. 41). Aufbauend auf den dargelegten Hintergründen zur Informationsverarbeitung geben die *Cognitive Load Theory* (Sweller et al., 1998) und die *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (Mayer, 2009) maßgebliche Impulse für die Gestaltung digitaler Lernmedien (vgl. 2.1). Jeder Lerninhalt birgt eine kognitive Grundbelastung aufgrund seiner Komplexität, weshalb kognitive Ressourcen von Lernenden einerseits zielgerichtet genutzt werden sollten und andererseits eine lernirrelevante kognitive Belastung vermieden werden sollte. Hierzu muss zwischen einer intrinsischen, einer extrinsischen und einer lernförderlichen kognitiven Belastung unterschieden werden (Scheiter et al., 2022). Mayers *Cognitive Theory of Multimedia Learning* betont außerdem die Art, wie Informationen eingehen: „gesprochener vs. geschriebener Text vs. bildhafte Informationen“ (Scheiter et al., 2022, S. 42). Empfehlung ist daher, dass Lernmedien so gestaltet werden, „dass die Wahrscheinlichkeit einer dual kodierten Wissensrepräsentation im Langzeitgedächtnis erhöht wird“ (Scheiter et al., 2022, S. 42).

Einen Überblick, wie im Unterricht insbesondere mit Erklärvideos gearbeitet wird, geben Wolf und Kulgemeyer (2021): Sie stellen dar, dass entweder Lehrkräfte für andere Lehrkräfte oder für Schülerinnen und Schüler Erklärvideos produzieren und zur Verfügung stellen. Eine andere Variante ist, dass Schülerinnen und Schüler Erklärvideos erstellen und für Mitschülerinnen und Mitschüler zur Verfügung stellen, bzw. Erklärvideos zur Diagnostik bzw. Leistungsbewertung erstellen (Wolf & Kulgemeyer, 2021). Als mögliche Einbindungsszenarien in den Unterricht geben die Autoren die Möglichkeiten zur individuellen Vertiefung von Lerninhalten, zur Wiederholung und Differenzierung mithilfe von Erklärvideos an (Wolf & Kulgemeyer, 2021). Darüber hinaus finden Lehr-Lernvideos oftmals im *flipped classroom* Verwendung (Werner et al., 2018). Konkrete Vorschläge zum Einsatz von Lehr-Lern-

videos in den Grundschulmathematikunterricht untersuchen Römer und Nührenbörger (2018) sowie Vogel und Billion (2021). Mithilfe dieser Lehr-Lernvideos werden Lernprozesse initiiert und konkrete Anregungen zum Vorgehen angeregt.

Lehr-Lernvideos nehmen zusammenfassend verschiedene Funktionen für das Lernen und Lehren im Mathematikunterricht ein. Neben der vorbereitenden Funktion im flipped classroom werden insbesondere solche Lehr-Lernvideos beforscht, die Lernprozesse initiieren sollen. Auch die Funktionen der Wiederholung und Vertiefung sowie zur Differenzierung im Mathematikunterricht sind in der Unterrichtspraxis gängig. Jedoch zeigt sich an dieser Stelle eine Forschungslücke. Denn es fehlt an Lehr-Lernvideos, die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung substanzieller Aufgabenformate verwenden können, um Möglichkeiten der Lösungsdarstellung zu erarbeiten und um Begründungen zu entwickeln.

2.3 Darstellen und Argumentieren

Mit Blick auf die Lernumgebung zum Zahlengitter sowie auf die Matheforschervideos, mit deren Hilfe Schülerinnen und Schüler in der Weiterentwicklung ihrer prozessbezogenen Kompetenzen des Darstellens und Argumentierens unterstützt werden sollen, ist es zunächst notwendig diese genauer darzustellen. Mit Toulmin (1996) entstammen Argumente beim mathematischen Argumentieren aus der Mathematik selbst und sind formallogisch streng miteinander verknüpft (Brunner, 2019). Bezold (2010) stellt vier „grundschulspezifische Komponenten des Argumentierens“ (Bezold, 2010, S. 3) dar, welche das Argumentieren als ein sich entwickelnder Prozess charakterisieren. Während Schülerinnen und Schüler zunächst den Lerngegenstand erkunden, machen sie erste Entdeckungen. Um diese Entdeckungen herauszustellen, sind wiederum Forschermittel und mathematische Darstellungen notwendig. Damit wird im Sinne von Krauthausen und Scherer (2007) das Denken veräußert. Der zweite Baustein nach Bezold (2010), das Beschreiben von Entdeckungen, nutzt die sprachliche Darstellung der Entdeckungen. Bezold (2010) folgend stellt dies den Start in eine Argumentationskette dar, welche im Folgenden durch das Hinterfragen und schließlich das Begründen der Entdeckungen fortgesetzt wird. In diesen Bausteinen wird demnach eine hohe Anforderung an die sprachlichen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler gestellt. Es wird deutlich, dass das Darstellen und das Argumentieren eng miteinander verwoben sind: das Darstellen von Entdeckungen und Zusammenhängen mithilfe von Forschermitteln und anderen mathematischen Darstellungen kann als vorbereitende Tätigkeit für einen argumentativen Prozess betrachtet werden, da Darstellungsmittel als „strategische Hilfsmittel zur Problemlösung“ dienen (Dedekind, 2012, S. 3). Um eine Begründung darzustellen, ist die Darstellung mittels Sprache neben anderen Darstellungsweisen bedeutsam. Da diese jedoch zugleich Lerngegenstand, Lernmedium und Lernhürde ist (Prediger 2020; Meyer & Tiedemann 2017), müssen Schülerinnen und Schüler an dieser Stelle unterstützt werden. Salle et al. (2023) legen dar, dass „Darstellungen

genutzt werden, um mathematische Inhalte zu entdecken, mit ihnen zu experimentieren, Vermutungen zu überprüfen und sie zu beweisen“ (S. 437). Dies muss entsprechend mit Schülerinnen erlernt und geübt werden, damit Lernende Darstellungen selbst entwickeln lernen, um „Lösungswege oder mathematische Sachverhalte zu strukturieren, zu veranschaulichen oder zu beweisen“ (ebd.).

3 Forschungsfragen

Wie oben dargelegt, fehlt es an Lehr-Lernvideos, die nicht nur Lernprozesse initiieren, sondern auch begleiten und weiterentwickeln. Insbesondere stellen Wolf und Kulgemeyer (2021) fest, dass Forschungsdesiderate im Umgang von Schülerinnen und Schülern mit (Erklär-)Videos und zur Einbindung von (Erklär-)Videos in Lernumgebungen bestehen. Dementsprechend stellen sich die Fragen, (1) wie mit Lehr-Lernvideos das Erkunden substanzieller Aufgaben unterstützt werden kann. Auch ist zu untersuchen, (2) wie mithilfe von Lehr-Lernvideos eine Förderung prozessbezogener Kompetenzen, insbesondere des Darstellens und Argumentierens, unterstützt werden kann und (3) welchen Hürden einerseits die Schülerinnen und Schüler und andererseits auch die Lehrkräfte begegnen. Darüber hinaus stellt sich die Frage, (4) wie insbesondere Grundschülerinnen und Grundschüler mit Lehr-Lernvideos arbeiten. In diesem Beitrag wird der Frage nach möglichen Hürden beim Lernen und Lehren mit Lehr-Lernvideos im Arithmetikunterricht der Primarstufe nachgegangen.

4 Forschungsdesign und Methoden

4.1 Design der substanziellen Lernumgebung Zahlengitter

Zur Beantwortung der Forschungsfragen ist es notwendig, zunächst eine mit Lehr-Lernvideos angereicherte substanzielle Lernumgebung zu entwickeln. Das substanzielle Aufgabenformat Zahlengitter ist dazu ausgewählt worden. Ein Zahlengitter ist als 3x3-Feld aufgebaut und folgende Vorschrift liegt dem Aufgabenformat zugrunde: Oben links befindet sich die Startzahl. Auf dem oberen Pfeil, der nach rechts zeigt, befindet sich die obere Pluszahl, während neben dem Pfeil nach unten an der linken Seite die linke Pluszahl sich befindet. Mit der oberen Pluszahl wird nach rechts gerechnet und mit der linken Pluszahl rechnet man nach unten. Die Zahl in der Mitte des Zahlengitters heißt Mittelzahl und die Zahl unten rechts ist die Zielzahl. Die übrigen Zahlen am Rand werden Randzahlen genannt.

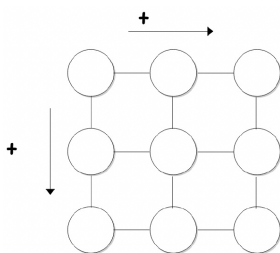


Abbildung 1: leeres Zahlengitter

Das substanzielle Aufgabenformat Zahlengitter (Selter, 2004) bietet entsprechend des operativen Prinzips vielfältige Erkundungsmöglichkeiten (u.a. Auswirkungen einer Veränderung der Startzahl auf die Zielzahl, einer Veränderung einer Pluszahl auf die Zielzahl), so dass sowohl inhaltsbezogene aber vor allem prozessbezogene Kompetenzen gefördert werden können (Selter, 2004). Substanzielle Lernumgebungen sind insbesondere geeignet, um prozessbezogene Kompetenzen zu fördern (Selter, 2009).

Für die Hand der Schülerinnen und Schüler werden alle Bestandteile der Lernumgebung sukzessiv zu einem Forscherheft zusammengefügt. Zur Unterstützung des Lernens ist die Lernumgebung durch einen Sprachspeicher (Götze, 2015) ergänzt worden. Neben den Bezeichnungen einzelner Zahlen im Zahlengitter umfasst der Sprachspeicher auch Satzbausteine zum Beschreiben und Begründen von Entdeckungen. Dieser dient demzufolge insbesondere der Unterstützung beim Versprachlichen von Entdeckungen, Beschreibungen und Begründungen (Götze, 2015) und steht den Schülerinnen und Schülern einerseits als Aushang im Klassenraum und andererseits in gedruckter Form im Forscherheft nach einer Einführung im Unterricht zu Verfügung. Bei den Erkundungen einzelner Forscheraufträge werden immer wieder Forschermittel (in Anlehnung an PikAs, o. J.) angeregt. Auch diese werden im Unterricht aufgegriffen. Hierzu lernen die Schülerinnen neben den Schritten und Strategien zum Forschen vor allem die Mittel zum Forschen und deren Anwendung kennen. Sowohl die sprachlichen Hilfen als auch die Verwendung von Forschermitteln werden einerseits auf den Aufgabenblättern schriftlich und visuell angeregt und andererseits insbesondere auch in den in die Lernumgebung eingebundenen Lehr-Lernvideos (Matheforschervideos genannt) aufgegriffen, wenn iterativ und auch interaktiv die Entwicklung einer Begründung erfolgt.

4.2 Design der Matheforschervideos

Matheforschervideos werden im Screencast-Format produziert, um unnötige Perspektivwechsel für die Lernenden zu vermeiden. Zunächst wird eine problemhaltige Forscheraufgabe zu einem substanziellen Aufgabenformat präsentiert und der Lernauftrag gegeben. Das Matheforschervideo stoppt automatisch mit dem Arbeitsauftrag. Anschließend erkunden Lernende die Forscheraufgabe selbstständig (zunächst ohne das Matheforschervideo zu verwenden).

Da Matheforschervideos als Hilfe während des Lösungsprozesses gedacht sind, können Lernende selbstständig auf das Matheforschervideo zurückgreifen, sofern sie Unterstützung benötigen. So erarbeiten sich Lernende mit Hilfe des Matheforschervideos Wege der Lösungsdarstellung und machen unter Verwendung mathematikdidaktischer Darstellungsweisen (sogenannter Forschermittel) interaktiv Muster in substanziellen Aufgabenformaten kenntlich.



Abbildung 2: Screenshot vom Arbeitsauftrag im Matheforschervideo

Die Summe der Pluszahlen ist immer 10.

Die Pluszahlen sind immer getauscht.

Zu jedem Pluszahlenpaar gibt es ein Tauschpaar
 (0+10 und 10+0,
 1+9 und 9+1,
 2+8 und 8+2,
 3+7 und 7+3,
 4+6 und 6+4),
 außer zu 5 und 5.

Abbildung 3: Screenshot beispielhafte Lösungsdarstellung und Interaktionen

Mithilfe interaktiver Elemente können Schülerinnen und Schüler eine Begründung entwickeln. Es werden darüber hinaus insbesondere sprachliche Hilfen in Form interaktiver Aufgaben zur Beschreibung und Begründung dieser Muster erarbeitet. Damit soll mathematisches Argumentieren gefördert werden.

Abbildung 4: interaktive, sprachliche Erarbeitung einer Begründung

Matheforschervideos stellen eine weitere Lehr-Lernvideoart zu den oben dargelegten Arten dar. Diese Erweiterung scheint aus mehreren Gründen notwendig: Wie im Kapitel 2.1 dargelegt worden ist, existieren bisher nur wenige Lehr-Lernvideos, die mit interaktiven Aufgaben aufbereitet sind, so dass bereits dadurch eine hohe kognitive Aktivierung der Lernenden angestrebt werden kann. Auch dienen diese interaktiven Elemente als eine Form von Verstehenselementen. So soll ein Verstehen der Begründungen erzielt werden. Dies soll insbesondere zu einer Vermeidung der von Kulgemeyer (2018) dargelegten Problematik der Verstehensillusion beitragen: Schülerinnen und Schüler gehen zusammen mit dem Matheforschervideo den Weg von der Lösungsfindung zur Begründung. Darüber hinaus sind die mediendidaktischen Prinzipien nach Schön und Ebner (2020) bei der Erstellung der Matheforschervideos berücksichtigt worden, da diese auf den kognitionspsychologischen Erkenntnissen nach Mayer (2009) basieren. Insbesondere ist auf eine an Grundschulkindern angepasste sprachliche Gestaltung, eine Entlastung des Arbeitsgedächtnisses

durch Zusammenfassungen und eine dual kodierte Darbietung zentraler Erkenntnisse geachtet worden, wodurch die kognitive Belastung reduziert werden soll. Durch den Einsatz bei der Erkundung substanzieller Aufgaben und die anvisierte Förderung prozessbezogener Kompetenzen werden insbesondere mathematikdidaktische Prinzipien berücksichtigt. Matheforschervideos initiieren einen Lernprozess und unterstützen Lernende beim Finden und Verbalisieren einer Begründung von Mustern innerhalb des substanziellen Aufgabenformats. Da das Verbalisieren und besonders das Verschriftlichen von Begründungen Schülerinnen und Schülern Probleme bereitet (Götze, 2019), bieten Matheforschervideos hierbei Unterstützung, indem diese iterativ gemeinsam mit den Lernenden erarbeitet werden (interaktive Aufgaben innerhalb des Matheforschervideos).

4.3 Datenerhebungs- und Auswertungsmethodik

Die Datengewinnung erstreckt sich auf zwei Arten: einerseits werden Erprobungen im Mathematikunterricht verschiedener vierter Grundschulklassen durchgeführt, um so mögliche Hürden beim Lernen und Lehren mit Lehr-Lernvideos zu erkennen; andererseits werden Zweiertteams von Kindern im Nebenraum bei der Bearbeitung einer Forscheraufgabe zum Zahlengitter beobachtet (im Weiteren „Leitfadeninterviews“ genannt), um so gezielt Erkenntnisse speziell zum Lernen mit den Matheforschervideos zu gewinnen. Nach Cobb et al. (2003) handelt es sich demnach einerseits um „Classroom experiments“ und zu anderen um „One-on-one“- Untersuchungen (Cobb et al., 2003, S. 9). Letztere werden einerseits vom Autor selbst, aber auch von Masterstudierenden durchgeführt, während Erprobungen im Mathematikunterricht von vierten Grundschulklassen durch die jeweilige Mathematiklehrkraft und dem Autor geplant, durchgeführt und reflektiert werden.

Die unterrichtliche Umsetzung sowie die Leitfadeninterviews werden videografiert. Für die Leitfadeninterviews wurde der Interviewleitfaden von Höveler (o. J.) adaptiert und erweitert (Beck & Maier, 1993). Hierzu wurden insbesondere Impulse zum Lernen mit den Matheforschervideos ergänzt sowie vorhandene Impulse entsprechend angepasst. Bei der anschließenden Transkription des Videomaterials sind die entsprechenden Transkriptionsregeln nach Dresing und Pehl (2015) zugrunde gelegt worden.

Zur Auswertung des Datenmaterials und zur Beantwortung der Forschungsfrage nach Hürden beim Lernen und Lehren mit Lehr-Lernvideos erfolgte eine strukturierende qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2010). Hierzu wurden vorliegende Transkripte analysiert und induktiv entsprechende Kategorien bzgl. möglicher Hürden beim Lernen und Lehren mit Lehr-Lernvideos gewonnen. Als Hürde werden in diesem Zusammenhang mögliche Faktoren verstanden, welche einerseits Schülerinnen und Schüler stören oder hindern mit den Lehr-Lernvideos zu lernen. Andererseits sind Hürden beim Lehren all die Umstände, die für Lehrkräfte einen reibungslosen Unterrichtsablauf verhindern. Zur Ausschärfung der Hauptkategorien wurden Unterkategorien gebildet, um diese weiter zu differenzieren.