

Brandt, Birgit [Hrsg.]; Bröll, Leena [Hrsg.]; Dausend, Henriette [Hrsg.]

Digitales Lernen in der Grundschule III. Fachdidaktiken in der Diskussion

Münster ; New York : Waxmann 2022, 408 S.



Quellenangabe/ Reference:

Brandt, Birgit [Hrsg.]; Bröll, Leena [Hrsg.]; Dausend, Henriette [Hrsg.]: Digitales Lernen in der Grundschule III. Fachdidaktiken in der Diskussion. Münster ; New York : Waxmann 2022, 408 S. -
URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-258305 - DOI: 10.25656/01:25830

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-258305>

<https://doi.org/10.25656/01:25830>

in Kooperation mit / in cooperation with:



WAXMANN
www.waxmann.com

<http://www.waxmann.com>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. der Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden. Die neu entstandenen Werke bzw. Inhalte dürfen nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergegeben werden, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public and alter, transform or change this work as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work. If you alter, transform, or change this work in any way, you may distribute the resulting work only under this or a comparable license.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft



Birgit Brandt, Leena Bröll, Henriette Dausend (Hrsg.)

Digitales Lernen in der Grundschule III

Fachdidaktiken in der Diskussion

WAXMANN

Birgit Brandt, Leena Bröll,
Henriette Dausend (Hrsg.)

Digitales Lernen in der Grundschule III

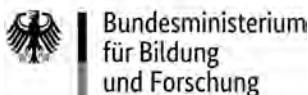
Fachdidaktiken in der Diskussion



Waxmann 2022
Münster · New York

Dieses Buch ist ein Ergebnis des Chemnitzer Projekts „Digitale Lernumgebungen in der Grundschule (DigiLeG)“ und wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 01JA2019 gefördert.

GEFÖRDERT VOM



Die Verantwortung für den Inhalt dieses Buches liegt bei den Herausgeberinnen und Autor:innen.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

ISBN Print 978-3-8309-4591-8

ISBN E-Book 978-3-8309-9591-3

DOI <https://doi.org/10.31244/9783830995913>

© Waxmann Verlag GmbH, 2022
Steinfurter Straße 555, 48159 Münster

www.waxmann.com
info@waxmann.com

Umschlagges Breitenbach, Münster
Titelbild: © B shutterstock.com
Satz: satz&soi Düsseldorf

Dieses Werk ist unter der Lizenz CC BY-NC-SA 4.0 veröffentlicht:
Namensnennung – Nicht-kommerziell –
Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)



Inhalt

Editorial

Birgit Brandt, Leena Bröll und Henriette Dausend

Digitales Lernen in der Grundschule III.	
Fachdidaktiken in der Diskussion	9

Plenarvorträge

Daniel Walter

Mathematikunterricht mit digitalen Medien.	
Eine fachdidaktische Perspektive	19

Philippe Wampfler

Postdigitaler Unterricht an der Grundschule.	
Eine Einführung	40

Vorträge

Laura Abt

,RoboMath‘	
Ein Förderkurs für begabte Kinder zur Erarbeitung ebener Figuren	
mit einem Lernroboter	54

Vinzent Ahlbach

Podcasting im Sachunterricht.	
Digitalisierung hör- und sichtbar machen	68

Leena Bröll und Gesine Andersen

Die Funktionsweise von digitalen Medien verstehen.	
Am Beispiel der Audiobox	82

Jutta Dämmer, Lisa Wünsche-Papazissi und Michael Krelle

Digitale und analoge Angebote zum schriftsprachlichen Lernen auf	
Distanz (SchLau D)	95

Frederik Dilling

Entwicklung von Voice-Apps für den Mathematikunterricht	109
---	-----

<i>Frederik Dilling und Amelie Vogler</i>	
Programmieren im Mathematikunterricht.	
Arithmetische und geometrische Zusammenhänge mit Scratch erkunden	121
<i>Lena Florian und Heiko Etzold</i>	
Grenzen, Zwänge, Möglichkeiten – Klötzchen im Vergleich.	
Darstellung einer Pilotierung	138
<i>Daniel Frischemeier, Melanie Maske-Loock und Joscha Müller-Späth</i>	
Einsatz von Erklärvideos im Mathematikunterricht der Grundschule.	
Ein möglicher Zugang mit digitalen Pinnwänden	154
<i>Heike Hagelgans und Jacqueline Simon</i>	
„Ingenuity“ – ein Helikopterflug auf dem Mars.	
Ein Scratchprojekt in der Primarstufe	170
<i>Sarah Hellwig</i>	
Lernen und Fördern mit E-Books.	
Förderung individueller Kompetenzen von Schüler:innen im inklusiven Sachunterricht der Grundschule	184
<i>Tobias Huhmann und Chantal Müller</i>	
Im Spektrum analoger und digitaler Medien.	
Darstellen, Darstellungen und Darstellungstransferprozesse	198
<i>Simone Jablonski, Simon Barlovits & Matthias Ludwig</i>	
Adaptiv – Synchron – Online.	
Digitale Lernpfade mit MathCityMap@home	212
<i>Luisa Lauer und Markus Peschel</i>	
Praxisideen für Augmented Reality (AR) im naturwissenschaftlich- orientierten Sachunterricht	227
<i>Anna Löbig, Jessica Kluge und Meike Breuer</i>	
Nutzung digitaler Medien im fächerübergreifenden Sportunterricht.	
Entwicklung einer Unterrichtskonzeption aus der Themenwelt Roboter und Programmieren	239
<i>Anna Merle und Karin Vogt</i>	
Nachhaltige Implementierung von digitalen Elementen in den Deutsch-, Mathematik- und Sachkundeunterricht der Grundschule	253

<i>Wenke Mückel</i>	
Von Übergang zu Übergang: Ein digitales Lernportfolio als Übergangshilfe und Begleiter in der Grundschulzeit	267
<i>Melanie Platz</i>	
Wie beweisen Kinder in der Primarstufe? Entwicklung einer Lernumgebung, in der digitale Medien eingesetzt werden	281
<i>Magdalena Richter und Leena Bröll</i>	
Escape Rooms. Spielend lernen im Sachunterricht	296
<i>Bianca Roters</i>	
Früher Fremdsprachenunterricht auf Distanz. Neue professionstheoretische Fragen und unterrichtliche Herausforderungen bei der Gestaltung von Lernaufgaben	309
<i>Christoph Schäfer und Birgit Brandt</i>	
Sachrechnen digital kompetent. Einsatzmöglichkeiten der App <i>Book Creator</i> im Mathematikunterricht der Grundschule	323
<i>Tamara Schilling und Anne Frenzke-Shim</i>	
WebQuests im Deutschunterricht. Ein Instrumentarium zur Ausgestaltung	338
<i>Johanna Schlieben (geb. Heinrichs)</i>	
Testinstrumentenentwicklung zur Messung grundlegender Programmierkompetenz im Sachunterricht	353
<i>Daniel Thurm & Pia Kühn</i>	
Mehr als richtig oder falsch? Digitales formatives Selbst-Assessment verstehensorientiert gestalten ..	367
<i>Kirsten Winkel und Silke Ladel</i>	
Heterogenen Lernvoraussetzungen digital gerecht werden. Digitale Werkzeuge zur Unterstützung des Arbeitsgedächtnisses im Mathematikunterricht der Grundschule	381
<i>Mira Wittenberg und Barbara Schmidt-Thieme</i>	
Die fundamentale Idee ‚Algorithmus‘ im Mathematikunterricht der Primarstufe	394

Digitales Lernen in der Grundschule III

Fachdidaktiken in der Diskussion

1. Digital unterstütztes Lernen in der Grundschule: Standard oder Trend?

Die Digitalisierung von Gesellschaft und damit auch von Schule schreitet immer weiter voran. Dabei ist die außerschulische Nutzung von digitalen Anwendungen zu einer Normalität geworden. Schüler:innen, Lehrende, Eltern und viele Akteure mehr nutzen eine Vielzahl digitaler Anwendungen in ihrem alltäglichen Leben. Dieser enorme Nutzen digitaler Anwendungen kann und sollte im Bereich des institutionellen Lernens als einem Teil der gesellschaftlichen Lebenswelt widergespielt werden. Zum einen geht es immer mehr darum, die Erfahrungen von Lernenden wie Lehrenden im Umgang mit digitalen Anwendungen zum Lehren und Lernen in der Schule zu nutzen. Zum anderen bleibt nach wie vor darauf hinzuweisen, dass gerade in der Schule Kompetenzen zu einem sicheren und zielgerichteten Umgang mit digitalen Anwendungen geschult werden können und sollten.

Folglich ist die Einbindung digitaler Anwendungen in Lehr-Lernkontexte nur ein logischer Schluss unserer gesamtgesellschaftlichen Entwicklung in Bezug auf Digitalität. Denn in kurz- wie auch mittelfristiger Zukunft ist ein weiteres Wachstum und erhöhte Ausdifferenzierung digitaler Anwendungen zu erwarten. Daher sind Lehrende wie Lernende angehalten, digitale Anwendungen sowohl in ihren Chancen als auch ihren Grenzen zu erfassen und angemessen nutzen zu lernen. Denn nur durch das Handeln als solches und die Nutzung digitaler Angebote lassen sich authentische und differenzierte Lernmöglichkeiten in allen Fächern schaffen. Dabei soll es vor allem um eine integrierte Anwendung gehen, die Digitalität immer dann zur Förderung von Kompetenzen nutzt, wenn dieses hilfreich erscheint.

Bei der Nutzung digitaler Anwendungen in der Schule muss daher unbedingt ein Ziel sein, die Kompetenzen der Lehrenden im Umgang mit digitalen Anwendungen bezogen auf ihr jeweiliges Fach zu stärken. Neben den reinen Kompetenzen der Handhabung gilt es ein Selbstbewusstsein unter den Lehrenden zu entwickeln, welches es ihnen ermöglicht, digitale Anwendungen selbstverständlich auf ihren Nutzen hin zu prüfen und einzusetzen. Ein sol-

ches *mind-set* (Dausend, 2022) erlaubt es den Lehrenden, individuell digitale Anwendungen je nach Lehr-Lernsituation auszuwählen, ohne jedem gesellschaftlichen Trend folgen zu wollen.

Politisch werden die Wünsche der vermehrten Normalisierung des digitalen Lernens in der Schule durch vielfältige Initiativen unterstützt. Nach wie vor zentral ist das Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“ der Kultusministerkonferenz (KMK, 2016), welches den Bundesländern als Grundlage zum Verfassen von detaillierteren Kompetenzbeschreibungen dient. Ergänzend konnten durch den Digitalpakt seit 2019 vermehrt digitale Infrastrukturen in den Schulen geschaffen werden. Auch im Bereich der Forschung entstehen immer neue Projekte, welche die Nutzung digitaler Anwendungen im Bereich der Schule fokussieren. So beschäftigen wir uns in Chemnitz im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung im Projekt DigiLeG¹ mit dem Einsatz digitaler Werkzeuge im Grundschulunterricht und arbeiten mit Studierenden und Lehrkräften zusammen, um Lernumgebungen zu entwickeln und in der Praxis zu testen.

Mit dem Ziel, sowohl im Bereich des Unterrichtens in Schulen als auch in der Forschung an Hochschulen neue Impulse zu setzen, wurde das Symposium „Lernen digital“ ins Leben gerufen. Zum dritten Mal konnten im Rahmen unseres Formates Ideen und Erkenntnisse aus verschiedenen Fächern präsentiert, diskutiert und miteinander verbunden werden. Auf diese Weise sollen unterrichtspraktische Ideen untereinander ausgetauscht, neueste Forschungserkenntnisse lanciert und das benannte Selbstbewusstsein im Umgang mit digitalen Anwendungen unter Lehrenden und Forschenden gestärkt werden.

2. Das „3. Symposium Lernen digital: Fachliche Lernprozesse im Elementar- und Primarbereich anregen“

Im Anschluss an zwei erfolgreiche Symposien im Frühjahr 2017 (Brandt & Dausend, 2018) und Frühjahr 2019 (Brandt, Bröll & Dausend, 2020) fand am 16. und 17. März 2021 die dritte Veranstaltung der Reihe „Lernen digital“ an der Technischen Universität in Chemnitz statt. Diesmal luden erneut die Fachdidaktik Englisch (Prof. Dr. Henriette Dausend) sowie Grundschuldidaktiken Mathematik (Prof. Dr. Birgit Brandt) und Sachunterricht (Prof.

¹ Das Projekt DigiLeG wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Dr. Leena Bröll) zu einem fachübergreifenden Diskurs von Forschenden und Lehrenden im gesamten deutschsprachigen Raum ein. Aufgrund der aktuellen Covid-19-Pandemie wurde das Symposium in diesem Durchgang digital veranstaltet. So konnten spannende Vorträge erlebt und Impulse zur Diskussion gesetzt werden. Vielfältige Ideen und Erkenntnisse aus der Forschung sowie der Unterrichtspraxis der verschiedenen Fächer konnten aufgezeigt und miteinander verbunden werden.

Den Ausgangspunkt für die gemeinsame Diskussion bildeten drei Plenarvorträge, die sowohl fachlich fokussiert als auch fächerübergreifend ausgerichtet waren. Im ersten Vortrag sprach Prof. Dr. Thomas Irion zum Thema ‚Digitale Grundbildung und fachliches Lernen – Begründungsdiskurse, Zieldimensionen, Gestaltungsansätze‘. Irion zeigte Ziele auf, die eine digitale Grundbildung in der Schule braucht und benannte den Kontext, welcher für die Umsetzung nötig ist. In seinem Vortrag zeigte er Facetten auf, die für alle Fächer relevant waren. Dr. Daniel Walter beschloss den ersten Tag mit seinem mehr fachspezifischen Vortrag mit dem Titel ‚Mathematikunterricht mit digitalen Medien – vom Fach aus!‘. Er benannte Beispiele, wie es gelingen kann, die allgemein gehaltenen Kompetenzbeschreibungen zum digitalen Lernen unmittelbar für den Mathematikunterricht in der Grundschule anwendbar zu machen. Am zweiten Tag konnte Philippe Wampfler zu einer interessanten Diskussion beitragen, indem er die Frage ‚Was bedeutet postdigitaler Unterricht für die Grundschule?‘ beleuchtete. Er argumentierte, dass eine Debatte darum, *ob* digitale Medien genutzt werden sollten, überholt ist. Vielmehr sollte überlegt werden, *wie* Kompetenzen in einem Umfeld, das von Digitalität geprägt ist, nachhaltig aufgebaut werden können. Die Plenarvorträge wurden durch ein Graphic Recording von Sandra Schulze (www.sandraschulze.com) visuell zusammengefasst.

Impulse dieser drei Plenarvorträge wurden in vielfältigen Gesprächen im Rahmen der Vorträge von Forschenden, Studierenden, Lehrkräften sowie Referendar:innen aus allen Fächern aufgegriffen und vertieft. Zudem war es möglich, sich im Rahmen eines digitalen Cafés auszutauschen. Diese Vernetzung von Forschenden und Praktiker:innen konnte abermals bewirken, dass Aktivitäten und Erkenntnisse zusammengetragen werden, die den Einsatz digitaler Medien weniger aus mediendidaktischer bzw. -pädagogischer Perspektive reflektieren, sondern vorrangig fachdidaktische Fragen in den Blick nehmen.

by Sandra Schulze (www.s-andraschulze.com)

Symposium Lernen digital 2024

Digitale Grundbildung und fachliches Lernen

Begründungsdiskurse, Zieldimensionen, Gestaltungsaufgabe

Prof. Dr. Thomas Krotz

Prioritäten der Lehrkräfte für Computer sind immer noch Serum

Digitale Transformation

Überlegungen zu zukunftsweisender Bildung hat schon vor 60 Jahren begonnen

1995: Laptop + Lowenzahn
Viel zu viel gehaucht, viel zu wenig verwendet

2000: Drei Monitore
Schwierig zu bedienen, fachliche Inhalte wurden im Hintergrund gestrichen

2016: White Screen iPod mit Touchscreen
Internet Community
iPhone easy to use

Soziale Herkunft hat Einfluss auf die Medienkompetenz

Digitale Grundbildung

- Medienkompetenz
- UKM Empfehlungspositionen
- Aufgaben der Fachdidaktik

KULTUR

- Informationsflut
- Autonomisierung
- Sozialwissenschaftliche Perspektive

Die wir gestalten!

DIGITAL GEPRÄGTE WELT

FLUX LABOR

book reader

Multimedialität

Mobiles

Werkboden



Graphic Recordings: Sandra Schulze

3. Beiträge in diesem Sammelband

3.1 Plenarvorträge

Daniel Walter bespricht in seinem Beitrag *Mathematikunterricht mit digitalen Medien – vom Fach aus!* Potenziale und Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien für den schulischen Kontext. Am Beispiel von Apps und Lernvideos nimmt der Beitrag daher eine fachdidaktische Perspektive auf das Lernen von Mathematik mit digitalen Medien ein. Auf diese Weise sollen für den mathematischen Lernprozess zentrale fachdidaktische Fragen in die Diskussion gebracht werden.

Philippe Wampfler stellt in seinem Beitrag *Postdigitaler Unterricht an der Grundschule – eine Einführung* eine analytisch normative Argumentation vor, eine postdigitale Sichtweise auf Schul- und Unterrichtsentwicklung einzunehmen. Der Beitrag erläutert zunächst umfassend, was unter postdigitalem Unterricht zu verstehen ist. Zwei Beispiele erlauben eine Konkretisierung der zunächst abstrakten Ausführungen und sind die Grundlage für Hinweise zur Best Practice.

3.2 Vorträge

Laura Abt stellt in ihrem Beitrag *RoboMath' – Ein Förderkurs für begabte Kinder zur Erarbeitung ebener Figuren mit einem Lernroboter* ein außerunterrichtliches Enrichment-Angebot für besonders begabte Schüler:innen der zweiten und dritten Klasse der Grundschule vor. In dem Förderangebot kommt der Lernroboter Dash® zum Einsatz, um das Themengebiet der ebenen Figuren zu erarbeiten.

Vinzenz Ahlbach beschreibt in seinem Beitrag *Podcasting im Sachunterricht – Digitalisierung hör- und sichtbar machen*, wie Podcasts im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule eingesetzt werden können. Darüber hinaus wird ein Untersuchungsdesign vorgestellt, mit dessen Hilfe die Vorteile des unterrichtlichen Einsatzes von Podcasts hinsichtlich der Aspekte Motivation und Lernerfolg untersucht werden können.

Eine Möglichkeit der Programmierung stellen *Leena Bröll* und *Gesine Andersen* in ihrem Artikel *Die Funktionsweise von digitalen Medien verstehen – am Beispiel der Audiobox* vor. Im Rahmen des Forschungsprojekts DigiLeG wird die Funktionsweise einer Audiobox nachvollzogen und die Programmierung von NFC-Chips als Thema für den Sachunterricht aufzubereiten.

Im Beitrag *Digitale und analoge Angebote zum schriftsprachlichen Lernen auf Distanz (SchLau D)* von *Jutta Dämmer, Lisa Wünsche-Papazissi* und *Michael Krelle* werden die Grundlagen einer Online-Plattform zum ‚Lernen auf Distanz‘ vorgestellt. Dabei geht es im Kern um digitale und analoge Angebote zum schriftsprachlichen Lernen im Fach Deutsch, die von Lehrkräften frei zugänglich und lehrgangsunabhängig genutzt werden können.

Auch *Frederik Dilling* und *Amelie Vogler* setzen sich in ihrem Artikel *Programmieren im Mathematikunterricht – Arithmetische und geometrische Zusammenhänge mit Scratch erkunden* mit dem Einsatz der Blockprogrammierung im Mathematikunterricht auseinander. Sie fokussieren in ihrer praxisorientierten Beschreibung insbesondere den Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I.

In dem Beitrag *Entwicklung von Voice-Apps für den Mathematikunterricht* stellt *Frederik Dilling* zunächst die grundlegende Funktionsweise der Technologie vor und verknüpft diese mit fachdidaktischen Überlegungen. Weiter wird aufgezeigt, wie für die unterrichtspraktische Konkretisierung das Tool Voiceflow genutzt werden kann und dabei die Voice-App Kopfgeometrie als einfache Beispielanwendung expliziert.

Der Beitrag *Grenzen, Zwänge, Möglichkeiten – Klötzchen im Vergleich* von *Lena Florian* und *Heiko Etzold* widmet sich der vergleichenden Analyse von

Handlungen und Strategien beim Lösen von Schattenproblemen in der Verknüpfung von realen und virtuellen Handlungsräumen. Für die Arbeit mit Würfelbauten werden reale Holzwürfel in einer Schattenbox, die App Klötzchen sowie die Virtual-Reality-Anwendung CubelingVR als Artefakte in den Blick genommen.

In dem Beitrag *Einsatz von Erklärvideos im Mathematikunterricht der Grundschule. Ein möglicher Zugang mit digitalen Pinnwänden* von Daniel Friesemeier, Melanie Maske-Loock und Joscha Müller-Späth werden grundsätzliche konzeptionelle Ideen bei der Erstellung der Lernvideos sowie eine mögliche Einbettung in digitale Pinnwände für den Einsatz im Unterricht vorgestellt. Im Fokus sind dabei substanzelle Aufgabenformate im Bereich der Arithmetik zur Förderung prozessbezogener Kompetenzen.

In ihren Beitrag „*Ingenuity – ein Helikopterflug auf dem Mars*“ stellen Heike Hagelgans und Jacqueline Simon erste Ergebnisse einer qualitativen Studie zum Einsatz der Programmiersoftware Scratch in der Primarstufe vor. Sie gehen dabei insbesondere auf die Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen Problemlösen, Darstellen sowie Kommunizieren und Argumentieren ein.

Sarah Hellwig fokussiert in ihrem Beitrag *Lernen und Fördern mit E-Books – Förderung individueller Kompetenzen von Schüler:innen im inklusiven Sachunterricht der Grundschule* die Vorstellung eines E-Books sowie die Ergebnisse aus zwei Pilotstudien, in denen das E-Book im Hinblick auf Gestaltung, Funktionalität und didaktische Einsatzmöglichkeiten im Sachunterricht evaluiert wurde.

Tobias Huhmann und Chantal Müller haben ein theoretisches Modell entwickelt, um *Darstellen, Darstellungen und Darstellungstransferprozesse – im Spektrum analoger und digitaler Medien* angemessen erfassen und analysieren zu können. Die Autor:innen diskutieren dabei auch die damit verbundenen kognitiven Anforderungen, die es gilt, aus mathematikdidaktischer Perspektive zu analysieren und zu bewerten.

Die temporären Schulschließungen während der Covid 19-Pandemie nehmen Simone Jablonski, Simon Barlovits und Matthias Ludwig für ihren Beitrag *Adaptiv – Synchron – Online: Digitale Lernpfade mit MathCityMap@home* als Ausgangspunkt, um sich mit Möglichkeiten des Distanzlernens auseinanderzusetzen. Als konkretes Beispiel stellen sie das MathCityMap@home-Konzept vor und diskutieren anhand von Aufgabenbeispielen für die Primarstufe erste Praxiserfahrungen mit der Umsetzung in der Praxis.

Praxisideen für Augmented Reality (AR) im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht bieten Luisa Lauer und Markus Peschel. In ihrem Beitrag thematisieren sie dabei unter anderem notwendige bzw. wünschenswerte Ent-

wicklungen von Modellierungen medialen Lernens, die eine theoretische Verortung von AR im sachunterrichtsdidaktischen Verständnis von Lehren und Lernen ermöglichen.

Der zweite Beitrag aus dem Forschungsprojekt DigiLeG zum Thema *Nutzung digitaler Medien im fächerübergreifenden Sportunterricht – Entwicklung einer Unterrichtskonzeption aus der Themenwelt Roboter und Programmieren* von Anna Löbig, Jessica Kluge und Meike Breuer beschäftigt sich mit den Nutzungsmöglichkeiten digitaler Werkzeuge im Sportunterricht und nutzt zur Konzeption eines Unterrichtsvorhabens zum fächerübergreifenden Sportunterricht aus der Themenwelt Roboter und Programmieren den Ansatz des Design-Based-Research.

Anna Merle und Karin Vogt zeigen in ihrem Beitrag *Nachhaltige Implementierung von digitalen Elementen in den Deutsch-, Mathematik- und Sachkundeunterricht der Grundschule* Möglichkeiten auf, wie digitale Elemente praxisorientiert in den alltäglichen Unterricht integriert werden können und somit einen Beitrag zur Ausbildung von Medienkompetenz bei Grundschulkindern leisten.

Die zwei Übergänge der Grundschule – vom Elementar- in den Primarbereich und vom Primar- in den Sekundarbereich – sind bildungsbiografisch zentral. In ihrem Beitrag *Von Übergang zu Übergang: Ein digitales Lernportfolio als Übergangshilfe und Begleiter in der Grundschulzeit* diskutiert Wenke Mückel, wie mittels eines digitalen Lernportfolios sowohl die Übergangsstellen selbst als auch die individuellen kindlichen Entwicklungsetappen zwischen den Schnittstellen begleitet werden können.

In ihrem Beitrag *Wie beweisen Kinder in der Primarstufe? Entwicklung einer Lernumgebung, in der digitale Medien eingesetzt werden* stellt Melanie Platz den Entwicklungsstand der Steinchen-Applet zum inhaltlich-anschaulichen Beweisen vor. Dabei werden klinische Interviews mit 15 Grundschulkindern ausgewertet, um daraus Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung des Applets abzuleiten.

Möglichkeiten des Einsatzes eines Escape Rooms im Sachunterricht thematisieren Magdalena Richter und Leena Bröll in ihrem Beitrag *Escape Rooms – spielend lernen im Sachunterricht*. Darüber hinaus wird ein Escape Room zum Thema Wald, der mit der Webseite LearningApps.org erstellt wurde, näher vorgestellt.

Die zwei Aspekte Homeschooling und Fremdsprachenlernen greift Bianca Roters in ihrem Beitrag *Früher Fremdsprachenunterricht auf Distanz – neue professionstheoretische Fragen und unterrichtliche Herausforderungen bei der Gestaltung von Lernaufgaben* auf und geht dabei näher darauf ein, dass die Rahmenbedingungen eines digital und ggf. auf Distanz ausgerichteten Englisch-

unterrichts von den Fremdsprachenlehrkräften neue Professionalitätsfacetten erfordern.

Der dritte Beitrag aus dem Forschungsprojekt DigiLeG wird mit dem Titel *Sachrechnen digital kompetent – Einsatzmöglichkeiten der App Book Creator im Mathematikunterricht der Grundschule* von *Christoph Schäfer und Birgit Brandt* vorgestellt. Im Fokus steht dabei die Einbindung des Projektes in die Lehrveranstaltungen der Fachdidaktik Mathematik sowie die Analyse erster studentischer Produkte, die in den Seminaren entstanden sind.

Das Thema WebQuests greifen *Tamara Schilling und Anne Frenzke-Shim* mit ihrem Beitrag *WebQuests im Deutschunterricht. Ein Instrumentarium zur Ausgestaltung* auf. Unter anderen wird ein Bewertungskatalog vorgestellt, der als Orientierungsrahmen für die Auswahl und Gestaltung eines WebQuests dienen kann.

Johanna Schlieben geht in ihrem Beitrag *Testinstrumentenentwicklung zur Messung grundlegender Programmierkompetenz im Sachunterricht* der Frage nach, über welche speziellen Programmierkompetenzen Grundschulkinder verfügen und wie sich diese Kompetenzen im Sachunterricht messen lassen.

Ein kooperatives Forschungs- und Entwicklungsprojekt im Rahmen des Deutschen Zentrums für Lehrkräftebildung ist Ausgangspunkt für den Beitrag *Mehr als richtig oder falsch? – Digitales verstehensorientiertes formatives Selbst-Assessment* von *Daniel Thurm und Pia Kühn*. Exemplarisch wird der erste Design-Research-Zyklus der Entwicklung und Beforschung eines digitales Selbst-Diagnose- und Fördertool zum arithmetischen Basiswissen an einer Aufgabe im Themenbereich der Multiplikation dargelegt.

Kerstin Winkel und Silke Ladel setzen sich als Grundlage für ihren Beitrag *Heterogenen Lernvoraussetzungen digital gerecht werden. Digitale Werkzeuge zur Unterstützung des Arbeitsgedächtnisses im Mathematikunterricht der Grundschule* mit der Cognitive Theory of Multimedia Learning sowie der Arbeitsgedächtnisforschung auseinander. Die Autorinnen diskutieren Möglichkeiten, Kinder mit geringer Arbeitsgedächtniskapazität mit digitalen Medien gezielt zu entlasten bzw. zu belasten und so Verstehensprozesse und die Arbeitsgedächtniskapazität zu fördern.

Die fundamentale Idee ‚Algorithmus‘ im Mathematikunterricht der Primarstufe wird von *Mira Wittenberg und Barbara Schmidt-Thieme* einerseits als zentrales Moment des Mathematikunterrichts diskutiert und andererseits in einen fächerübergreifenden Unterrichtskontext gestellt. Sie zeigen an einer exemplarischen Unterrichtssequenz zur schriftlichen Addition auf, wie Algorithmen explizit gemacht werden und dabei digitalisierungsbezogene Kompetenzen erworben werden können.

Literatur

- Brandt, B. & Dausend, H. (Hrsg.) (2018): *Digitales Lernen in der Grundschule. Fachliche Lernprozesse anregen*. Münster: Waxmann.
- Brandt, B., Bröll, L. & Dausend, H. (Hrsg.) (2020): *Digitales Lernen in der Grundschule II. Aktuelle Trends in Forschung und Praxis*. Münster: Waxmann.
- Dausend, H. (2022): Der Einsatz digitaler Medien beginnt früh. In: Böttger, Heiner (Hrsg.), *Fremdsprachenfrühbeginn (noch) besser machen*. FLOH Verlag/Stiftung Lernen, S. 169–185.
- Sekretariat der Kultusministerkonferenz (Hrsg.) (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. https://www.kmk.org/fileadmin/Daten/pdf/.../Bildung_digitale_Welt_Webversion.pdf (04.04.2018)

Mathematikunterricht mit digitalen Medien

Eine *fachdidaktische Perspektive*

Abstract

Potenziale und Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien für den schulischen Kontext sind seit mehreren Dekaden Gegenstand der gesellschaftlichen, bildungspolitischen und fachdidaktischen Diskussion. Während in der jüngeren Vergangenheit vornehmlich Aspekte der zweifelsfrei wichtigen, allein jedoch nicht hinreichenden infrastrukturellen Ausstattung von Schulen dominieren, scheinen für den mathematischen Lernprozess zentrale fachdidaktische Fragen vergleichsweise seltener diskutiert zu werden. Am Beispiel von Apps und Lernvideos nimmt der Beitrag daher eine fachdidaktische Perspektive auf das Lernen von Mathematik mit digitalen Medien ein.

„Wir stehen am Anfang einer Computer-Bildungsexpansion, die auch die Grundschule erfassen wird.“ Dieses Zitat könnte angesichts der Aktualität des schulischen Einsatzes digitaler Medien rund um die Coronapandemie und bildungspolitischer Initiativen, wie den *DigitalPakt#D* (BMBF, 2016) sowie der Strategie *Bildung in der digitalen Welt* (KMK, 2016), ohne Zweifel in den 2020er-Jahren gefallen sein. De facto liegt dieses Zitat jedoch nunmehr mehr als drei Dekaden zurück und ist auf den Mathematikdidaktiker Wilhelm Schipper (1986, S. 23) zurückzuführen.

Obgleich in der Vergangenheit zahlreiche Mathematikdidaktikerinnen und Mathematikdidaktiker Potenziale digitaler Medien für das Mathematiklernen identifiziert, forschungsorientiert ergründet und unterrichtspraktische Konzepte erarbeitet haben, scheint die Mitte der 1980er-Jahre vorausgesehene ‚Computer-Bildungsexpansion‘ somit (noch) nicht vollzogen zu sein (Drijvers, 2019, S. 163). Die Gründe für diese teilweise schleppende Entwicklung sind vielfältig. So belegen bspw. internationale Vergleichsstudien, wie ICILS (Eickelmann et al., 2019, S. 14f.) und TIMSS (Schwippert et al., 2020), für Deutschland eine im internationalen Vergleich weniger stark ausgeprägte digitale Infrastruktur an

Schulen: eine Grundvoraussetzung für digital gestützten Unterricht, die ohne adäquates, komfortabel handhabbares technisches Equipment nicht gegeben ist. Doch neben der zweifelsfrei wichtigen, allein jedoch nicht hinreichenden Frage der technischen Ausstattung von Schulen darf die fachdidaktische Komponente, die sich vor allem durch die Gestaltung und Nutzung der auf den digitalen Endgeräten nutzbaren fachbezogenen Lernangebote (u. a. Apps, Videos) ausdrückt, nicht vernachlässigt werden.

Denn bei der Gestaltung von Fachunterricht müssen Lehrkräfte Planungsentscheidungen treffen. Sie müssen abwägen, welche Lernangebote für welche unterrichtlichen Lernziele (un)geeignet sein könnten. Dies ist gerade bezogen auf digitale Medien gewiss keine triviale Aufgabe, zumal die Chancen und Grenzen digitaler Unterrichtsmedien im Vergleich zu bewährten Unterrichtsmedien weniger bekannt sein dürften. Dies sowie die ausbaufähige fachdidaktische Unterstützung für Lehrkräfte könnte möglicherweise auch ursächlich für die bisweilen nicht flächendeckende Integration digitaler Medien sein: „Um eine nennenswert verbreitete und v. a. nachhaltige Integration digitaler Medien [...] realistisch werden zu lassen, muss zu allererst das K.O.-Kriterium jeder Reform sichergestellt werden – nämlich diejenigen ‚mitzunehmen‘, die diese Reform maßgeblich umsetzen sollen: die Lehrerinnen und Lehrer der Grundschule!“ (Krauthausen, 2020, S. 55).

In diesem Beitrag werden daher Überlegungen zum Mathematiklernen mit digitalen Medien in der Grundschule geteilt, die konsequent ‚vom Fach aus‘ gedacht sind und dementsprechend dem „Primat der Fachdidaktik“ (Krauthausen, 2012, S. 52) folgen. Es werden Vorschläge zur Kategorisierung digitaler Lernangebote unterbreitet, die sowohl Forschende als auch Lehrkräfte bei der Einschätzung von Einsatzmöglichkeiten digitaler Lernangebote unterstützen können. Darüber hinaus werden aktuelle Forschungserkenntnisse zur Verfügbarkeit und Nutzung digitaler Lernangebote dargelegt. Der Fokus wird dabei auf mathematikhaltige Apps (Abschnitt 1) und Videos (Abschnitt 2) gelegt, die derzeit besonders im Fokus der fachdidaktischen Diskussion stehen. Der Beitrag schließt mit Abschnitt 3, der ein zusammenfassendes Fazit und einen Ausblick auf die weitere mathematikdidaktische Arbeit in Forschung und Praxis enthält.

1. Mathematikhaltige Apps

Software wird im Mathematikunterricht der Grundschule seit einigen Jahrzehnten genutzt. Durch das Aufkommen von mathematikhaltigen Apps ist

der Bestand an Software für den Mathematikunterricht an Grundschulen weiter gewachsen, weswegen diese Variante digitaler Medien von besonderer Bedeutung ist. In diesem Abschnitt werden daher zunächst grundlegende fachdidaktische Potenziale digitaler Medien am Beispiel von Apps dargelegt (Abschnitt 1.1), bevor eine Orientierung gebende Kategorisierung von Mathematikapps vorgenommen wird (Abschnitt 1.2) und Forschungsbefunde zur Verfügbarkeit und Nutzung von Mathematikapps beschrieben werden.

1.1 Fachdidaktische Potenziale mathematikhaltiger Apps

Digitalen Medien wird Potenzial für die Unterstützung von Lernprozessen zugeschrieben. Häufig genannte Argumente beziehen sich dabei etwa auf den unbegrenzten Vorrat an Materialien (Ladel, 2018), die komfortable Sicherung von Dokumenten oder die Unabhängigkeit von Lernort und Lernzeitpunkt (Irion & Krammerl, 2018). Obschon obige Argumente auch für das Lernen im Fach relevant sein können, handelt es sich dabei vornehmlich um fachunabhängige, eher unterrichtsorganisatorisch geprägte Potenziale. Wenn der Einsatz digitaler Medien für den *Mathematikunterricht* legitimiert werden soll, so bedarf es *zusätzlich* einer Berücksichtigung *fachdidaktischer* Potenziale (Rink & Walter, 2020a; Walter, 2018), die vor allem in Mathematikapps umgesetzt werden können:

- *Passung zwischen Handlung und mentaler Operation:* Digitale Medien können dabei unterstützen, den Aufbau mentaler Vorstellungsbilder anzuregen, indem die Handlungen an Materialien in Einklang mit mentalen Denkoperationen gebracht werden.
- *Synchronität und Vernetzung von Darstellungen:* Digitale Medien können das Verstehen der Verwobenheit von enaktiven, ikonischen und symbolischen Darstellungen unterstützen, indem Veränderungen einer Darstellung und computergestützte Anpassungen der anderen Darstellungen analysiert werden.
- *Strukturierungshilfen:* Digitale Medien können bei der Entwicklung eines ‚Struktursinns‘ unterstützen, indem Strukturierungen per Knopfdruck oder auf Anfrage vorgenommen werden, so dass z. B. Objekte quasi-simultan erfasst werden können.
- *Auslagerung kognitiver Beanspruchung:* Digitale Medien können bei der Ausbildung prozessbezogener Kompetenzen unterstützen, indem (zweifelsfrei wichtige) Routinetätigkeiten vorübergehend an ein digitales Medium ausgelagert werden, um reichhaltige Fragestellungen zu fokussieren.

- *Multitouch-Technologie*: Digitale Medien können die gleichzeitige Interaktion mit mehreren Objekten ermöglichen und so bspw. die Entwicklung kardinaler Zahlvorstellungen unterstützen, indem mehrere Objekte simultan mittels Multitouch dargestellt werden.
- *Informative Rückmeldungen*: Digitale Medien können die selbstständige Weiterarbeit an Aufgaben durch das Angebot informativer Rückmeldungen unterstützen, die den Lernenden mehr als nur rein produktorientiertes Feedback zu Aufgabenbearbeitungen anbieten.

1.2 Kategorisierung von Apps

Das Angebot mathematikhaltiger Apps ist schon jetzt groß und wird angesichts der von vielen Seiten geforderten zunehmenden Digitalisierung des Unterrichts vermutlich auch in den kommenden Jahren weiter wachsen. Mit großem Angebot gehen jedoch auch große Herausforderungen für Lehrkräfte einher, die – wie bei jeglicher Auswahl von Unterrichtsmedien – in der Lage sein müssen, die für das Erreichen eines Unterrichtsziels passenden Materialien auszuwählen. Bei der Suche nach Mathematikapps fehlt es jedoch an einer Kategorisierung in den AppStores, zumal sie für gewöhnlich eindimensional in der Rubrik ‚Bildung‘ neben Apps anderer Fachrichtungen verortet sind.

Darüber hinaus können gängige Bewertungsmechanismen – etwa in Form von durchschnittlich vergebenen ‚Sternchen‘ oder ausformulierten Rezensionen – Einsatzmöglichkeiten einzelner Apps überhöhen und Lehrkräften dadurch ein irreführendes Bild der fachdidaktischen Qualität eines Lernangebots vermitteln. So lassen sich nicht selten Apps in den AppStores ausfindig machen, die Standards eines zeitgemäßen Mathematikunterrichts offenkundig nicht genügen, was sich bspw. durch unzureichende Darstellungen der Lerninhalte ausdrückt, jedoch eine sehr gute Bewertung durch die Nutzenden vorweisen können. Dementsprechend können selbst beste Bewertungen und Rezensionen das Vorliegen einer fachdidaktisch gehaltvollen App keineswegs garantieren und auch keine ernstzunehmende Unterstützung für Lehrkräfte bei der bedarfsgerechten Auswahl von Apps darstellen.

Um Lehrkräfte bei der Suche nach passenden Apps zu unterstützen, erscheint eine Systematisierung des Bestandes wünschenswert. So könnten Lehrkräfte direkt einschätzen, welche Apps für welchen Unterrichtszweck geeignet sein können. Da eine solche Kategorisierung jedoch in absehbarer Zeit nicht durch AppStores angeboten wird, liegt diese Aufgabe bei Lehrkräften, die bei der Analyse der Software die Art der Gestaltung und mögliche Einsatzszenarien abschätzen müssen.

Ein Großteil der Softwareangebote scheint dabei vornehmlich für einen Übungszweck nutzbar zu sein, nämlich das einen Lernprozess abschließende automatisierende Üben (Käpnick & Benölken, 2020, S. 171). Hierbei steht die zweifelsfrei wichtige Schulung der Geläufigkeit bereits verstandener Inhalte im Fokus. Gleichwohl sind vor allem im vergangenen Jahrzehnt zunehmend mathematikdidaktische Entwicklungsarbeiten zu verzeichnen, aus denen Apps hervorgegangen sind, die gerade nicht nur für automatisierendes Üben geeignet erscheinen, sondern in der gesamten Wittmann'schen Übungsmatrix (Wittmann, 1992) verortet werden können.

Das ‚Üben‘ wird nach Wittmann entlang zweier Dimensionen in vier verschiedene Übungsformen untergliedert, die den Lernprozess vollumfänglich durchziehen. So beschreibt die erste Dimension, dass entweder *formal*, also lediglich mit mathematischen Symbolen, oder *gestützt*, also unter Verwendung weiterer (ikonischer) Darstellungen geübt werden kann. Die zweite Dimension stellt das *strukturierte* Üben, bei dem die Aufgaben in einem Zusammenhang stehen, dem *unstrukturierten* Üben gegenüber, das nicht aufeinander bezogene Aufgabensequenzen enthält. Tabelle 1 zeigt die Vielfalt verschiedener mathematikhaltiger Apps entlang der vier Übungsformen des ‚produktiven Übens‘ anhand von Beispielen aus der Arithmetik auf.

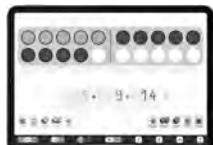
Die Zuordnung der Apps zu obigen Übungsformen ist jedoch keineswegs starr und eindimensional. Je nach Lernziel und entsprechender Nutzung von Features können die oben vorgestellten Apps auch anderen Übungsformen der Konzeption des ‚produktiven Übens‘ Rechnung tragen. So kann bspw. die App ‚Rechenfeld‘ auch für gestützt-unstrukturierte Übungsszenarien Einsatz finden, wenn von der Möglichkeit, operativ strukturierte Aufgaben per Knopfdruck zu erzeugen, kein Gebrauch gemacht wird. Auch könnte die App durch das Verdecken der ikonischen Darstellung für formale Übungsszenarien genutzt werden.

Eine Kategorisierung von Mathematikapps anhand der Übungsmatrix ist dabei lediglich *eine* mögliche Perspektive für die Strukturierung des App-Bestands. Je nach Schwerpunktsetzung können natürlich auch andere Kategorisierungen vorgenommen werden, wie etwa im Projekt PIKAS digi¹ oder in Krauthausen (2012). Der ‚gemeinsame Nenner‘ mathematikdidaktisch geprägter Kategorisierungen besteht dabei darin, die Vielfalt und den Einsatzreichtum von Mathematikapps plausibel zu machen.

In diesem Sinne können Apps für weit mehr als ‚nur‘ für das – zweifelsfrei unerlässliche – automatisierende Üben Einsatz finden. Wenn es jedoch insbe-

¹ pikas-digi.dzlm.de

Tabelle 1: Kategorisierung von Apps entlang der Übungsmatrix

Übungsform	Charakterisierung	Aufgaben	Beispiel
gestützt-unstrukturiertes Üben	Aufbau von Grundvorstellungen zu Zahlen und Rechenoperationen	Zufällig generierte und ikonisch dynamisiert dargestellte Additions- und Subtraktionsaufgaben	 ,Rechnen mit Wendi‘ (Urff, 2021)
gestützt-strukturiertes Üben	Einsichten in Strukturen und Beziehungen zwischen Zahlen und Rechenoperationen	Zufällig generierte (auch ikonisch dargestellte) Aufgaben, die in einem operativen Zusammenhang stehen. (Erzeugung einer operativen Änderung der Aufgabe per „Knopfdruck“)	 ,Rechenfeld‘ (Urff, 2021)
formal-strukturiertes Üben	Auseinandersetzung mit beziehungsreichen Aufgaben	Formal-symbolisch gestellte Aufgaben, die in einem Strukturzusammenhang stehen.	 ,Blitzrechnen‘ (Krauthausen, 1997)
formal-unstrukturiertes Üben	Sicherung und Schulung der Geläufigkeit	Formal-symbolisch gestellte Aufgaben, die isoliert, also ohne Strukturzusammenhang, gestellt werden.	 ,Stellenwerte üben‘ (Schulz & Walter, 2019)

sondere um den Erstkontakt mit mathematischen Inhalten geht, so scheint es im Vergleich zu Trainingssoftware weniger Angebote zu geben. Erschwerend kommt hinzu, dass diese wenigen Angebote, die auch als „Gold Nuggets“ (Krauthausen, 2012, S. 196) bezeichnet werden, vielfach erst nach der Eingabe spezifisch fachdidaktisch geprägter Begriffe (etwa die Bezeichnungen von Arbeitsmitteln) angezeigt werden. Kenntnisse zu diesen Begriffen können jedoch nicht flächendeckend vorausgesetzt werden, so dass die Suche nach Mathematikapps vermutlich vielfach mit der Eingabe von allgemeinen Begriffen, wie ‚Mathe‘ und ‚Grundschule‘ verbunden sein könnten (Krauthausen & Pilgrim, 2019, S. 15).

1.3 Verfügbarkeit und Nutzung mathematikhaltiger Apps

Wie umfangreich das App-Angebot nach der Eingabe dieser beiden Begriffe für den Mathematikunterricht an Grundschulen im Sinne des produktiven Übens jedoch genau ist, wie stark die verschiedenen Inhalts- und Prozessbereiche gemäß der KMK-Bildungsstandards (KMK, 2005) in Apps repräsentiert und inwiefern fachdidaktische Potenziale digitaler Medien in den Apps implementiert sind, ist für die deutschsprachigen AppStores bisweilen nicht systematisch untersucht.

International lassen sich derweil einige Jahre zurückliegende Untersuchungen zum Angebot in englischsprachigen AppStores ausmachen, die unter anderem auf ein Überangebot an instruktional ausgerichteten Apps – sog. *drill-and-practice* Software – im Umfang von 74 Prozent verweisen (Goodwin & Highfield, 2013, S. 211). Darüber hinaus stellte Larkin (2014, S. 30) in seiner Bestandsanalyse eine Dominanz an Apps fest, die dem Inhaltsbereich *Number and Algebra* zugeordnet werden können.

National arbeitet Walter (im Druck) an einer Analyse von $N = 137$ deutschsprachiger Mathematikapps, die den Nutzenden nach der Eingabe der Suchbegriffe ‚Mathe‘ sowie ‚Grundschule‘ in den AppStores angezeigt werden. Erste Analysen deuten auf ein umfassendes Angebot an Software aus dem inhaltsbezogenen Kompetenzbereich *Zahlen und Operationen* hin, während hingegen deutlich weniger Apps mit den inhaltlichen Schwerpunkten *Raum und Form*, *Größen und Messen*, *Muster und Strukturen* sowie *Daten, Häufigkeiten, Wahrscheinlichkeiten* vorzuliegen scheinen. Überdies liegen wenige Apps vor, die die Förderung prozessbezogener Kompetenzen (etwa durch entsprechende Aufgabenstellungen) explizit einschließen, für einen ‚Erstkontakt‘ mit Inhalten geeignet erscheinen und mathematikdidaktische Potenziale digitaler Medien aufweisen.

Der Befund, dass es offenbar ein Ungleichgewicht an Softwareangeboten entlang der verschiedenen Inhaltsbereiche zu geben scheint, ist dabei nicht per se als negativ zu werten, zumal die mit dem Bereich *Zahlen und Operationen* untrennbar verbundene *Arithmetik* den Schwerpunkt des Mathematikunterrichts an Grundschulen darstellt. Um jedoch auch die anderen Inhaltsbereiche des Inhaltskanons fachdidaktisch gehaltvoll bedienen zu können, bedarf es gewiss weiterer Softwareangebote.

Was jedoch zum Nachdenken anregt, ist das geringe Angebot an Software, das für einen ‚Erstkontakt‘ mit Inhalten nutzbar erscheint. Die meisten Softwareangebote zielen vornehmlich auf die abschließenden Phasen des Lernprozesses ab, da verstandene Inhalte trainiert werden sollen und Schnelligkeit und Korrektheit von Produkten statt Tragfähigkeit von Lösungswegen und

Prozessen fokussiert werden. Schülerinnen und Schüler mit Schwierigkeiten beim Mathematiklernen benötigen jedoch gerade solche Softwareangebote, die Zugänge zum Aufbau von Grundvorstellungen unterstützen.

Dass zudem wenige Softwareangebote mit erkennbarer Einarbeitung fachdidaktischer Potenziale vorliegen, liefert ebenso Anlässe für Entwicklungsarbeiten aus der Fachdidaktik heraus. Die meisten Angebote bedienen zwar vielversprechende unterrichtsorganisatorische Potenziale, hingegen werden Potenziale fachdidaktischer Art (s. Abschnitt 1.1) weniger stark berücksichtigt.

Insgesamt hat somit die *Verfügbarkeit* und die Kategorisierung mathematikhaltiger Apps für den Grundschulunterricht bislang wenig Beachtung in der Forschung erfahren, wenngleich sich erste Arbeiten in der Entwicklung befinden. Die *Nutzung* von Apps durch die Lernenden stellt hingegen einen zwar noch jungen, jedoch vergleichsweise stärker untersuchten Forschungszweig dar. Verschiedene Studien zu unterschiedlichen mathematischen Inhalten widmeten sich bereits der Frage, wie bestimmte digitale Lernangebote von Lernenden verwendet werden, von denen drei Studien nachfolgend vorgestellt werden:

- Walter (2018) untersuchte, wie $N = 33$ zählende Rechnerinnen und Rechner zu Beginn des zweiten Schuljahres mathematikdidaktische Potenziale, wie bspw. ‚Synchronität und Vernetzung von Darstellungen‘, bei der Verwendung von Software für den mathematischen Anfangsunterricht nutzen. Es zeigte sich, dass die Lernenden im Zuge der Zahl- und Aufgabendarstellung in ihren intuitiven Nutzungsweisen zumeist lediglich eine der multiplen Darstellungen nutzen, sie jedoch nach entsprechenden Impulsen der Lehrkraft in der Lage sind, Bezüge zu jeweils anderen verfügbaren Darstellungen herzustellen.
- Steffen (2021) erforschte bei $N = 142$ Vorschulkindern Auswirkungen von Feedbackmechanismen und Nutzungsweisen der Kinder bei der Verwendung der Osmo Tangram-App, bei der die Lernenden vor die Aufgabe gestellt werden, auf einem Bildschirm dargebotene Formen mit Tangram-Formen im Realen darzustellen. Dabei erfasst das digitale Spielsystem die Positionierung der Formen und gibt entsprechendes Feedback für die Weiterarbeit. Die Autorin der Studie konnte zeigen, dass digitales Feedback von den Lernenden wahrgenommen und für die zielgerichtete Arbeit, etwa für die Umpositionierung fehlerhaft gelegter Formen, herangezogen wird. Gleichwohl ließ sich auch Gegenteiliges feststellen, zumal einige Kinder die Feedbackfunktionen nicht wahrnahmen bzw. keinen Nutzen für die eigene Weiterarbeit ableiten konnten (Steffen, 2021, S. 186–188).
- Frischemeier (2020) untersuchte in einer explorativen Fallstudie mittels Interviews, wie $N = 8$ Viertklässlerinnen und Viertklässler die Software ‚Tin-

kerPlots‘ beim Vergleich von Verteilungen in umfangreichen Datensätzen nutzen. In der Studie konnten zwei Nutzungsweisen ausgemacht werden: 1) Intensive statistische Arbeit mit Softwarenutzung und weniger intensive Konzentration auf das Ablesen der Resultate und das Interpretieren von Daten; 2) Weniger intensive Softwarenutzung, jedoch Konzentration auf das Ablesen und Interpretieren der Resultate (Frischemeier, 2020, S. 197).

Dementsprechend lässt die aktuelle Forschungslage den Schluss zu, dass die bloße Verfügbarkeit grundschulrelevanter mathematikhaltiger Apps noch keine produktive Nutzung durch die Lernenden sowie Ausschöpfung mathematikdidaktischer Potenziale digitaler Medien garantiert und es eine passende unterrichtliche Rahmung zur Ausschöpfung mathematikdidaktischer Potenziale in den Nutzungsweisen der Lernenden bedarf. Es ist daher eine zentrale Aufgabe der mathematikdidaktischen Community, entsprechende Konzepte in den kommenden Jahren forschungsbasiert zu entwickeln und zu erproben.

2. Mathematikhaltige Lernvideos

Mathematikhaltige ‚Lernvideos‘ nehmen nicht erst seit der Coronapandemie einen zunehmend bedeutenden Stellenwert beim Lehren und Lernen von Mathematik ein. Die Analyse verfügbarer Lernvideos zeigt dabei sehr schnell, dass sie je nach intendiertem Lernziel jeweils unterschiedliche konzeptionelle Ausrichtungen aufweisen können. Dieser Abschnitt soll einerseits einen Beitrag dazu leisten, den Versuch einer Kategorisierung verschiedener ‚Lernvideos‘ vorzunehmen und diesen Oberbegriff einerseits in die drei Subkategorien ‚Erklärvideos‘ (Abschnitt 2.1), ‚Entdeckervideos‘ (Abschnitt 2.2) sowie ‚Aufgabenvideos‘ (Abschnitt 2.3) zu untergliedern (s. Abbildung 1) und andererseits den gegenwärtigen Forschungsstand mit Blick auf die Verfügbarkeit und die Nutzung von Lernvideos aufzuarbeiten (Abschnitt 2.4).

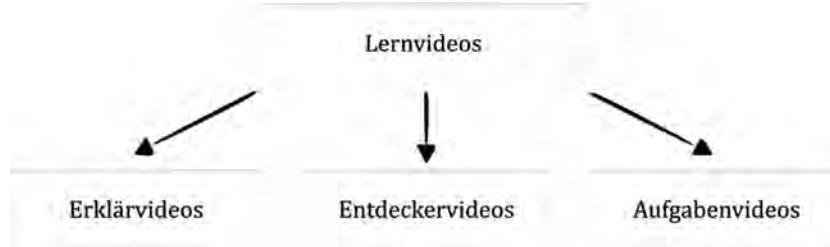


Abbildung 1: Kategorisierung von Lernvideos

2.1 Erklärvideos

Nach Wolf (2015, S. 123) werden unter Erklärvideos „eigenproduzierte Filme [verstanden, DW], in denen erläutert wird, wie man etwas macht oder wie etwas funktioniert bzw. in denen abstrakte Konzepte erklärt werden“. Bei der Betrachtung von Erklärvideos nehmen die Schülerinnen und Schüler somit eine eher rezeptive Rolle ein. Bezugnehmend auf ein Verständnis von Lernen als aktiven Konstruktionsprozess kritisieren Oldenburg et al. (2020, S. 58) Lernvideos dieser Art: „Was könnte unsinniger sein, als ein Video, das den Lernenden in eine gänzlich passive Rolle zwingt?“

Die teils scharfe Kritik an aktuell verfügbaren, vornehmlich einseitig prozedural ausgerichteten Erklärvideos erscheint allzu berechtigt, zumal fachliche und fachdidaktische Mängel bei der Durchsicht der von Schülerinnen und Schülern auf YouTube häufig aufgerufenen Videos offenkundig sind. Eine kritische Auseinandersetzung mit frei verfügbaren Videos ist demnach wichtig und notwendig – gerade vor dem Hintergrund, dass die Existenz und Nutzung mathematikhaltiger Videos und der regelrechte ‚Boom‘ an „Internetlehrern“ als Konkurrenz zu schulischen Lernangeboten lange Zeit weitgehend ignoriert wurden (Weigand, 2020, S. 65).

Gleichwohl sollten Erklärvideos nicht pauschal kritisiert werden und sind keineswegs eindimensional gestaltet. Der Bestand verfügbarer Erklärvideos kann im Wesentlichen entlang dreier Grundtypen des Erklärens untergliedert werden, die für jeweils unterschiedliche Einsatzfelder nutzbar erscheinen (Schmidt-Thieme, 2009). Tabelle 2 gibt einen Überblick zu Charakteristika und ausgewählten Beispielen je Grundtyp.

Tabelle 2: Drei Grundtypen des Erklärens in mathematikhaltigen Videos

Grundtyp	Charakterisierung	Beispiel
Erklären- <i>Wie</i>	Erklärung von Verfahren und Funktionen jeglicher Art;	Inhalt: Erklärung, wie schriftlich addiert wird. Entwickler: Andreas Leinigen (JLU Gießen) Link: https://bit.ly/3M99l3u
Erklären- <i>Was</i>	Erklärung, Definition und Aushandlung von Begriffen; Anregung zur Begriffsbildung	Inhalt: Erklärung zu mathematischen Fachbegriffen – bspw. Was ist eine Primzahl? Kanal: ‚Lehrerschmidt‘ Link: https://youtu.be/rs7G5srTni4
Erklären- <i>Warum</i>	Erklärung von Motiven, Sachverhalten und Zusammenhängen	Inhalt: Erklärung, warum bei der schriftlichen Addition ein Übertrag entsteht. Entwickler: Andreas Leinigen (JLU Gießen) Link: https://bit.ly/3m2Yq0T

Jeder Grundtyp hat seine Berechtigung und kann Mathematiklernen unterstützen. So scheinen Videos des Typs ‚Erklären-*Wie*‘ vor allem zur Schulung

der Geläufigkeit der Anwendung von Algorithmen geeignet zu sein, indem bspw. erklärt wird, wie die Anwendung eines Subtraktionsalgorithmus verläuft. Dies kann potenziell zur Vermeidung oder Reduzierung von Fehlern beitragen. Das ‚Erklären-Was‘ kann hingegen Informationen über mathematische Objekte komprimiert zusammenfassen, indem bspw. erklärt wird, was ein Algorithmus eigentlich ist. Demgegenüber kann ‚Erklären-Warum‘ zu einem tieferen Verständnis beitragen, indem bspw. darstellungsvernetzt thematisiert wird, warum ein spezifischer Algorithmus überhaupt funktioniert. Dies kann dazu beitragen, die Idee bestimmter Rechentechniken nachzuvollziehen und Fehler zu vermeiden (Klinger & Walter, 2022).

2.2 Entdeckervideos

Den Gegenpol zu Erklärvideos, bei deren Betrachtung die Schülerinnen und Schüler eine passive Rolle einnehmen, stellen die sogenannten Entdeckervideos dar. In der Konzeption von Römer (in Vorbereitung) handelt es sich bei Entdeckervideos um animierte Videoclips mit einer Länge von circa drei bis vier Minuten, die technisch auf der Stop-Motion-Technik fußen und alltagsnahe mathematikhaltige Situationen modellhaft darstellen. Anders als Erklärvideos sind Entdeckervideos auf das aktiv-entdeckende und sozial-interaktive Lernen ausgerichtet und können Lernende unter anderem zum eigenständigen Beschreiben, Erkunden und Begründen mathematischer Zusammenhänge anregen.

Diese Grundidee von Entdeckervideos spiegelt sich im Video ‚Auf dem Parkplatz‘ (Ahlers & Nienauß, o.J.) wider. Abbildung 2a stellt eine Ausgangssituation im Video dar: Sechs Autos, von denen jeweils drei rot (Autos in der oberen Zeile) bzw. blau (Autos in der unteren Zeile) lackiert sind, befinden sich in Parkplatzbuchten, die in ihrer Struktur an ein nach ‚Kraft der Fünf‘ (Krauthausen, 1995) strukturieren Zwanzigerfeld angelehnt sind. In Abbildung 2b verlässt ein blaues Auto seine Parkbucht, während ein zusätzliches rotes Auto erscheint, das neben den weiteren roten Autos in der oberen Zeile ‚einparkt‘. Ein ‚Stopp‘-Schild signalisiert, das Video an dieser Stelle anzuhalten (s. Abb. 2c).

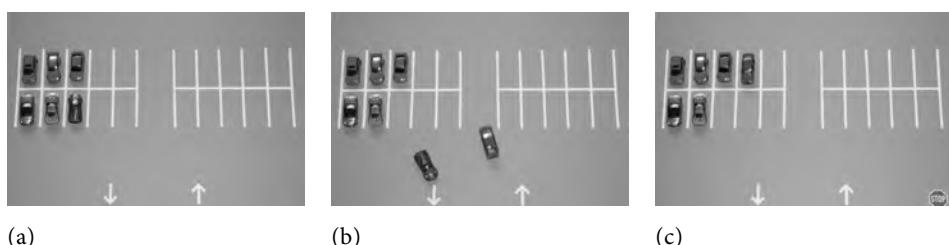


Abbildung 2: Ausschnitte aus dem Entdeckervideo ‚Auf dem Parkplatz‘ (Ahlers & Nienauß, o.J.)

Die Lernenden erhalten qua Video somit keinen konkreten Arbeitsauftrag und werden auch nicht – wie vielfach bei Erklärvideos üblich – mit einem inhaltsdichten ‚Fertigprodukt‘ konfrontiert. Vielmehr werden sie zum eigenständigen Entdecken mathematischer Zusammenhänge angeregt. Eine Entdeckung, die ein Kind bei der Betrachtung der Szene machen könnte, besteht in der Konstanz der Summe aller verfügbarer Autos. Wenn ein Auto den Parkplatz verlässt und zugleich ein neues Auto hinzukommt, dann bleibt die Anzahl der Autos invariant. Eine andere Deutung der Situation kann darin bestehen, dass die Differenz roter und blauer Autos um zwei größer wird. Das dieser Szene inhärente operative Prinzip (Wittmann, 1985) bildet die Grundlage für nicht nur diese, sondern auch viele weitere Szenen. Es kann die Grundlage für das Aufspüren, das Beschreiben und Begründen mathematischer Zusammenhänge sein, die mit anderen Kindern diskutiert werden können.

An diesem Beispiel werden zentrale Charakteristika für den produktiven Umgang mit Entdeckervideos deutlich (Römer & Nührenbörger, 2018):

- Mathematische Inhalte sollten im Sinne des ‚Segmentierungsprinzips‘ aufbereitet werden.
- Die Darstellungen sollten unterschiedliche mathematische Deutungen ermöglichen.
- Entdeckungen sollten in der Aushandlung zwischen den Kindern (bspw. im Rahmen von Mathekonferenzen) aufgegriffen werden.
- Insbesondere für die Begründung von Entdeckungen kann eine Einbettung eines Entdeckervideos in eine geeignete Lernumgebung mit bewährten didaktischen Materialien, wie bspw. Plättchen mit Zwanzigerfeld, hilfreich sein.

Letztgenannte Einbettung von Entdeckervideos in eine Lernumgebung bietet sich vor allem aufgrund der inhaltlichen Kohärenz zwischen den Darstellungen im Video und geläufigen Materialien an. So kann es eine Leitfrage sein, eine im Video gesehene Szene auch am Zwanzigerfeld mit Plättchen darzustellen, worin eine wertvolle Anregung zum Darstellungswechsel besteht. Umgekehrt könnte auch diskutiert werden, wie das Entdeckervideo zu einer Handlung am Zwanzigerfeld aussehen könnte, was auch in die Produktion eines eigenen Entdeckervideos münden könnte. Aktivitäten wie diese sind insbesondere deswegen reichhaltig, weil Kinder auf bestimmte Handlungen am Zwanzigerfeld stoßen können, die im vorliegenden Entdeckervideo so nicht umgesetzt werden können. So kann bspw. die in Abbildung 2 szenisch dargestellte Konstanz der Summe am Zwanzigerfeld auch durch das Wenden eines einzelnen Plättchens realisiert werden. Eine solche Entsprechung scheint beim Entdeckervideo nicht

realisierbar zu sein, zumal ein ‚gewendetes‘ Auto a) weder fahren kann noch b) seine Lackierung wechselt. Dementsprechend bietet es sich an, nicht nur die Kohärenzen, sondern auch die Inkohärenzen zwischen Video und begleitenden Materialien bewusst zu thematisieren.

2.3 Aufgabenvideos

Eine dritte Art von Lernvideos stellen die sogenannten ‚Aufgabenvideos‘ dar. Im Gegensatz zu Erklärvideos, die einen mathematischen Inhalt erläuternd aufbereiten und Entdeckervideos, die für Entdeckungen mathematischer Zusammenhänge anregen, bereiten Aufgabenvideos (grundschul)relevante Aufgaben mittels multipler Darstellungen auf. Ein Beispiel bildet die Aufgabe ‚Die Schnecke im Brunnen‘ (Rasch, 2003), die in der App ‚Sachrechnen‘ (Rink & Walter, 2020b) implementiert ist.

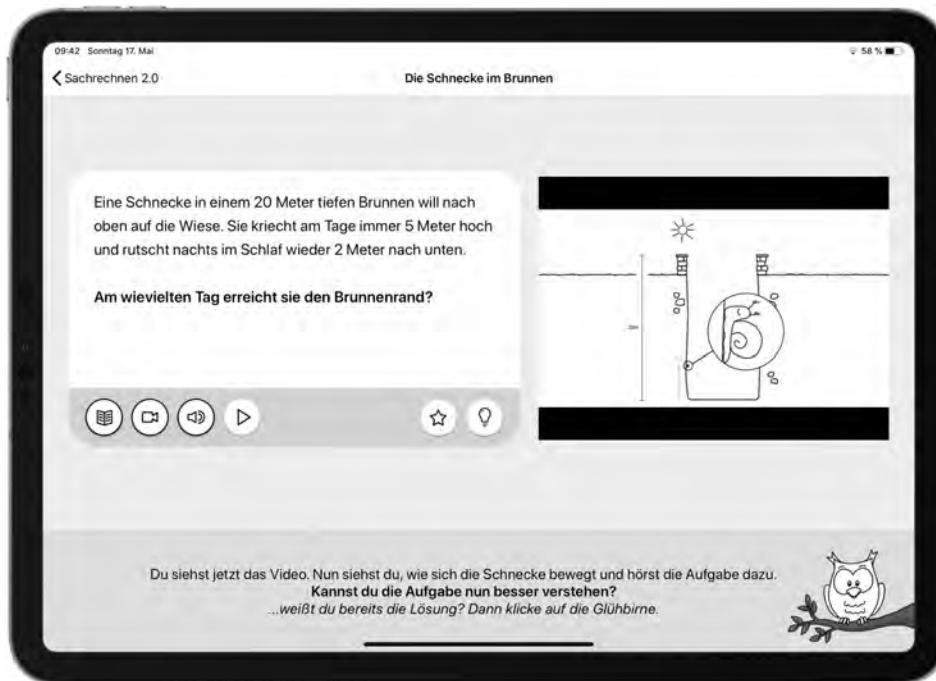


Abbildung 3: Aufgabenvideo ‚Die Schnecke im Brunnen‘ aus der App ‚Sachrechnen‘

Nach Aufruf der Aufgabe im Startmenü werden den Lernenden neben einer im Unterricht vielfach gebräuchlichen nonverbal-symbolischen – also textlichen – Aufgabenstellung zusätzlich sowohl der vertonte als auch eine filmische Darstellung der Aufgabe angeboten (s. Abb. 3). Jede der angebotenen Darstellungen kann per Touchbedienung auf die Schaltflächen unterhalb des

Aufgabentextes – je nach Belieben und individuellen Lernvoraussetzungen der Kinder – ein- oder ausgeblendet werden. So kann bspw. ein Kind, das Sachtexte sicher lesen und verstehen kann, lediglich die Monodarstellung ‚Text‘ nutzen. Hingegen können Kinder mit Schwierigkeiten in diesem Bereich auf andere Darstellungen zurückgreifen. In einer Studie mit 60 Schülerinnen und Schülern mit Leseschwierigkeiten aus dritten und vierten Klassen zeigte sich die Tendenz, dass die Kinder eher dann ein Situationsmodell zu einer problemhaltigen Sachaufgabe entwickeln können, wenn ihnen eine Aufgabe zuvor mittels einer multiplen Darstellung (Text und Ton bzw. Text, Ton und Animation) gestellt wurde (Walter & Rink, 2020). Dieser Befund deckt sich auch mit Studien zu anderen mathematischen Inhalten (bspw. Peltensburg et al., 2009), so dass das Angebot multipler Darstellungen insbesondere mit Schwierigkeiten beim Textverständnis eine *kurzfristige* Hilfe für die Teilhabe im Mathematikunterricht sein kann.

Gleichzeitig dürfen jedoch auch *langfristige* Förderansätze nicht vernachlässigt werden, die die Kinder dazu befähigen, textlich dargebotene problemhaltige Sachaufgaben auch ohne das Angebot multipler Darstellungen verstehen zu können. Ein Vernachlässigen langfristiger Förderansätze, wie das Anfertigen von ‚Info Netzen‘ (Dröse, 2019) oder das Zeichnen von Skizzen zu gegebenen Situationen (Bräuer et al., 2021), bei gleichzeitiger Fokussierung kurzfristiger Unterstützung durch Aufgabenvideos wird die Schwierigkeiten der Lernenden eher kompensieren – und nicht beheben. Daher empfiehlt es sich, neben den in der App verfügbaren Aufgabenvideos auch die Bearbeitungshilfen, etwa Schieberegler zu den Situationen oder Möglichkeit der Erzeugung eines Diagramms, zu nutzen, mit denen auch ein Erschließen der Situation möglich erscheint.

2.4 Verfügbarkeit und Nutzung mathematikhaltiger Videos

Nachdem im bisherigen Verlauf dieses Abschnittes der Versuch einer Kategorisierung verschiedener Lernvideos mit dem Fokus auf das Fach Mathematik unternommen wurde, sollen nachfolgend Forschungsbefunde zur Verfügbarkeit und Nutzung selbiger dargelegt werden. Dies erscheint wichtig, um die Frage nach der bedarfsgerechten Verwendung von Lernvideos ergründen zu können.

Im Zusammenhang mit der Bedeutsamkeit von Lernvideos werden vielfach die KIM-Studien herangezogen. Auch der jüngste Studienzyklus, dessen Erhebung im Herbst 2020 – also mitten in der Coronapandemie bei wieder eingetretenem Präsenzunterricht – bei 1216 Hauptzieherinnen und Hauptziehern

sechs- bis dreizehnjähriger Kinder stattgefunden hat, untersucht Fragen des Medienkonsums und der Mediennutzung von Kindern. Es zeigt sich, dass mit 99 Prozent nahezu alle Schülerinnen und Schüler in ihrem Haushalt auf digitale Endgeräte zurückgreifen können. Bezogen auf den Konsum von Lernvideos in *informellen* Settings geben 23 Prozent der Haupterziehenden an, dass die Kinder jeden oder fast jeden Tag YouTube nutzen; 36 Prozent der Kinder ein-/mehrmals pro Woche. Von denjenigen Schulkindern, die zumindest selten digitale Geräte in *formellen* Unterrichtskontexten nutzen ($N = 755$), schauen 23 Prozent mindestens einmal pro Woche ein Video zu einem Unterrichtsthema an, während 21 Prozent der Kinder mindestens einmal pro Woche einen Film bzw. ein Video selbst zu einem Unterrichtsthema erstellen (Feierabend et al., 2021).

Die KIM-Studien liefern somit Aufschlüsse über die prinzipielle Verfügbarkeit und die Nutzung von Lernvideos in *informellen* und *formellen* Settings. Sie lassen aber kaum Interpretationen zu *fachdidaktischen* Aspekten zu. So wird bspw. nicht untersucht, wie die genutzten Videos fachspezifisch ausgestaltet sind, so dass der Bestand an Lernvideos für den Mathematikunterricht systematisiert werden könnte. Überdies bleibt es unklar, welche Beweggründe zu einer Nutzung eines Videos führen können oder welche Schülerinnen und Schüler mit welchen Lernvoraussetzungen welche Art von Lernvideos konsumieren. Diese Überlegungen sind keineswegs als Kritik an KIM zu verstehen, sondern vielmehr als Plädoyer für die *zusätzliche* Berücksichtigung *fachdidaktischer* Aspekte.

Bezogen auf die Frage, welche Typen von mathematischen Lernvideos auf gängigen Streaming Plattformen (bspw. YouTube) in welchem Umfang verfügbar sind, liegen bislang keine systematischen und quantifizierenden Untersuchungen vor. Aus der Mathematikdidaktik heraus wird jedoch vielfach eine Dominanz von Videos des Typs ‚Erklären-Wie‘ attestiert (u. a. Oldenburg et al., 2020; Pinkernell et al., im Druck; Reinhold et al., im Druck; Schöttler, 2020), denen eher ein monologischer und expositorischer Charakter zugeschrieben wird (Lee & Lehto, 2013; Lobato et al., 2019).

Hinsichtlich der Frage, *warum* und *wofür* Schülerinnen und Schüler verfügbare mathematikhaltige Lernvideos nutzen, liegen erste Forschungsbefunde vor. So analysierten Klinger und Walter (2022) 457 Nutzendenrezensionen zu je einem vielfach genutzten YouTube-Lernvideo² für den Primar- sowie den Sekundarbereich. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Schülerinnen und

2 Es wurden die Nutzendenrezensionen zu je einem Video aus den YouTube Kanälen „Mathe by Daniel Jung“ sowie „Lehrerschmidt“ analysiert. Beide Kanäle weisen mittlerweile etwa je eine Million Abonnenten auf.

Schüler die analysierten Lernvideos vornehmlich für die Bewältigung der ihnen gestellten Hausaufgaben sowie zur Prüfungsvorbereitung nutzen. Überdies ist auffällig, dass (auch) das Video mit Inhalten aus dem Primarbereich vornehmlich von Schülerinnen und Schülerinnen des Sekundarbereichs genutzt wird, um einerseits bereits in der Vergangenheit thematisierte Inhalte aufzufrischen oder andererseits unbekannte Inhalte zu verstehen. Insbesondere letzter Nutzungszweck erscheint vor dem Hintergrund der nur bedingt verstehensorientierten Ausrichtung der analysierten Lernvideos paradox. Kulgemeyer (2018, S. 9) spricht in diesem Zusammenhang von einer „Verstehensillusion“. Nach der Betrachtung eines Videos wähnen sich Lernende in der Sicherheit, einen Inhalt durchdrungen zu haben, wenngleich das Video dies aus fachdidaktischer Perspektive nur bedingt leisten kann. Eine kritische Auseinandersetzung hierzu findet sich auch in Oldenburg et al. (2020):

Es ergibt sich die widersprüchliche Situation, dass die Videos einerseits häufig elementare didaktische Kriterien offenkundig nicht erfüllen, andererseits aber zumindest von Teilen der schulischen Zielgruppe geschätzt werden und offenbar dazu beitragen können, den Schulalltag und schulische Prüfungssituationen zu bewältigen. Lässt sich hier also mit dem aus der Medizin bekannten Leitsatz „Wer heilt, hat Recht“ urteilen? Die Frage nach Art, Form und Inhalten schulischer Prüfungen drängt sich hier stark auf: Wie kann es sein, dass Nachhilfe-Videos, die zentrale Kompetenzen wie Argumentieren, Kommunizieren oder Modellieren nicht im Geringsten adressieren, so erfolgreich sind? (Oldenburg et al., 2020, S. 62)

In diesem Zusammenhang untersuchten Oldenburg et al. (2020) bei einer Befragung von 465 Schülerinnen und Schülern, welche YouTube-Kanäle den Lernenden bekannt sind und welche bereits genutzt wurden. Sie konnten feststellen, dass fachdidaktisch adäquat eingeschätzte Erklärvideos nur vereinzelt genutzt werden. Dies werten die Autoren und die Autorin als Indiz für die Notwendigkeit einer zielführenden didaktischen Begleitung der Videos, die zu einer Ausschöpfung der innewohnenden Potenziale beitragen können. Vergleichbare Ergebnisse lassen sich auch bei Kulgemeyer und Peters (2016) in ihrer Analyse von Lernvideos für den Physikunterricht feststellen.

Bednorz und Bruhn (2021) analysierten überdies das Angebot mathematischer YouTube-Videos anhand 1941 Videos diverser Kanäle anhand der Metadaten der Videos (u. a. Anzahl der Aufrufe je Video, Feedback der Nutzenden) sowie ausgewählter qualitativer Daten (u. a. mathematischer Inhaltbereich). Mit Blick auf die Metadaten konnte herausgestellt werden, dass vor allem kreativ-künstlerisch gestaltete Lernvideos hohe Aufrufzahlen aufweisen. Bezogen auf die qualitativen Merkmale wird deutlich, dass weit mehr Lernvideos zur

Arithmetik und zur Algebra vorliegen als zu den Inhaltsbereichen Geometrie und Stochastik.

3. Fazit und Ausblick

Digitale Medien nehmen – nicht erst seit der Coronapandemie – einen großen Stellenwert in der bildungspolitischen, gesellschaftlichen und auch fachdidaktischen Diskussion ein. Vor allem Tablet-Apps sowie Lernvideos scheinen aktuell mehr und mehr im Mathematikunterricht Einzug zu finden. Die Vielfalt an digitalen Lernangeboten ist in diesen Bereichen bereits jetzt sehr groß und wird aufgrund der Aktualität der Thematik auch zukünftig sicherlich weiter wachsen.

Obschon zweifelsfrei viele blinde Flecken in der Forschungs- und Entwicklungslandschaft zu verzeichnen sind, machen – zumindest mir – die Aktivitäten vieler engagierter Kolleginnen und Kollegen in Forschung und Praxis Mut, eine stärkere fachdidaktische Pointierung des Einsatzes digitaler Medien zu gewährleisten und Impulse für den Mathematikunterricht zu generieren. Angesichts des aktuellen Standes sind zukünftig jedoch drei Arbeitsschwerpunkte in besonderer Weise zu adressieren:

- *Fachdidaktisch gehaltvolle Software und Lernvideos aus der Fachdidaktik entwickeln:* Das derzeitige Angebot digitaler Lernangebote deckt den Bedarf von Lehrerinnen und Lehrern sowie Schülerinnen und Schülern noch lange nicht ab, so dass die Mathematikdidaktik sich (noch) stärker an der Entwicklung und Beforschung digitaler Lernangebote beteiligen muss.
- *Professionelle Kompetenzen von Lehrkräften entwickeln:* Guter digital gestützter Mathematikunterricht benötigt Lehrerinnen und Lehrer, die ihn gestalten können, so dass systematische Aus- und Weiterbildungsangebote an der Universität, im Referendariat und im Rahmen von Fortbildungen notwendig erscheinen.
- *Konzepte des ‚sich-Ergänzens‘ digitaler und physischer Medien entwickeln:* Digitale Medien sollen und werden physische Unterrichtsmedien und Konzepte nicht ersetzen, so dass die weitere Entwicklung von Konzepten zur Abstimmung verschiedener Medien nötig sein wird.

Bei allen aktuellen und zukünftigen Überlegungen des Einsatzes digitaler Medien im *Mathematikunterricht* scheint dabei eine Orientierung an fachdidaktischen Argumenten statt an technikbezogenen Überzeugungen zentral zu sein:

Weder technikfixierte Euphorien noch statusbewahrende Ressentiments sind Zukunftsträchtig. Wünschenswert scheint eine Mischung aus den positiven Seiten dieser beiden Extreme zu sein, man könnte es Visionen mit Bodenhaftung nennen. (Krauthausen, 2012, S. 116)

Literatur

- Ahlers, V., & Nienauß, S. (o.J.). *Rechnen bis 20, Entdeckerfilm „Auf dem Parkplatz“*. Abgerufen 26. August 2021, von <https://grundschul-blog.de/rechnen-bis-20-entdeckerfilm-zahlenbuch/>
- Bednorz, D., & Bruhn, S. (2021). Mehr als nur erklären – eine Bestandsanalyse des Angebots an mathematischen YouTube-Videos. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 110, 10–17.
- Bräuer, V., Leiss, D., & Schukajlow, S. (2021). Skizzen zeichnen zu Modellierungsaufgaben – Eine Analyse themenspezifischer Differenzen einer Visualisierungsstrategie beim mathematischen Modellieren. *Journal für Mathematik-Didaktik*. <https://doi.org/10.1007/s13138-021-00182-7>
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2016). *Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft*. https://www.bmbf.de/files/Bildungsoffensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf
- Drijvers, P. (2019). Head in the clouds, feet on the ground – A realistic view on using digital tools in mathematics education. In A. Büchter, M. Glade, R. Herold-Blasius, M. Klinger, F. Schacht, & P. Scherer (Hrsg.), *Vielfältige Zugänge zum Mathematikunterricht* (S. 163–176). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24292-3_12
- Dröse, J. (2019). *Textaufgaben lesen und verstehen lernen: Entwicklungsforschungsstudie zur mathematikspezifischen Leseverständnisförderung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-27850-2>
- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M., Vahrenhold, J., & Waxmann Verlag. (2019). *ICILS 2018 #Deutschland computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Waxmann
- Feierabend, S., Rathgeb, T., Kheredmand, H., & Glöckler, S. (2021). *KIM-Studie 2020*. https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2020/KIM-Studie2020_WEB_final.pdf
- Frischemeier, D. (2020). Nutzungsweisen der Software TinkerPlots bei der Analyse von Daten – Eine explorative Fallstudie mit Schülerinnen und Schülern der Primarstufe. In S. Ladel, R. Rink, C. Schreiber, & D. Walter (Hrsg.), *Forschung zu und mit digitalen Medien* (S. 11–199). WTM-Verlag. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871747.0.13>

- Goodwin, K., & Highfield, K. (2013). A Framework for Examining Technologies and Early Mathematics Learning. In L. D. English & J. T. Mulligan (Hrsg.), *Reconceptualizing Early Mathematics Learning* (S. 205–226). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6440-8_11
- Irion, T., & Krammerl, R. (2018). Mit digitalen Medien lernen – Grundlagen, Potenziale und Herausforderungen. *Die Grundschulzeitschrift*, 307, 12–18.
- Käpnick, F., & Benölken, R. (2020). *Mathematiklernen in der Grundschule*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60872-2>
- Klinger, M., & Walter, D. (2022). How users review frequently used apps and videos containing mathematics. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 29(1), 25–35.
- Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland. (2016). *Bildung in der digitalen Welt*. <https://www.kmk.org/presse/pressearchiv/mitteilung/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html>
- Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (Hrsg.). (2005). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich*. Wolters-Kluwer & Luchterhand.
- Krauthausen, G. (1995). Die „Kraft der Fünf“ und das denkende Rechnen. In E. Ch. Wittmann & G. N. Müller (Hrsg.), *Mit Kindern rechnen* (S. 81–108). Arbeitskreis Grundschule.
- Krauthausen, G. (1997). *Blitzrechnen. Kopfrechnen im 1. Und 2. Schuljahr. CD-ROM*. Klett Grundschulverlag.
- Krauthausen, G. (2012). *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2277-4>
- Krauthausen, G. (2020). Tablets ante portas – Innovation oder/und Déjà-vu. In B. Brandt, L. K. Bröll, & H. Dausend (Hrsg.), *Digitales Lernen in der Grundschule II – Aktuelle Trends in Forschung und Praxis* (S. 40–59). Waxmann.
- Krauthausen, G., & Pilgrim, A. (2019). Digitale Medien in der mathematikdidaktischen Lehramtsausbildung – Erfahrungen aus Lehrangeboten zu einem Verbundprojekt. In D. Walter & R. Rink (Hrsg.), *Digitale Medien in der Lehrerbildung Mathematik* (S. 13–36). WTM-Verlag. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871204.001>
- Kulgemeyer, C. (2018). Wie gut erklären Erklärvideos? Ein Bewertungs-Leitfaden. *Computer + Unterricht*, 8–11.
- Kulgemeyer, C., & Peters, C. H. (2016). Exploring the explaining quality of physics online explanatory videos. *European Journal of Physics*, 37(6), 065705. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/37/6/065705>
- Ladel, S. (2018). Sinnvolle Kombination virtueller und physischer Materialien. In S. Ladel, J. Knopf, & A. Weinberger (Hrsg.), *Digitalisierung und Bildung* (S. 3–22). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18333-2_1
- Larkin, K. (2014). iPad apps that promote mathematical knowledge? Yes, they exist! *APMC*, 19(2), 28–32.

- Lee, D. Y., & Lehto, M. R. (2013). User acceptance of YouTube for procedural learning: An extension of the Technology Acceptance Model. *Computers & Education*, 61, 193–208. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.001>
- Lobato, J., Walters, C. D., Walker, C., & Voigt, M. (2019). How Do Learners Approach Dialogic, On-Line Mathematics Videos? *Digital Experiences in Mathematics Education*, 5(1), 1–35. <https://doi.org/10.1007/s40751-018-0043-6>
- Oldenburg, R., Bersch, S., Merkel, A., & Weckerle, M. (2020). Erklärvideos: Chancen und Risiken. Zwischen fachlicher Korrektheit und didaktischen Zielen. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 109, 58–63.
- Peltenburg, M., van den Heuvel-Panhuizen, M., & Doig, B. (2009). Mathematical power of special-needs pupils: An ICT-based dynamic assessment format to reveal weak pupils' learning potential. *British Journal of Educational Technology*, 40(2), 273–284. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2008.00917.x>
- Pinkernell, G., Reinhold, F., Schacht, F., & Walter, D. (im Druck). Mathematik, Mathematikunterricht und Mathematikdidaktik im Zeichen digitaler Transformation. In *Bildung in der digitalen Welt*. Waxmann.
- Rasch, R. (2003). *42 Denk- und Sachaufgaben*. Kallmeyer Klett.
- Reinhold, F., Walter, D., & Weigand, H.-G. (im Druck). Digitale Medien. In R. Bruder, A. Büchter, H. Gasteiger, B. Schmidt-Thieme, & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch Mathematikdidaktik* (2. Auflage). Springer.
- Rink, R., & Walter, D. (2020a). *Digitale Medien im Matheunterricht – Ideen für die Grundschule*. Cornelsen.
- Rink, R., & Walter, D. (2020b). Sachrechnen 2.0 – Unterstützung für den Aufbau eines Situationsmodells beim Sachrechnen. *Grundschulunterricht Mathematik*, 2/2020, 28–31.
- Römer, S. (in Vorbereitung). *Entdeckerfilme im Mathematikunterricht der Grundschule – Entwicklung und Erforschung von videobasierten Lernumgebungen*. TU Dortmund.
- Römer, S., & Nührenbörger, M. (2018). Entdeckerfilme im Mathematikunterricht der Grundschule – Entwicklung und Erforschung von videobasierten Lernumgebungen. In Fachgruppe Didaktik der Mathematik der Universität Paderborn (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2018* (S. 1511–1514). WTM-Verlag.
- Schipper, W. (1986). Grundschulmathematik: Vom Abacus zum Computer? *Grundschule*, 18(4), 20–24.
- Schmidt-Thieme, B. (2009). „Definition, Satz, Beweis“ – Erklärgewohnheiten im Fach Mathematik. In R. Vogt (Hrsg.), *Erklären. Gesprächsanalytische und fachdidaktische Perspektiven* (S. 121–131). Stauffenburg.
- Schöttler, C. (2020). Einsatz interaktiver Lernvideos im inklusiven Mathematikunterricht. In *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020* (S. 837–840). WTM-Verlag.
- Schulz, A., & Walter, D. (2019). Stellenwerte verstehen und üben. *Fördermagazin*, 4, 10–16.

- Schwippert, K., Kasper, D., Köller, O., McElvany, N., Selter, C., Steffensky, M., & Wendt, H. (Hrsg.). (2020). *TIMSS 2019. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830993193>
- Steffen, A. (2021). *Digitale Lernbegleitungen bei der Bearbeitung von Raumvorstellungsaufgaben – Eine Interventionsstudie mit einem digitalen Spielsystem im frühkindlichen Bildungsbereich*. Universität Vechta.
- Urff, C. (2021). *Digitale Lernmedien für die Grundschulstufe*. <http://www.lernsoftware-mathematik.de>
- Walter, D. (2018). *Nutzungsweisen bei der Verwendung von Tablet-Apps*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-19067-5>
- Walter, D. (im Druck). Durchblick im App-Dschungel der Mathe-Apps. *Mathematik differenziert, 3–2022*.
- Walter, D., & Rink, R. (2020). Multiple Repräsentationen und ihr Einfluss auf die Generierung eines Situationsmodells beim Sachrechnen. In S. Ladel, R. Rink, C. Schreiber, & D. Walter (Hrsg.), *Forschung zu und mit digitalen Medien* (S. 233–245). WTM-Verlag. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871747.0.16>
- Weigand, H.-G. (2020). Was lehrt uns das „Lernen zuhause“ im Hinblick auf den (zukünftigen) Einsatz digitaler Technologien im Mathematikunterricht? *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik, 109*, 63–67.
- Wittmann, E. Ch. (1985). Objekte – Operationen – Wirkungen: Das operative Prinzip in der Mathehmatikdidaktik. *mathematik lehren, 11*, 7–11.
- Wittmann, E. Ch. (1992). Üben im Lernprozeß. In *Handbuch produktiver Rechenübungen, Band 2: Vom halbschriftlichen zum schriftlichen Rechnen* (S. 175–182). Klett.
- Wolf, K. D. (2015). Video-Tutorials und Erklärvideos als Gegenstand, Methode und Ziel der Medien- und Filmbildung. In A. Hartung, B. Thomas, T.-W. Christine, B. Alessandro, & K.-M. Katharina (Hrsg.), *Filmbildung im Wandel* (S. 121–131). New Academic Press.

Philippe Wampfler

Postdigitaler Unterricht an der Grundschule

Eine Einführung

Abstract

Postdigitaler Unterricht bezieht digitale Technologien und Medien als Rahmenbedingungen in die Planung ein, betrachtet aber Lehr- und Lernprozesse grundsätzlich unabhängig davon. Der vorliegende Beitrag zeigt an zwei konkreten Beispielen, was das für die Grundschule bedeutet. Ausgehend davon lässt sich analytisch ableiten, welche Aspekte für gelingendes Unterrichtsdesign in diesem Kontext bedeutsam sind.

Der folgende Beitrag argumentiert analytisch normativ dafür, eine postdigitale Sichtweise auf Schul- und Unterrichtsentwicklung einzunehmen. Einleitend wird geklärt, was darunter zu verstehen ist. Zwei Beispiele erlauben eine Konkretisierung der zunächst abstrakten Ausführungen und sind die Grundlage für Hinweise zur Best Practice.

Die hier diskutierten Zusammenhänge gehen von idealen Voraussetzungen aus – die heute nicht gegeben sind. Die Ausstattung von Schulen lässt zu wünschen übrig, auch weil die Mittel aus dem Digitalpakt spät und unvollständig abgerufen werden (können) (Kuhn, 2021). Gleichzeitig unterscheiden sich die heute vorhandenen Überzeugungen unter Lehrkräften teilweise massiv, wie etwa die Untersuchung von Knüsel Schäfer gezeigt hat (Knüsel Schäfer, 2020, S. 229 ff.). Der Umgang mit Digitalität an Schulen ist abhängig vom beruflichen Selbstverständnis von Lehrkräften und damit nicht nur Gegenstand pädagogischer Erwägungen, sondern auch affektiv besetzt. Haltungen von Lehrpersonen verändern sich dann, wenn *Teacher Readiness* und *School Readiness* gegeben sind (ebd., S. 239 ff.): Die Einstellungen von Lehrpersonen sind abhängig von den schulischen Bedingungen, unter denen sie sich entfalten. Das gilt auch für die folgende Diskussion zu einer postdigitalen Perspektive auf Schule und Unterricht, auch wenn das in den einzelnen Abschnitt nicht weiter thematisiert wird.

1. Postdigitalität als Schulentwicklungsparadigma

1.1 Mediale Paradigmen

Digitalität ist ein mediales Paradigma, das „Wissen und Lernen [...] prägt“, wie das zuvor Oralität, Skriptografie und Typografie getan haben (Krommer, 2021a, S. 61). Digitalität geht von der Verarbeitung vernetzter Daten aus, auf die Menschen gemeinschaftlich und unter Zuhilfenahme von Programmen zugreifen. Wer sich in der Buchdruckkultur (Paradigma der Typografie) über die Population einer Großstadt informieren will, schlägt die Zahl in einem nicht mehr ganz aktuellen Lexikon nach. In der Kultur der Digitalität geschieht das über Suchanfragen, die auf digitale Seiten führen, die wiederum auf Datenquellen verweisen (ebd., S. 65).

Der Leitmedienwechsel vom Buch hin zur Digitalität hat für Schulen deshalb massive Auswirkungen, weil sich Wissensarbeit und Lernkonzeptionen fundamental wandeln. Hauck-Thum schreibt in Bezug auf die Grundschule von der Notwendigkeit, „vielfältige Bildungserfahrungen“ anzubieten, „die dazu beitragen können, den zunehmenden Herausforderungen der digitalen Welt gerecht zu werden“ (Hauck-Thum, 2021, S. 81).

1.2 Postdigitalität im Kontext Schule

Postdigitalität bezeichnet in diesem Zusammenhang kein weiteres mediales Paradigma, das Digitalität ablösen würde. Vielmehr geht es um die Frage, wie Schulen mit dem Leitmedienwechsel umgehen. Macgilchrist hat die postdigitale Perspektive darauf wie folgt zusammengefasst:

Mit „postdigital“ bezeichne ich solche pädagogischen Ansätze, in denen es primär um neue Lehr- und Lernpraktiken, Bildungsziele und Vorstellungen von „guter Schule“ in einer digital vernetzten Welt geht. Digitale Technologien sind für diese Praktiken und Ziele notwendig, aber sie sind den pädagogischen Überlegungen untergeordnet. Digitalität wird zum Hintergrund des Alltags. Sie muss nicht mehr explizit als „Digitalisierung“ thematisiert werden, sondern ist lediglich ein Aspekt eines umfassenden Transformations- oder Schulentwicklungsprozesses. (Macgilchrist, 2019)

Die postdigitale Perspektive kann im Kontext der Schule also als eine Haltung definiert werden, welche Lehr- und Lernprozesse einerseits unabhängig von digitalen Technologien und Medien gestalten will, andererseits die Möglichkeit ihres Einsatzes als Rahmenbedingung mitdenkt.

Entscheidend sind also eine Reihenfolge und ein Begründungszusammenhang: Primär geht es um pädagogische Erfordernisse, die mit sich bringen, dass digitale Medien und Technik genutzt werden. Weil bestimmte Lernziele nur erreicht werden können, wenn Schülerinnen und Schüler digitale Verfahren beherrschen, werden diese im Unterricht eingesetzt. Das ist deshalb der Fall, weil Digitalität die Gesellschaft und den Alltag prägt.

1.3 Bezug zu Schul- und Unterrichtsentwicklung

Postdigitalität bezieht sich somit auf Unterrichts- und Schulentwicklungsprozesse. Als Haltung löst sie eine dominante Vorstellung der Digitalisierung ab: Schulen, die Digitalisierung betreiben oder digitalisiert werden, beschäftigen sich mit einer Reihe von Fragen, die im Kern darauf abzielen, mehr Digitalität in Schulen zu bringen – mehr Endgeräte, mehr Software, mehr Unterrichtsstunden, mehr Know-how und auch mehr Effizienz, indem Abläufe digital erfasst und bearbeitet werden. Im Gegensatz dazu konzipiert Postdigitalität Schulentwicklung nicht als eine Ergänzung bestehender Schulformen durch Aspekte der Digitalität, sondern als ihren Wandel: „Innovation‘ wird hier nicht als die Einführung von Tablets, VR, AR oder KI verstanden, sondern als die subtile Transformation der schulischen Alltagspraktiken“ (Macgilchrist, 2019).

Im Mittelpunkt postdigitaler Schulentwicklung stehen pädagogische Fragen, die sich auf einen Nenner bringen lassen: Wie sieht ein Umfeld aus, in dem junge Menschen sinnstiftend Kompetenzen aufbauen und lernen können, Verantwortung zu übernehmen?

Was die Schulentwicklungsparadigmen Digitalisierung und Postdigitalität unterscheidet, lässt sich an einem einfachen Beispiel verdeutlichen. Im März 2021 bat eine Lehrerin auf Twitter um Hilfe:

„Ich habe im Deutschunterricht gerade das Thema „Rezepte“. Hat jemand eine Idee, wie ich digitale Medien einbeziehen kann. Ich dachte so an ein Ebook erstellen mit den iPads. Bitte für jeden Tipp dankbar.“ (Dodenhoff, 2021; Fehler im Original)

Die Vorstellung, im Rahmen der Unterrichtsplanung müsste man digitale Medien „einbeziehen“, prägt das Denken im Paradigma der Digitalisierung. Etwas an sich Nicht-Digitales (Rezepte), das vom Lehrplan vorgegeben wird, wird in einem Teil der Schulstunden so behandelt, dass Handlungen mit digitalen Medien für die Lernenden möglich werden. Die Lehrerin denkt an bestimmte Soft- und Hardware und wünscht sich als Rückmeldung Anleitungen und Best-Practice-Beispiele.

Aus dem Paradigma der Postdigitalität stellt sich zunächst die Frage, was Schülerinnen und Schüler rund um Rezepte lernen können und sollen. Ein Thema allein charakterisiert keinen Lernprozess, Kompetenzaufbau oder eine gesellschaftliche Verantwortung. Ein Lernprozess könnte zum Beispiel darin bestehen, Familienrezepte so zu archivieren, dass sie für die nächste Generation noch zugänglich sind und in der Klasse leicht ausgetauscht werden können. Die Lernenden würden sich mit Fragen der Ernährung, der Kultur und der Medialität von Rezepten auseinandersetzen. Digitalität an sich befindet sich völlig im Hintergrund: Die Aufgabenstellung könnte einige dazu bringen, ein Rezeptbuch zu schreiben, andere können Rezeptvideos aufzeichnen, die auf digitalen Plattformen verbreitet werden. Wer so arbeitet, geht davon aus, dass Kinder mit Rezepten im *TikTok*-Format vertraut sind, unter Umständen auch Techniken kennen, wie Rezeptvideos beim Kochen aufgezeichnet werden können. Im besten Fall verstehen Schülerinnen und Schüler nach der Unterrichtseinheit genauer, wie Rezepte digital verbreitet werden, welche Effekte bei Rezeptvideos eingesetzt werden und wie sie selber produktiv mit diesen Möglichkeiten umgehen können.

Auch wenn das Beispiel nur Unterrichtsentwicklung betrifft, so lässt es sich doch auf Schulentwicklung übertragen: Aus einer übergreifenden Perspektive stellt sich dann die Frage, wie Schulen aufgestellt sein müssen, damit Lernprozesse so ablaufen, dass sie ganzheitlich betrachtet und nicht thematisch oder medial eingeschränkt stattfinden.

In Bezug auf Digitalität löst sich damit das Mehrwert-Problem (Krommer, 2019) auf: Der Vergleich zwischen nicht-digitalisierten und digitalisierten Lehr- und Lernformen entfällt, der Nachweis, dass die Arbeit mit digitalen Medien effizienter, wirksamer oder anderweitig besser ausfällt als diejenige ohne digitale Medien, muss nicht erbracht werden. Digitale Medien und Digitalität werden nicht in Schulen oder im Unterricht eingebaut – als in der Gesellschaft selbstverständliches Medium gehören sie auch zur Schule und sind deshalb im Hintergrund konstant präsent. Die Frage nach dem Mehrwert wird dadurch obsolet, dass Medien Teil einer Kultur sind, zu der auch Bildung, Unterricht und Lernen gehören. Weil diese Kultur die Kultur der Digitalität ist und ein Leitmedienwechsel stattfindet, der Schulen im Kern transformiert, müssen sie nicht digitalisiert werden, sondern die Herausforderungen der Digitalität angehen. Das ist es, was das Paradigma der Postdigitalität meint.

2. Das Problem der didaktischen Rekonstruktion im Kontext der (Post-)Digitalität

Didaktische Rekonstruktion ist eine differenziertere Vorstellung didaktischer Reduktion: Durch Bezüge zwischen Perspektiven der Lernenden und fachlicher Klärung des Unterrichtsgegenstands wird didaktische Strukturierung von Unterrichtseinheiten möglich. Dabei werden zusätzliche Kontexte eingebunden, die Komplexität wird erhöht (Reinfried et al., 2009, S. 407).

Beim Beispiel der Rezepte bedeutet didaktische Rekonstruktion, dass eine Lehrkraft erfassen muss, was Schülerinnen und Schüler über Rezepte wissen, wie sie Rezepte wahrnehmen und damit umgehen. Diese Konzeptionen vergleicht sie mit fachwissenschaftlichen Einsichten, etwa in Bezug auf die audiovisuelle Inszenierung von Rezepten im Vergleich mit schriftsprachlichen Versionen. Der Abgleich von Fachwissen und Vorwissen der Lernenden dient dazu, didaktische Planungsschritte vorzunehmen.

Digitalität führt nun dazu, dass mediale Erfahrungen und Prägungen von Lernenden als Kontext hinzukommen. Lehrende können nicht davon ausgehen, dass alle Kinder die Textsorte Rezept in ihrer schriftsprachlichen Form kennen, müssen aber gleichzeitig damit rechnen, dass einige Lernende mit Rezeptformen, -techniken und -inszenierungen vertraut sind, die auf digitalen Plattformen erstellt und verbreitet werden. Nicht nur das Vorwissen rund um Rezepte unterscheidet sich in einer Lerngruppe – auch die Erwartungen und Kenntnisse in Bezug auf ihr mediale Darstellung und Präsentation. Kompetenzaufbau und Wissenserwerb finden innerhalb einer Transformation statt, die Perspektiven vervielfacht und fachwissenschaftliche Einsichten dynamisiert. Stalder (2021, S. 6f.) spricht davon, dass Menschen „Horizonte“ konstituieren und dazu die Auswahlmechanismen der Kultur der Digitalität nutzen: Referenzen, Gemeinschaften und Algorithmen. Schauen sich Schülerinnen und Schüler auf *TikTok* Rezept-Videos an, dann zeigt ihnen der Algorithmus basierend auf ihren impliziten Vorlieben weitere Videos an, die denen gleichen, die sie sich länger angesehen haben. Über Messenger tauschen Kinder und Jugendliche Links zu *TikTok*-Videos aus, die sie ansprechen, sie bilden so Gemeinschaften, die wiederum auf die Algorithmen zurückwirken. Und da alle Videos mit Hashtags und Usernamen verlinkt sind, bilden sie ein Netz von Referenzen, das Userinnen und User vom einen zum nächsten Video führt.

Für die didaktische Rekonstruktion bedeutet das, dass Lehrende sich mit diesen Filtern auseinandersetzen müssen. Dabei sollte ihnen bewusst werden, dass auch sie sich innerhalb eines Horizontes bewegen, den sie medial konstituiert haben. Lehrende wissen in einer Kultur der Digitalität nicht per se

mehr als Lernende, sondern nehmen eine andere Perspektive auf Zusammenhänge ein. Diese Einsicht gilt auch für den Unterricht der Grundschule und ist dann relevant, wenn mit der Methode der didaktischen Rekonstruktion nach didaktischen Settings gesucht wird, in denen Vorstellungen von Kindern mit fachwissenschaftlichen Einsichten ins Spiel gebracht werden können.

Eine Konsequenz daraus wurde im letzten Abschnitt schon diskutiert: Ein postdigitaler Zugang ist deshalb notwendig, weil ein Fokus auf digitale Arbeits- und Lernformen nicht für alle Schülerinnen und Schüler relevant oder förderlich sein kann. Wer schon hunderte von *TikTok*-Rezeptvideos gesehen und schon eigene gedreht hat, lernt unter Umständen dann Wesentliches, wenn die Aufgabe lautet, eine Einkaufsliste zu schreiben. Wer hingegen lediglich schriftsprachliche Rezepte aus Kochbüchern kennt, kann davon profitieren, die Ästhetik und Dynamik auf digitalen Plattformen zu erproben. Das führt zur zweiten und dritten Konsequenz: Didaktische Rekonstruktion im Kontext der Digitalität erfordert individualisierte und produktionsorientierte Zugänge. Individualisierung muss nicht weiter begründet werden, die Notwendigkeit für dieses Verfahren wird durch die Konstruktion von Horizonten im Kontext der Digitalität, wie sie Stalder beschreibt (2021, S. 6f.), nur verstärkt. Die Produktionsorientierung hängt mit der Einsicht zusammen, dass Medienkompetenz nicht durch Anleitung, sondern primär experimentell aufgebaut werden kann (Wampfler, 2020, S. 18ff.). Da die Reaktionen von Gemeinschaften und die Verarbeitung durch Algorithmen oft nur im Kontext erprobt, nicht aber theoretisch erfasst werden kann, führt das zur Einsicht, dass Unterricht, der den Aufbau von Medienkompetenz begünstigt und begleitet, entsprechende Angebote machen muss.

3. Zwei Beispiele aus dem Grundschulunterricht

Die vorgelegte Definition einer postdigitalen Perspektive soll in Bezug auf den Unterricht an Grundschulen an zwei Beispielen konkretisiert werden. Ausgehend von Kompetenzen werden dabei Bestrebungen im Zusammenhang mit Digitalisierungsbemühungen mit einer postdigitalen Förderung von Kompetenzen verglichen.

3.1 Messen in der Mathematik

Längenmaße in der Mathematik sind als Thema mit elementaren Kompetenzen verbunden: Schülerinnen und Schüler sollen befähigt werden, Längen zu

Hosentaschenbuch zu „mein Körper“

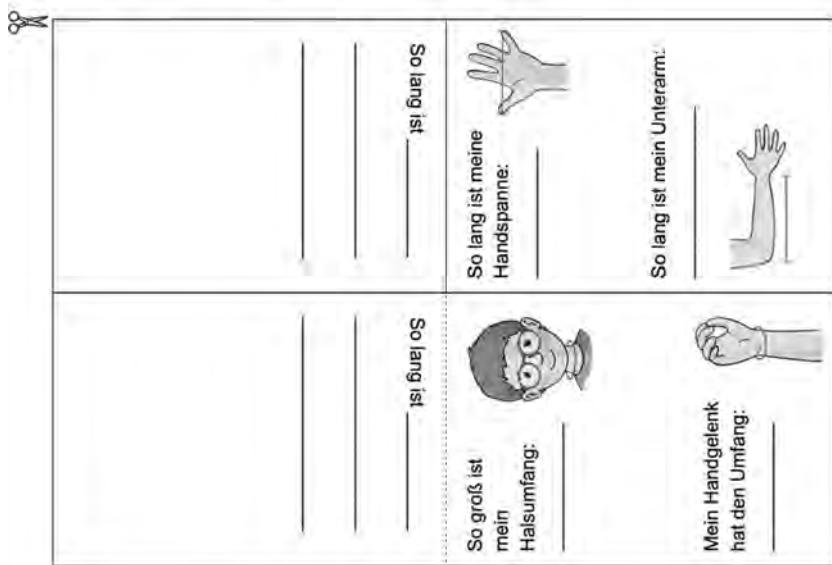


Abbildung 1: Hosentaschenbuch aus „Zahlenbuch 2“, Ausschnitt

schätzen, sie möglichst exakt zu messen und zu vergleichen. Ausgangspunkt dafür ist oft der eigene Körper: Die Körpergröße, Armspanne, die Schrittlänge, die Handbreite, die Fußlänge oder die Länge des Ellenbogens sind Längen, mit denen die Körperwahrnehmung von Kindern sich mit der abstrakten Vorstellung von Längenmaßen verbinden lässt.

Im Lehrwerk „Zahlenbuch 2“ findet sich etwa eine Vorlage für ein „Hosentaschenbuch zu „mein Körper““ (Wittmann & Müller, 2017, S. 48). Die Schülerinnen und Schüler werden damit angehalten, ihren Körper auszumessen und diese am Körper erkennbaren Längenmaße mit anderen Gegenständen zu vergleichen (vgl. Abb. 1).

Das Hosentaschenbuch erlaubt den Kindern, diese Orientierungshilfe auch direkt auf dem Körper zu tragen, sie können während der Lerneinheit das Arbeitsblatt gefaltet mit sich führen und bei Gelegenheit nachsehen, womit sie bestimmte Gegenstände vermessen könnten.

Dieses Setting mit digitalen Verfahren anzureichern hat aus didaktischer Sicht keine Funktion. Weder müssen Kinder digitale Geräte mit sich herumtragen, um Längen mit ihren Körperteilen vergleichen zu können, noch helfen ihnen digitale Verfahren dabei, die hier im Fokus stehenden Kompetenzen zu erwerben. Grundvorstellungen und -fertigkeiten im Umgang mit Längenmaßen verändern sich durch den Leitmedienwechsel nicht. Digitale Messverfahren ergänzen aber die Werkzeuge, welche Kinder beherrschen sollten. Messbän-

der sind heute teilweise mit digitalen Anzeigen ausgestattet, die Längenmaße anzeigen und auch einfache Rechenoperationen durchführen können. Die z. B. auf Smartphones verfügbaren Apps erlauben es, Längen auch dann zu messen, wenn keine physische Nähe möglich ist: So wird es beispielsweise möglich, die Länge des Zeigers der Kirchturmuhren zu messen. Zusätzliche Verfahren sowie damit verbundene Möglichkeiten erweitern so die Kompetenzen, welche in diesem Lernbereich erworben werden sollen. Damit verbunden ist auch eine Reflexion, wann es sinnvoll ist, digital erweiterte oder rein digitale Werkzeuge einzusetzen und wo ihre Stärken und Beschränkungen liegen. Damit hängt auch ein Grundverständnis für die teilweise komplexe Funktionsfähigkeit zusammen. Mit Mess-Apps müssen Kinder spielerisch Tests durchführen, um zu erkennen, wann sie genau und wann weniger genau funktionieren.

Digitale Messverfahren machen also den Themenbereich komplexer. Didaktisch führt das zu einer erweiterten Liste von Kompetenzen, nicht zu einem Ersatz von überholten durch zeitgemäße. Diese Kompetenzen erfordern aber auch neue Herangehensweisen, neue Methoden. Kurz gefasst müssen Kinder Längen (z. B. mit einem Hosentaschenbuch) mit ihrem Körper vergleichen, diesen Körper aber auch mit einer Smartphone-App vermessen und schauen, ob ihr Bein oder Finger von diesem Werkzeug genau vermessen wird.

3.2 Geschichten erzählen

Die Erzählmaus (Zentrale für Unterrichtsmedien e. V., 2019; vgl. Abb. 2) ist eine Form der didaktischen Reduktion komplexer Erzählformen für die Grundschule.

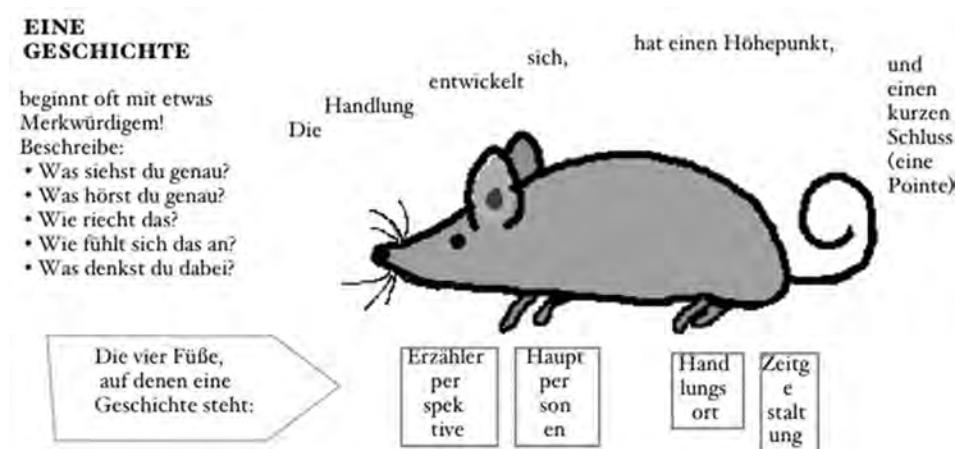


Abbildung 2: Erzählmaus nach Zentrale für Unterrichtsmedien e. V. (2019)

Das Hilfsmittel soll Schülerinnen und Schülern dabei helfen, eine Reihe von Fertigkeiten zu erwerben oder Konzepte zu verstehen: „Aufbau einer Geschichte, [...] Unterschied von innerer und äußerer Handlung, Erzählperspektive, Gebrauch der Erzählzeiten, Figurengestaltung [...], Sprache und ihre Wirkung, [...], Gestaltung bedeutungs- und stimmungsvoller Orte, geraffte oder gedehnte Zeit, Spannungselemente“ (ebd.).

Während diese Kenntnisse und Kompetenzen zweifelsohne in die Schreibdidaktik der Primarschule gehören, stellt sich die Frage, ob das Schema der Erzählmaus tatsächlich dabei hilft, sie auszubilden. Krommer spricht in seiner Kritik daran von einem „narrative[n] Prokrustesbett“, bei dem man sich fragen müsse, „welchen Sinn dieses starre Schema haben soll“ (Krommer 2021b, o. S.).

Die Erzählmaus lässt sich leicht digitalisieren: Plattformen wie *Adobe Spark*, auf denen Präsentationen oder Webseiten gestaltet werden können, setzen Hinweise oder Vorgaben ein: Userinnen und User werden gebeten, auf einzelnen Folien ganz bestimmte Informationen einzutragen, um mittels *Storytelling*-Regeln eine Geschichte so zu erzählen, dass sie die gewünschte Wirkung entfaltet. Auf die Erzählmaus angewendet würde man Lernenden so elektronische Formulare zur Verfügung stellen, in die sie spezifische Informationen eintragen müssen: „Was siehst du genau?“, „Was denkst du dabei?“.

Ein solches digitales Schreibangebot würde sich Verfahren der automatisierten Textgenerierung annähern, wie sie heute etwa im von Personalabteilungen für Arbeitszeugnisse genutzt wird: Mitarbeitende kreuzen nur noch die nötigen Kästchen an, ein Algorithmus setzt dann die richtigen Textbausteine so zusammen, dass ein Text entsteht, der den formalen Anforderungen genügt. Die Digitalisierung führt hier zusammen mit einem problematischen Verständnis von Schreibdidaktik zu einer fast dystopischen Vorstellung, bei der Menschen nicht mehr mit Texten kommunizieren, sondern Texte von Maschinen als Oberflächen-Codes erzeugt werden. Menschen ergänzen nur noch Wertungen oder Wahrnehmungen, drücken sich aber nicht mehr selber mittels Text aus.

Wie sieht eine postdigitale Alternative aus? Statt starre Vorgaben zu befolgen, bietet sich eine Orientierung am interaktionsorientierten Schreiben (Storrer, 2018) an. In der postdigitalen Kommunikation entstehen viele Texte in einem Setting, bei dem das Gegenüber reagieren kann und es für Schreibende deutlich wird, wie ihre Texte ankommen und wirken. Die Aufgabe würde dann also lauten, einer anderen Person eine Geschichte so zu erzählen, dass diese sie gut versteht, sie unterhaltsam, spannend oder lustig findet. Selbstverständlich können im Schreibunterricht gewisse Strategien erprobt werden. Die Lernen-

den übernehmen vorgeschlagene Formulierungen und folgen in Teilen einer Anleitung, sie pressen aber ihre Texte nicht in ein vorgegebenes Schema.

Digitale Plattformen machen es möglich, innerhalb einer Klasse aber auch mit externen Schreibpartnerinnen und -partnern schreibend in einen Dialog zu treten (Wampfler, 2020). Dabei müssen Texte nicht in digitalen Schreibumgebungen entstehen – auch Handgeschriebenes kann fotografiert oder gescannt übermittelt werden. Mehr noch: Fotos, Videos und Audionachrichten können neben schriftsprachlichen Texten stehen, sie erweitern, ergänzen oder ersetzen.

Postdigitales Schreiben führt zu interaktionsorientierten, multimedialen Schreibverfahren. Diese ersetzen keine etablierten Einsichten aus der Schreibdidaktik, haben aber das Potenzial, in der Praxis etablierte, aber wissenschaftlich zweifelhafte Methoden aufzulösen – etwa die Erzählmaus.

4. Best Practice im postdigitalen Grundschulunterricht

Ausgehend von den beiden Beispielen und den allgemeinen Erwägungen zu einer postdigitalen Perspektive können abschließend einige Bemerkungen aufzeigen, wie mit Postdigitalität im Unterricht sinnvoll umgegangen werden kann.

4.1 Digitalität als Hintergrund

Digitalität ist eine Realität – es gibt digitale Plattformen und Verfahren, welche die Gesellschaft und ihre Kommunikationsformen prägen und verändert haben. Als Teil der Realität ist Digitalität also ein Hintergrund des Unterrichtsgeschehens. Es handelt sich nicht um eine oder mehrere zusätzliche Kompetenzen, die Kinder erlernen müssen, sondern um Aspekte aller Kompetenzen – etwa Messen oder Geschichtenerzählen.

Drei Wechselwirkungen stehen dabei im Zentrum der Unterrichtsplanung:

1. Wie wirkt sich Digitalität auf den Alltag und auf die Lebenswirklichkeit der Kinder aus? Wie messen und schreiben sie zuhause, wie tun das ihre Eltern?
2. Welche Lernmedien eignen sich, um Kompetenzen aufzubauen – und wie wirkt sich Digitalität auf sie aus?
3. Wie arbeiten Fachpersonen, wenn sie zeitgemäße Arbeitsformen einsetzen? Was müssen Kinder lernen, wenn sie nach Schulabschluss in der Lage sein sollten, Berufe in diesen Arbeitsfeldern auszuüben?



Abbildung 3: Verhältnis von Alltagserfahrungen, Lernmedien und Fachlichkeit aus einer postdigitalen Perspektive (Darstellung des Autors)

Wenn es also darum geht, Settings zu finden, in denen Schülerinnen und Schüler in der Grundschule sinnvoll messen oder erzählen lernen können, dann muss hier ein Abgleich mit Alltagserfahrungen, medialen Möglichkeiten und Fachlichkeit erfolgen. Weil sich all diese Bereiche massiv durch Digitalität verändert haben, führt das dazu, dass sich auch zeitgemäßer Unterricht verändert – ohne dass es dabei darum geht, digitale Medien additiv zu Unterrichtsvorgängen hinzuzufügen. Vielmehr ist die Einsicht entscheidend, dass der Zweck des Lernens und die Einsatzbereiche gelernter Kompetenzen von Digitalität durchdrungen sind.

Aus diesem Grund gilt es, digitale Dualismen im pädagogischen Kontext zu vermeiden. Gemeint ist die irrite Vorstellung einer Trennung von realen und virtuellen Vorgängen bzw. einer physisch präsenten Umwelt und einer digitalen Scheinwelt (Jurgenson, 2011). Insbesondere Kompetenzen wie Messen oder Erzählen beziehen sich nicht auf bestimmte mediale Erscheinungsformen. Messen und erzählen sind gleichzeitig real und virtuell. Damit verbundene Fertigkeiten sind nicht echter oder wichtiger, wenn sie unter Verzicht auf digitale Kanäle eingeübt und ohne Einbezug der Auswirkungen der Digitalität aufgebaut werden. In diesen Kompetenzen blitzen unterschiedliche Aspekte der Realität auf, zu denen auch digitale Kommunikation, die Nutzung digitaler Geräte und Kommunikation unter den Bedingungen der Digitalität gehören.

4.2 Fokus auf Kompetenzen

Eine postdigitale Perspektive ergibt sich automatisch, wenn der Unterricht, seine Planung und Entwicklung sowie pädagogische Rekonstruktionsformen sich an Kompetenzen orientieren. Gemeint sind damit nicht bestimmte Formulierungen in Lehr- oder Bildungsplänen, sondern – im Sinne Weinerts – die umfassenden Fähigkeiten und Haltungen, mit denen Menschen Probleme im relevanten Kontext bearbeiten können (Weinert, 2001). In diesem Sinne gibt es Messprobleme und Erzählprobleme, auf die Kinder in der Grundschule vorbereitet werden. Im Idealfall lernen sie, diese Probleme zu bewältigen. Das ist dann das Ziel von Unterricht, die Orientierung von Schulen.

Digitalität hat aus dieser Perspektive an zwei Punkten besondere Bedeutung: Einerseits bei der Problemstellung und -bearbeitung. Relevante Probleme tauchen im 21. Jahrhundert in einer Kultur der Digitalität auf, ihr Horizont ist nur verständlich, wenn die digitalen Rahmenbedingungen einbezogen werden. Andererseits erfordert ihre Bearbeitung Kenntnisse digitaler Verfahren sowie die Fähigkeit, diese einzusetzen. In Diskussionen rund um Digitalität ist oft die Rede von „4K-Kompetenzen“ (Mihajlović, 2019). Sie bezeichnen vier überfachliche Fertigkeiten oder englisch „Skills“ (Fadel et al., 2015, S. 72–79): Kommunikation, Kreativität, Kollaboration und kritisches Denken. Die Begriffe sowie die damit bezeichneten Kompetenzen beziehen sich nicht auf Digitalität – gleichwohl sind die 4K fundamental für wirksames Lernen und Arbeiten mit digitalen Medien. Die 4K veranschaulichen, was eine postdigitale Sichtweise bedeutet: Obwohl die Diskussion der Skills in der Auseinandersetzung mit der Digitalisierung aufgekommen und geführt worden ist, richtet sich der Fokus nicht auf technologiegebundene Leistungen, sondern vielmehr auf grundlegende Fertigkeiten.

Das Paradigma der Digitalisierung gibt vor, es gäbe spezifisch digitale (und damit auch spezifisch nicht-digitale) Probleme und nur darauf bezogene Verfahren. Dadurch wird ein digitaler Dualismus erzeugt, der problematisch ist. Er kann beispielsweise nicht erfassen, dass das Verständnis von Texten wie etwa Rezepten auch dann im Kontext von Digitalität erfolgt, wenn sie in ausgedruckter, analoger Form vorliegen. Die Affordanz von Rezepten sowie ihre Wirkung im Rezeptionsprozess ist eng an ihre Medialität gebunden. Dasselbe gilt für Mess- und Erzählverfahren – und für alle anderen problembezogenen Handlungsweisen.

5. Fazit und Ausblick

Eine Orientierung an Kompetenzen macht in einer Kultur der Digitalität deutlich, dass Fähigkeiten und Fertigkeiten nur vor dem Hintergrund einer durchdringenden Kultur der Digitalität überhaupt vorstellbar und erlernbar sind. Postdigitaler Unterricht nimmt diese Einsicht ernst, indem er digitale Themen und Methoden umfassend integriert und sie konstant als Bezugspunkt für aktuelle Probleme und ihre Bearbeitung einbezieht. Das gilt insbesondere für die Grundschule, weil Digitalität das Selbstverständnis und die basalen Lernschritte von Kulturtechniken verändert. Daher trennt die postdigitale Unterrichtsentwicklung digitale Themen und Methoden nicht ab, sucht nicht spezifische Lernumgebungen zu digitalen Fragen und sieht den Einsatz von digitalen Geräten nicht als Zusatz, sondern als Grundbedingung funktionierenden Lernens. Gleichzeitig berücksichtigt postdigitaler Unterricht etablierte fachdidaktische Einsichten und sieht in einer kompletten Verlagerung des Unterrichts auf digitale Plattformen keine Lösung didaktischer Probleme. Vielmehr bezieht er Lebenswelt, Fachlichkeit und Lernmedien in konstanten, offenen Prozessen aufeinander und gestaltet davon ausgehend Lernumgebungen, in denen Kinder digitale Verfahren kritisch erproben und reflektieren.

Literatur

- Dodenhoff, T. [@TheresaDodenho1]. (2021, March 16). #twitterlehrerzimmer. Ich habe im Deutschunterricht gerade das Thema „Rezepte“. Hat jemand eine Idee, wie ich digitale Medien einbeziehen kann. Ich dachte so an ein Ebook erstellen mit den iPads. Bitte für jeden Tipp dankbar. [Tweet] Twitter. <https://twitter.com/TheresaDodenho1/status/1371705493933133829>
- Fadel, C., Trilling, B. & Bialik, M. (2015). Four-Dimensional Education: The Competencies Learners Need to Succeed. Boston: Center for Curriculum Redesign.
- Hauck-Thum U. (2021). Grundschule und die Kultur der Digitalität. In U. Hauck-Thum & J. Noller (Hrsg.), *Was ist Digitalität? Philosophische und pädagogische Paradigmen* (S. 73–82). Berlin: Metzler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62989-5_6
- Jurgenson, N. (2011). *Digital Dualism vs. Augmented Reality*. Verfügbar unter: <https://thesocietypages.org/cyborgology/2011/02/24/digital-dualism-versus-augmented-reality/> [28.8.2021]
- Knüsel Schäfer, D. (2020). Überzeugungen von Lehrpersonen zu digitalen Medien. Eine qualitative Untersuchung zu Entstehung, Bedingungsfaktoren und typenspezifischen Entwicklungsverläufen. Bad Heilbronn: Julius Klinkhardt. <https://doi.org/10.35468/5826>

- Krommer, A. (2021a). Mediale Paradigmen, palliative Didaktik und die Kultur der Digitalität. In: U. Hauck-Thum & J. Noller (Hrsg.), *Was ist Digitalität? Philosophische und pädagogische Paradigmen* (S. 57–72). Berlin: Metzler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62989-5_5
- Krommer, A. (2021b). Die Schule als Chinesisches Zimmer. Oder: Wie man Kompetenzen simuliert. Verfügbar unter: <https://axelkrommer.com/2021/02/21/die-schule-als-chinesisches-zimmer-oder-wie-man-kompetenzen-simuliert/> [28.8.2021]
- Krommer, A. (2019). Wider den Mehrwert! Argumente gegen einen überflüssigen Begriff. In: A. Krommer, M. Lindner, D. Mihajlović, J. Muuß-Merholz & P. Wampfler (Hrsg.), *Routenplaner #DigitaleBildung* (S. 146–156). Hamburg: ZLL21.
- Kuhn, A. (2021). Geld aus Digitalpakt Schule kommt nur langsam in Schulen an. Verfügbar unter: <https://deutsches-schulportal.de/bildungswesen/was-hat-der-digitalpakt-schule-bislang-gebracht/> [30.10.2021]
- Macgilchrist, F. (2019). Digitale Bildungsmedien im Diskurs. Wertesysteme, Wirkkraft und alternative Konzepte. Bundeszentrale für politische Bildung. Verfügbar unter: <https://www.bpb.de/apuz/293124/digitale-bildungsmedien-im-diskurs?p=all> [28.8.2021]
- Mihajlović, D. (2019). Kommunikation, Kollaboration, Kreativität und kritisches Denken – mehr als Buzzwords. In: A. Krommer, M. Lindner, D. Mihajlović, J. Muuß-Merholz & P. Wampfler (Hrsg.), *Routenplaner #DigitaleBildung* (S. 146–156). Hamburg: ZLL21.
- Reinfried, S., Mathis, C. & Kattmann, U. (2009). Das Modell der didaktischen Rekonstruktion. Eine innovative Methode zur Erforschung und Entwicklung von Unterricht. In: Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 27, 404–414.
- Stalder, F. (2021). Was ist Digitalität? In U. Hauck-Thum & J. Noller (Hrsg.), *Was ist Digitalität? Philosophische und pädagogische Paradigmen* (S. 3–7). Berlin: Metzler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62989-5_1
- Storrer, A. (2018). Interaktionsorientiertes Schreiben im Internet. In: A. von Depermann & S. Reineke (Hrsg.), *Sprache im kommunikativen, interaktiven und kulturellen Kontext* (S. 219–244). Berlin: de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110538601-010>
- Wampfler, P. (2020). Digitales Schreiben. Stuttgart: Reclam.
- Weinert, F. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: ders. (Hrsg.): *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 17–31). Weinheim: Beltz.
- Wittmann, E. & Müller, G. (2017). Das Zahlenbuch 2. Materialband. Stuttgart: Klett.
- Zentrale für Unterrichtsmedien e. V. (2019). Erzählen. Verfügbar unter: <https://unterrichten.zum.de/wiki/Erz%C3%A4hlen> [28.08.2021]

Laura Abt

,RoboMath'

Ein Förderkurs für begabte Kinder zur Erarbeitung ebener Figuren mit einem Lernroboter

Abstract

Im vorliegenden Beitrag wird der Kurs „RoboMath“ vorgestellt. Dabei handelt es sich um ein außerunterrichtliches Enrichment-Angebot für besonders begabte Schüler:innen der zweiten und dritten Klasse der Grundschule. Im Kurs wird das Themengebiet der ebenen Figuren mithilfe des Lernroboters Dash® erarbeitet. Der Beitrag stellt die planungsleitenden theoretischen Hintergründe und Überlegungen dar und berichtet über die erste Durchführung des Kurses.

1. Einführung

Aufgrund bildungspolitischer Rahmungen wie die KMK-Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ wird der Einsatz digitaler Medien und das Einüben eines mündigen Umgangs mit denselben seit 2017 gefordert (KMK, 2017). Für die Mathematik stellen digitale Medien Hilfsmittel dar, mit denen Lernprozesse unterstützt werden können (Ladel, 2020). Im Sinne des Primats der Fachdidaktik (Krauthausen, 2012) sollen digitale Medien niemals Zweck, sondern immer aus didaktischen Erwägungen eingesetzt werden. Für den Mathematikunterricht bieten sich hierzu unzählige Möglichkeiten. Im folgenden Beitrag soll die Konzeption des Kurses „RoboMath“ dargestellt werden. Bei diesem handelt es sich um ein Angebot für besonders begabte Lernenden der zweiten und dritten Klasse, das im Rahmen einer Kooperation der PH Schwäbisch Gmünd und der Hector Kinderakademie angeboten wird. Ziel ist es, sich mathematischen Inhalten mit digitalen Medien zu nähern. Dazu wird der Lernroboter Dash® der Firma Wonder Workshop® genutzt.

2. Der organisatorische Rahmen

Der Kurs ‚RoboMath‘ wird im Rahmen einer Kooperation der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd und der ansässigen Hector Kinderakademie durchgeführt. Bei den Hector Kinderakademien handelt es sich um ein außerunterrichtliches Enrichmentangebot für besonders begabte Lernende der Klassen eins bis sechs in Baden-Württemberg (Golle, Herbein, Hasselhorn & Trautwein, 2017). Es werden seit 2010 landesweit an 66 Standorten Kurse zu verschiedenen Themen angeboten (Hector-Stiftung, o. D.). Im Fokus der Kurse soll nach den Grundsätzen der Hector-Stiftung das selbständige und entdeckende Arbeiten, sowie der Austausch zwischen begabten Kindern und Jugendlichen stehen (ebd.). Im Folgenden werden die Angebote der Hector Kinderakademien charakterisiert.

2.1 Merkmale der Hector-Kurse

Die Hector-Kurse zeichnen sich durch verschiedene Merkmale aus. Zum einen ist dies die Zielgruppe. Diese bilden baden-württembergische Grundschul Kinder, die „besonders begabt“ (Hector Kinderakademie, o. D.) oder „hochbegabt“ (ebd.) sind. Dabei fokussiert das Projekt Kinder, „die über ein weit überdurchschnittliches Potenzial im kognitiven und/oder schöpferischen Bereich verfügen [und] darüber hinaus [...] über ein hohes allgemeines Interesse oder besonderes Interesse in einem Bereich.“ (Hector Kinderakademie, o. D. a). Dabei ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass hierzu keine Aufnahme- oder Begabungstests durchgeführt werden. Die in Frage kommenden Lernenden werden von ihren Lehrkräften vorgeschlagen oder „nominiert“ (Hector Kinderakademie, o. D. b). Eine Nominierung führt dazu, dass das entsprechende Kind bis zum Ende der vierten Klasse berechtigt ist, an den Kursen teilzunehmen.

Zum anderen liegt der inhaltliche Fokus bei den angebotenen Kursen im MINT-Bereich. Hier sollen bekannte Themen vertieft, aber auch neue Inhalte, die in der Schule nicht angesprochen werden (können), umgesetzt werden. Diese variieren nach Standort.

Bei der Analyse des Angebots der schwäbisch Gmünder Hector Kinderakademie fiel auf, dass zwar Kurse aus dem Bereich der Mathematik und informatische Kurse angeboten wurden, jedoch fehlten Kurse, die beide Bereiche verknüpften. Außerdem waren im Bereich Mathematik lediglich Angebote mit arithmetischen Inhalten zu finden. Kein Angebot beschäftigte sich mit geometrischen Themen. Mit dem neu konzipierten und in den Herbstferien 2020 erstmalig ausgebrachten Kurs ‚RoboMath‘ wurde ein Angebot für Lernende

der zweiten und dritten Klassen geschaffen, das mathematisches und algorithmisches Denken anhand von geometrischen Inhalten und Fragestellungen verknüpft.

3. Theoretischer Rahmen

3.1 Informatisch-algorithmische Grundbildung in der Grundschule

Der sichere und kompetente Umgang mit digitalen Medien spielt in der Arbeitswelt schon lange eine wichtige Rolle (Tisch et al., 2021). In den letzten Jahren hielten digitale Geräte wie Smartphones oder auch Tablets Einzug in das private Leben und damit auch in die Alltagswelt der Lernenden (Arnold et al., 2016). In diesem Zuge wurden bildungspolitische Forderungen für verschiedene Schulstufen im Rahmen der Digitalstrategie „Bildung in der digitalen Welt“ der Kultusministerkonferenz (KMK, 2017) formuliert. Im Kompetenzbereich „Problemlösen und Handeln“ (ebd., S. 18) findet sich die Teilkompetenz „Algorithmen erkennen und formulieren“. Diese (und weitere Kompetenzen) sollen die Lernenden spätestens bis zum Ende ihrer Pflichtschulzeit erreicht haben (ebd., S. 19). Im Folgenden soll nun dargestellt werden, was unter algorithmischem Denken verstanden wird und wo dieses im Mathematikunterricht der Grundschule verortet und umgesetzt werden kann.

3.2 Begriffsklärung computational thinking, informatisches Denken und algorithmisches Denken

In der deutschsprachigen Literatur zum Themengebiet algorithmisches Denken finden sich einige Bezeichnungen, die häufig im selben Kontext verwendet werden. Grundsätzlich sind hier die Begriffe computational thinking, informatisches Denken sowie algorithmisches Denken zu finden. Curzon und McOwan (2017) spezifizieren das computational thinking auf informatische Kontexte und bezeichnen es als eine zentrale Fähigkeit, die von Informatikerinnen und Informatikern erlernt und genutzt wird, um Probleme zu lösen. Wing (2006) weitet den Anwendungsbereich aus auf das Verstehen menschlichen Verhaltens, aufbauend auf den fundamentalen Konzepten der Informatik, die die Autorin in ihrem Artikel nicht weiter beschreibt. Nach einer Expertenbefragung durch Zendler und Spannagel (2008) gehören dazu die zentralen Begriffe ‚Problem‘, ‚Daten‘, ‚Computer‘, ‚Test‘, ‚Algorithmus‘, ‚Prozess‘, ‚System‘, ‚Information‘, ‚Sprache‘, ‚Kommunikation‘, ‚Software‘, ‚Programm‘, ‚Berechnung‘, ‚Struktur‘ und ‚Modell‘ (ebd.). Denning und Tedre (2019) erweitern dieses Verständnis und

definieren computational thinking als „mental skills and practices for designing computations that get computers to do jobs for us, and explaining and interpreting the world as a complex of information processes“ (Denning & Tedre, 2019, S. 365). Drei Aspekte kristallisieren sich als charakteristisch für computational thinking heraus: es handelt sich um Kompetenzen (1), die dazu dienen, Probleme zu lösen (2) und Systeme zu verstehen (3) (Denning & Tedre, 2019; Curzon & McOwan, 2017 & Wing, 2006). Der zweite, häufig zu findende Begriff des informatischen Denkens wird meist als deutsche Übersetzung des computational thinkings verwendet (Goecke, Stiller & Schwanewedel, 2021, S. 124).

Algorithmisches Denken hingegen stellt eine Teilkompetenz des computational thinking dar. Nach Curzon und McOwan (2017) beschreibt es das Reflektieren über das Lösen ganzer Klassen von Problemen durch den Einsatz von Algorithmen (ebd., S. 4f.). Die Gesellschaft für Informatik definiert Algorithmen als Handlungsvorschriften bzw. Ablaufbeschreibungen (Gesellschaft für Informatik, 2019, S. 13). Meyer und Neppert (2012, S. 13ff.) spezifizieren einen Algorithmus als Handlungsvorschrift, die drei Merkmalen entspricht: ein Algorithmus ist eindeutig formuliert (1), endet nach einer endlichen Anzahl an Schritten (2) deren Verlauf zu jeder Zeit durch den jeweils vorangegangenen Schritt festgelegt ist (3). Als Teilgebiet des computational thinking, das auch außerhalb rein informatischer Kontexte anwendbar und somit ungebunden an informative Programmierungs- und Verarbeitungsprozesse ist, bietet sich das algorithmische Denken für eine Umsetzung im Primarstufenkontext an (Goecke et al., 2021, S. 24).

3.3 Algorithmisches Denken in der Primarstufe

Erste Erfahrungen mit algorithmischem Denken machen Lernende bereits im Mathematikunterricht der Grundschule, beispielsweise beim Arbeiten mit schriftlichen Rechenverfahren. Reiss und Hammer (2013) sowie Bruder et al. (2015) führen in ihren mathematikdidaktischen Handbüchern das algorithmische Denken als Grundmuster des mathematischen Arbeitens bzw. als Denkprozess der Mathematik auf. Dabei sind zwei Perspektiven auf Algorithmen im Mathematikunterricht möglich: Es kann auf der Objektebene mit konkreten Algorithmen gearbeitet werden, dann sind sie Unterrichtsinhalt (beispielsweise die Einführung eines schriftlichen Rechenverfahrens), oder es wird auf einer Metaebene gearbeitet, wenn Probleme mittels algorithmischen Denkens gelöst werden (Ziegenbalg, 2015).

Kortenkamp et al. (2019) haben in ihren Überlegungen zu einer informatisch-algorithmischen Grundbildung skizziert, inwiefern das algorithmi-

sche Denken systematisch im Mathematik- und Sachunterricht (fächerübergreifendes Element, wie gefordert von der KMK) umgesetzt werden kann. Sie orientieren sich dabei an Schwills fundamentalen Ideen der Informatik¹ (Schubert & Schwill, 2011, S. 68 ff.; Schwill, 1993) und adaptieren diese für den Grundschulbereich. Die Autoren übernehmen dabei die drei Masterideen der Algorithmisierung (alle Probleme lassen sich durch nachvollziehbare Verfahren lösen), der strukturierten Zerlegung (alle Systeme lassen sich in eine endliche, hierarchische Folge von Ebenen zerlegen) und der Sprache (alle Probleme / Systeme lassen sich durch Sprache beschreiben) (Schubert & Schwill, 2011, S. 68 ff.). Kortenkamp et al. (2019) verbinden die beiden Masterideen der Algorithmisierung und der Sprache durch die, in der Grundschule aus dem Sachunterricht bekannten, Verlaufsbeschreibungen (s. Abb. 1). Fundamentale Ideen entsprechen nach Schwill (1993) zwei Kriterien: sie sind in vielen Bereichen vorfind- und anwendbar (Horizontalkriterium) und gleichzeitig können fundamentale Ideen „auf nahezu jeder beliebigen geistigen Ebene [...] vermittelt werden“ (Schwill, 1993, S. 5) (Vertikalkriterium). Kortenkamp et al. (2019) betonen hierbei, dass algorithmisches Denken auch unabhängig vom Coden oder Programmieren stattfinden kann, nämlich auf einer spielerischen Ebene mit haptischen Materialien oder auch auf einer sprachlichen Ebene (Kortenkamp et al., 2019, S. 5). Die Autoren schlagen für die Umsetzung der informatisch-algorithmischen Grundbildung folgende Struktur vor: So sollen ausgehend von Verlaufsbeschreibungen, die den Lernenden beispielsweise aus dem Sachunterricht bereits bekannt sind, Anknüpfungspunkte für die beiden fundamentalen Ideen ‚Algorithmisierung‘ und ‚Sprache‘ ausgemacht werden. Dabei finden Analyse- und Transformationsprozesse statt: Ausgehend von der Beschreibung eines Verlaufs oder einer Handlung in natürlicher Sprache (die Autoren nennen als Beispiel das Teekochen; im Kurs ‚RoboMath‘ werden Wegbeschreibungen erstellt) werden in der Verlaufsbeschreibung Schlüsselbegriffe identifiziert. Diese bilden die Voraussetzung für das Übersetzen der Verlaufsbeschreibung in eine standardisierte Sprache. Dabei spielt die fundamentale Idee der Sprache eine wichtige Rolle: die Verlaufsbeschreibung folgt einer Struktur (Syntax) und übermittelt eine Bedeutung (Semantik). Diese finden

1 Schwill bezeichnet die fundamentalen Ideen der Informatik als die „grundlegenden Prinzipien, Denkweisen und Methoden“ (Schwill, 1993, S. 1) und liefert damit ein Grundgerüst für die Auswahl geeigneter informatischer Inhalte im Schulkontext. Der von Schwill vorgeschlagene Katalog fundamentaler Ideen wird angeführt von den drei umfassenden Masterideen der Algorithmisierung, der Sprache sowie der Zerlegung. Diesen Masterideen lassen sich nach Schwill alle untergeordneten fundamentalen Ideen zuordnen, wobei Schwill betont, dass eine exakte Zuordnung nicht immer möglich ist (ebd.).

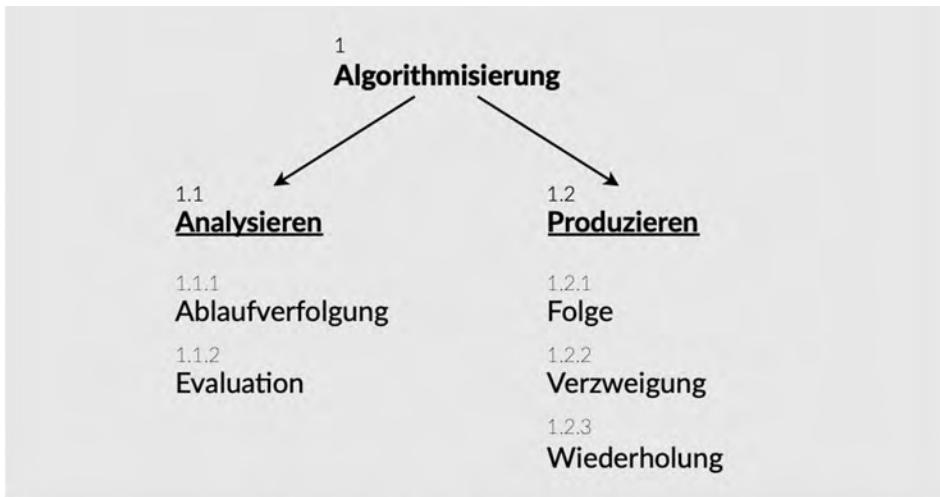
sich auch in Programmiersprachen wieder und müssen bekannt und korrekt umgesetzt werden, damit eine Verlaufsbeschreibung, aber auch ein Programm für die empfangende Person oder Maschine, verständlich und umsetzbar ist. Gleichzeitig spielt die fundamentale Idee der Algorithmisierung eine wichtige Rolle: Bereits bei der Erstellung der Verlaufsbeschreibung müssen Überlegungen getätigt werden, in welche Algorithmen der Verlauf aufgeteilt wird. Es werden Elementaranweisungen erstellt, die eindeutig sind und die in Kombination das vorliegende Problem exakt und vollständig lösen (Ziegenbalg et al., 2016, S. 26). Die Autoren explizieren verschiedene Anknüpfungspunkte für Aktivitäten innerhalb der fundamentalen Idee der Algorithmisierung (Kortenkamp et al., 2019, S. 4f.). Abbildung 1 veranschaulicht den dargestellten Zusammenhang grafisch.

4. Der Kurs ,RoboMath‘

4.1 Voraussetzungen des Lernroboters Dash® und der genutzten App Blockly®

Im Kurs ,RoboMath‘ wird der Lernroboter Dash® eingesetzt. Dieser wird als Lernroboter bezeichnet, da sich in der Beschäftigung mit ihm niederschwellige Zugänge zum Programmieren ergeben (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2018, S. 301), die eine gleichzeitige Beschäftigung mit mathematischen Inhalten möglich machen. Gleichzeitig ist nach Romeike (2017) von einem gesteigerten persönlichen Interesse an den Lerninhalten des Kurses auszugehen.

Der im Rahmen des Kurses eingesetzte Lernroboter Dash® verfügt über drei Räder, davon zwei angetriebene, und kann mit diesen vorwärts oder rückwärts fahren und sich in verschiedene Richtungen drehen. Außerdem verfügt Dash über Lautsprecher, über die beispielsweise Geräusche abgespielt werden können. Ebenfalls per App steuerbar sind diverse LEDs, die an verschiedenen Stellen des Lernroboters angebracht sind. Dash® wird mit iPad-Apps gesteuert. Je nach Altersstufe stehen dazu verschiedene Apps zur Verfügung. Für die Zielgruppe des vorliegenden Kurses wurde die App Blockly® (WonderWorkshop, 2020) gewählt, bei der es sich um eine App handelt, in der mit einer visuellen Programmiersprache gearbeitet wird. Zur Nutzung der App sollten die Lernenden bereits lesen können, was bei der vorliegenden Zielgruppe als gegeben angesehen werden kann. Den Lernenden stehen in der App Blockly® verschiedene Programmierblöcke zur Verfügung, die nach ihrer Funktion geordnet sind. So finden sich beispielsweise verschiedene Start-Blöcke, unterschiedliche Blöcke zum Fahren, zur Steuerung der verschiedenen



Bindeglied ist die **Verlaufsbeschreibung**.
 natürliche Sprache → standardisierte Sprache → maschinenlesbare Sprache

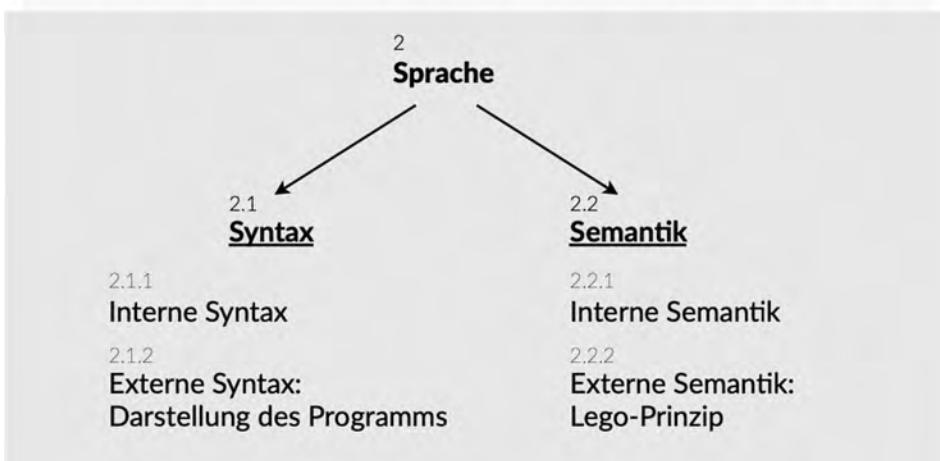


Abbildung 1: Vorschlag für fundamentale Ideen einer informatisch-algorithmischen Grundbildung in der Grundschule (aus Kortenkamp et al., 2019, S. 4)

LED-Leuchten des Roboters oder der Sprachausgabe. Die Lernenden entscheiden selbst, aus welchem Funktionsbereich sie Programmierblöcke benötigen und können ihre Entscheidung auch nach einer Ablaufverfolgung im Sinne der fundamentalen Idee der Algorithmisierung revidieren und optimieren.

4.2 Geometrische Figuren und ihre Umsetzung mit dem Lernroboter Dash®

Die Wahl des inhaltlichen Schwerpunktes des Kurses ‚RoboMath‘ fiel aus zwei Gründen auf die geometrischen Figuren. Einerseits wurde bei Sichtung des Angebots der lokalen Hector Kinderakademie ein Mangel an Kursen zu geometrischen Themen festgestellt (s. Abschnitt 2.1). Andererseits bietet der verwendete Lernroboter Dash® aufgrund seiner Konstruktion und der sich daraus ergebenden Möglichkeiten zur Programmierung, vielfältige Anknüpfungspunkte für eine Beschäftigung mit geometrischen Figuren. Diese sollen im Folgenden kurz dargestellt werden.

Im Kurs ‚RoboMath‘ stehen die Eigenschaften der Grundfiguren Rechteck und Quadrat im Vordergrund. Die Lernenden haben teilweise bereits im Mathematikunterricht Eigenschaften dieser Figuren kennengelernt, die sie hier auf den neuen Kontext übertragen müssen. So werden verschiedene Aufgaben gestellt, deren Bearbeitung die Kenntnis über die Eigenschaften der beiden besonderen Vierecke erfordern. Eine Aufgabe besteht beispielsweise darin, den Lernroboter Dash® um zwei zusammengestellte Tische fahren zu lassen. Diese zusammengestellten Tische bilden ein Quadrat. Die Aufgabe ist offen gestaltet, sodass die Lernenden entweder durch Messen der vier Strecken und Kenntnis über rechte Winkel, ans Ziel kommen. Möglich und effizienter ist es an dieser Stelle aber, wenn die Lernenden erkennen, dass die zusammengestellten Tische in ihrer Grundfläche ein Quadrat bilden und sie lediglich eine Streckenlänge abmessen. Auch bei dieser Vorgehensweise müssen die Lernenden wissen, wie groß die Winkel im Quadrat sind. Hier bietet die eingesetzte Kombination aus Dash® und der App Blockly® den Vorteil, dass jeder Winkel als Drehwinkel des Roboters eingestellt werden kann. Dazu muss zunächst ausgewählt werden, ob sich Dash® nach links oder nach rechts drehen soll. Dann können die Lernenden an einer Winkelscheibe in Schritten von fünf Grad den gewünschten Winkel einstellen. Die dynamische Darstellung des Drehwinkels von Dash® unterstützt dabei Lernende, die noch keine gefestigte Vorstellung von Winkelgrößen haben (wie es bei der angesprochenen Lerngruppe aus Zweit- und Drittklässlern der Fall ist), bietet aber auch Lernenden mit Kenntnissen über verschiedene Winkelgrößen die Verknüpfung beider Darstellungen. Aufgrund der Umsetzung des Drehwinkels in der App Blockly® müssen die Lernenden die Drehrichtung beachten. Es ist nicht unerheblich, in welche Richtung sich Dash dreht. Diese Information haben die Lernenden vorab in einer Verlaufsbeschreibung festgehalten und setzten sie dann in der App um.

Verlaufsbeschreibung	Grundbausteine & Schlüsselwörter	Abstraktion
<p>Dash muss zuerst geradeaus fahren. Dann muss er rechts abbiegen. Danach fährt Dash genauso weit wie beim ersten Schritt, geradeaus.</p> <p>Dann muss er wieder rechts abbiegen und fährt wieder genauso weit geradeaus. Dann muss er wieder rechts abbiegen und wieder genauso weit geradeaus fahren.</p>	<p>Dash muss zuerst geradeaus fahren. Dann muss er rechts abbiegen. Danach fährt Dash genauso weit wie beim ersten Schritt, geradeaus.</p> <p>Dann muss er wieder rechts abbiegen und fährt wieder genauso weit geradeaus. Dann muss er wieder rechts abbiegen und wieder genauso weit geradeaus fahren.</p>	<p>Fahre geradeaus. Biege rechts ab. Fahre geradeaus. Biege rechts ab. Fahre geradeaus. Biege rechts ab. Fahre geradeaus.</p>

Abbildung 2: Umsetzung aus den Überlegungen zur informatisch-algorithmischen Grundbildung (nach Kortenkamp, et al., 2019) im Kurs ‚RoboMath‘ (eigene Darstellung anhand einer mündlichen Äußerung eines teilnehmenden Kindes)

Im gesamten Kursverlauf erstellen die Lernenden zur jeweiligen Aufgabe zunächst eine Verlaufsbeschreibung in Form einer Wegbeschreibung (Abb. 2 zeigt ein Beispiel für die Entwicklung einer solchen Verlaufsbeschreibung im Kurs ‚RoboMath‘). Diese stellen sie sich untereinander vor und spielen sie nach, sodass ein Kind die Wegbeschreibung diktiert und ein anderes läuft diese nach. So haben die Lernenden die Möglichkeit, bereits an dieser Stelle ihren ersten, in AlltagsSprache verfassten Algorithmus auf seine Funktionalität hin zu überprüfen. In einem zweiten Schritt erfolgt dann das Programmieren von Dash® mittels der App Blockly®. Hier haben die Lernenden die Wahl zwischen zwei Vorgehensweisen: Es ist einerseits möglich, den gesamten Algorithmus in Blockly® zu implementieren und das erstellte Programm abschließend einem Probelauf zu unterziehen. Alternativ haben die Lernenden die Möglichkeit, einzelne Schritte des Algorithmus in ihr Programm zu implementieren und diese jeweils auf ihre Funktionalität hin zu überprüfen.

4.3 Ziele des Kurses

Der Kurs ‚RoboMath‘ verfolgt verschiedene Ziele auf verschiedenen Ebenen. Ausgangspunkt der Planungen und Kern des Kurses bildet die inhaltlich-mathematische Ebene. Als inhaltlicher Schwerpunkt wurde das Gebiet der ebenen Figuren gewählt (für die Gründe dieser Entscheidung s. Kapitel 2). Im Kurs sollen neben den prozessbezogenen Kompetenzen ‚Kommunizieren‘ und ‚Argumentieren‘ und inhaltsbezogenen Kompetenzen in den Leitideen ‚Raum und Form‘ sowie ‚Messen‘ auch algorithmisches Denken angebahnt werden.

Letztere bauen auf den Überlegungen zu einer informatisch-algorithmischen Grundbildung nach Kortenkamp et al. (2019) auf. Für den Kurs „RoboMath“ sind das die folgenden Kompetenzen im Bereich des algorithmischen Denkens:

- Die Lernenden formulieren einzelne Algorithmen in natürlicher Sprache (Verlaufsbeschreibung).
- Die Lernenden benennen die Notwendigkeit einer internen Syntax: Übersetzen des Algorithmus in eine für den Computer verständliche Sprache.
- Die Lernenden beschreiben in ihren eigenen Worten, was die Programmbausteine der App Blockly® bedeuten (interne Semantik).
- Die Lernenden schreiben einen ersten einfachen Algorithmus für Dash® in Blockly®.
- Die Lernenden verfolgen den Programmablauf, evaluieren und verbessern ihn (Ablaufverfolgung).
- Die Lernenden nennen Vorteile der Nutzung von Grundbausteinen beim Programmieren.
- Die Lernenden schreiben einen Algorithmus für Dash® in Blockly®.
- Die Lernenden nutzen Wiederholungen (Algorithmen produzieren).

Den vierten und letzten Schwerpunktbereich bildet das Ziel im Bereich der Medienkompetenz: Für die Lernenden soll das Tablet als Werkzeug für sinnvolle, den eigenen Lernprozess strukturierende und unterstützende Tätigkeiten etabliert werden.

4.4 Umsetzung des Kurses

Der Kurs fand im Herbst 2020 erstmalig statt. Innerhalb von fünf Kurstagen wurden verschiedene Aufgaben bearbeitet. Jedes Kind erhielt für den Kurszeitraum ein Tablet zugewiesen. Hier wurden die Aufgaben in Form eines digitalen Kursportfolios zur Verfügung gestellt. Das digitale Kursportfolio wurde in einer werkseitig auf allen genutzten Tablets installierten App zur Tabellenkalkulation altersgerecht umgesetzt. Die Registerblätter wurden dabei wie Seiten eines Buchs gestaltet, sodass ein Tabellenblatt das digitale Äquivalent eines Arbeitsblatts darstellte. Zwei Seiten zur individuellen Gestaltung ermöglichen das Einarbeiten in die benötigten Funktionen der App und motivierten die Lernenden gleichzeitig. Die Nutzung eines digitalen Kursportfolios vereint verschiedene Vorteile, weshalb diese Variante einer ausgedruckten Version vorgezogen wurde: Zum einen benötigen die Lernenden das Tablet, um den Roboter Dash® zu steuern. Dazu erstellen sie kleine Programme in der App Blockly®. Diese sollen aber nicht nur erstellt und abgespielt werden, sondern immer wie-

der auch auf ihre Funktionalität und Effizienz hin überprüft und überarbeitet werden. Dazu können die Lernenden Screenshots ihres Programms erstellen und diese ins Kursportfolio einfügen. Hier kann die Lehrkraft auch individuelle Tipps und Hilfestellungen geben. Gleichzeitig unterstützt das Überprüfen des Programms in einer anderen App, in der dieses nicht direkt abgespielt werden kann, das systematische Vorgehen der Lernenden. Veränderungen müssen zunächst überdacht und besprochen werden, es werden Vermutungen angestellt über den Ablauf des Programms, usw. Erst, wenn sich die Lernenden sicher sind, dass die neue Version ihres Programms so funktionieren wird, wie sie sich das wünschen, wird es in Blockly® umgesetzt und getestet. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass neben Screenshots auch Bilder und Videos der Ausführung der Programme erstellt werden und direkt im Portfolio eingefügt werden können. Gleichzeitig wird den Lernenden eine sinnvolle Nutzung des Tablets gezeigt und sie nutzen dieses für ihren eigenen Lernprozess.

4.5 Beobachtungen aus der ersten Durchführung

Da der Schwerpunkt in dieser frühen Phase des Kurses auf der Konzeption des selben lag und der Kurs zu diesem Zeitpunkt nicht Teil eines Forschungsprojekts war, werden im Folgenden erste, stichpunktartig und ungerichtet getätigte Beobachtungen des Kursverlaufs festgehalten und hier geschildert. Diese dienen einer Weiterentwicklung des Kurses auf der didaktisch-inhaltlichen Ebene. Im Ausblick (s. Abschnitt 5) werden später auch Forschungsperspektiven für eine mögliche Einbettung in ein Forschungsprojekt eröffnet.

Die erste Durchführung erfolgte im Herbst 2020 mit sechs Schülern aus verschiedenen Schwäbisch Gmünder Grundschulen. Darunter waren sowohl Zweit- als auch Drittklässler.

Die Gruppe zeichnete sich demnach durch eine hohe Heterogenität auch innerhalb der beiden Klassenstufen aus. Diese war auf verschiedenen Ebenen besonders ausgeprägt: der hohe Anteil an Arbeitsphasen, in denen selbstständig in Zweierteams an einer Aufgabenstellung gearbeitet wurde, war für einige Schüler offensichtlich ungewohnt und erforderte ein hohes Maß an Disziplin. Gemeinsame Besprechungen trugen dazu bei, aufgekommene Fragen in einer wertschätzenden Atmosphäre zu klären und einzelne Lösungsschritte zusammenzuführen. Außerdem äußerten die Schüler, dass ihnen die Arbeit an einem digitalen Kursportfolio bisher nicht bekannt war, sie diese jedoch als sehr positiv und unterstützend ansahen, u.a. auch, weil Screenshots gemacht werden konnten, die dann als Grundlage von Besprechungen und Überarbeitungen dienten.

5. Ausblick und Forschungsperspektiven

Im vorliegenden Beitrag wurde die Konzeption des Kurses ‚RoboMath‘ dargestellt. Es handelt sich dabei um ein außerschulisches Enrichment-Angebot, das im Rahmen einer Kooperation der Pädagogischen Hochschule Schwäbisch Gmünd und der lokalen Hector Kinderakademie für besonders begabte Lernende konzipiert und durchgeführt wurde. Neben den Hintergründen der Entstehung des Kurses ‚RoboMath‘ wird auch die Umsetzung im Beitrag thematisiert und erste Beobachtungen aus dieser geschildert. Aus diesen ergeben sich Aspekte für eine mögliche Weiterentwicklung des Kurses auf der didaktisch-inhaltlichen Ebene. Abschließend sollen nun in einem forschungsperspektivischen Ausblick mögliche Forschungsbereiche für eine Ausweitung des Kurses in ein Forschungsbereich aufgezeigt werden:

Forschungsperspektivisch interessant sind hier verschiedene Fragestellungen. So ist einerseits eine Ermittlung des Lernzuwachses über ein längsschnittlich angelegtes Pre-Post-Design, zur Ermittlung bereits vorhandenen Vorwissens und dessen Entwicklung im Kursverlauf im Bereich der ebenen Figuren aber auch des algorithmischen Denkens, vorstellbar. Andererseits und ebenfalls von Interesse ist der Nominierungsprozess im Detail: Es ist aktuelle nicht ersichtlich, welche Gründe die Lehrkräfte bewegen, einzelne Lernende für die Teilnahme an der Hector Kinderakademie zu nominieren (wie in Abschnitt 2.1 erläutert, werden dazu keine standardisierten Tests oder kriteriengeleiteten Auswahlverfahren genutzt). Hier ist eine Befragung der lokalen Lehrkräfte für die Gründe der Nominierung der Lernenden denkbar. Im Kontext der Nominierung ebenfalls untersuchungswert ist der Hintergrund bzw. die Förderung der Nominierung von Mädchen.

Literatur

- Arnold, D., Butschek, S., Steffes, S. & Müller, D. (2016). *Digitalisierung am Arbeitsplatz, Aktuelle Ergebnisse einer Betriebs- und Beschäftigtenbefragung*. BMAS.
- Bruder, R., Hefendehl-Hebeker, L., Schmidt-Thieme, B. & Weigand, H.-G. (Hrsg.). (2015). *Handbuch der Mathematikdidaktik*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8>
- Curzon, P. & McOwan, P. W. (2017). *Computational Thinking. Die Welt des algorithmischen Denkens – in Spielen, Zaubertricks und Rätseln*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56774-6>
- Denning, P. J. & Tedre, M. (2019). *Computational thinking*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/11740.001.0001>

- Gesellschaft für Informatik (2019). *Kompetenzen für informative Bildung im Primarbereich. Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V.* https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/20121/61-GI-Empfehlung_Kompetenzen_informative_Bildung_Primarbereich.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Goecke, L., Stiller, J. & Schwanewedel, J. (2021). Algorithmusverständnis in der Primarstufe – Eine Studie im Kontext des Einsatzes von programmierbarem Material. In B. Landwehr, I. Mammes & L. Murmann (Hrsg.), *Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule* (S. 117–132). Klinkhardt. <https://doi.org/10.35468/5869-07>
- Golle, J., Herbein, E., Hasselhorn, M. & Trautwein, U. (2017). Begabungs- und Talentförderung in der Grundschule durch Enrichment: Das Beispiel der Hector Kinderakademien. In U. Trautwein & M. Hasselhorn (Hrsg.), *Begabungen und Talente* (S. 177–195). Hogrefe.
- Google Developers (o. D.). *Blockly*. <https://developers.google.com/blockly/>
- Hector Kinderakademie. (o. D. a). *Hochbegabung*. <https://Hector Kinderakademie.de/hector19/Lde/Startseite/Hochbegabung>
- Hector Kinderakademie. (o. D. b). *Wissenswertes*. <https://Hector Kinderakademie.de/Lde/Startseite/Wissenswertes>
- Hector-Stiftung. (o. D.). *Hector Kinderakademien*. <https://www.hector-stiftung.de/wissenschaft-bildung/hector-kinderakademien>
- KMK (2017). *Bildung in der digitalen Welt – Strategie der Kultusministerkonferenz*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf
- Kortenkamp, U., Mahns, P., & Etzold, H. (2019). *Überlegungen zur informatisch-algorithmischen Grundbildung in der Grundschule*. <https://dlgs.uni-potsdam.de/sites/default/files/u3/Fundamentale%20Ideen%20der%20Informatik.pdf>
- Krauthausen, G. (2012). *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2277-4>
- Ladel, S. (2020). Bildungstechnologie im Mathematikunterricht (Klassen 1–6). In: H. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg.), *Handbuch Bildungstechnologie* (S. 645–666). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54368-9_59
- Meyer, M. & Neppert, B. (2012): *Java. Algorithmen und Datenstrukturen; mit einer Einführung in die funktionale Programmiersprache Clojure*. W3L-Verl.
- Reiss, K. & Hammer, C. (2013). *Grundlagen der Mathematikdidaktik. Eine Einführung für den Unterricht in der Sekundarstufe* (Mathematik Kompakt). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-0346-0647-9>
- Romeike, Ralf (2017): Wie informative Bildung hilft, die digitale Gesellschaft zu verstehen und mitzugestalten. In: Eder, S., Mikat, C., Tillmann, A. (Hrsg.), *Software takes command – Herausforderungen der „Datafizierung“ für die Medienpädagogik* (S. 105–118). kopaed.
- Schiffer, S. (1998). *Visuelle Programmierung: Grundlagen und Einsatzmöglichkeiten*. Addison-Wesley-Longman.

- Schubert, S. & Schwill, A. (2011). *Didaktik der Informatik*. Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2653-6>
- Schwill, A. (1993). Fundamentale Ideen der Informatik. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 25(1), 20–31.
- Stiftung Haus der kleinen Forscher. (2018). *Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich*. Verlag Barbara Budrich. <https://doi.org/10.3224/84742107>
- Tisch, A., Backhaus, N., Hartwig, M., Meyer, S.-C., Wischniewski, S. (2021). Digitalisierung und Arbeitsbedingungen. In Statistisches Bundesamt (Destatis), Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB), Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (BiB) (Hrsg.), *Datenreport 2021: Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland* (S. 189–196). Bundeszentrale für politische Bildung.
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking – Informatisches Denken. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1118178.1118215>
- Wonder Workshop, (2020). *Blockly* (Version 3.8.8) [mobile app]. AppStore <https://apps.apple.com/de/app/blockly-für-dash-dot-roboter/id906750147>
- Zendler, A. & Spannagel, C. (2008). Empirical Foundation of Central Concepts for Computer Science Education. *Journal on Educational Resources in Computing*, 8(2), 1–15. <https://doi.org/10.1145/1362787.1362790>
- Ziegenbalg, J. (2015). Algorithmik. In R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 303–329). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8_11
- Ziegenbalg, J., Ziegenbalg, O. & Ziegenbalg, B. (2016). *Algorithmen von Hammurapi bis Gödel: Mit Beispielen aus den Computeralgebrasystemen Mathematica und Maxima*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-12363-5>

Podcasting im Sachunterricht

Digitalisierung hör- und sichtbar machen

Abstract

Podcasts sind Audio- oder Videodateien, die sich aufgrund der geringen technischen Hürden bereits mit Grundschulkindern erstellen lassen. Dies bietet eine Möglichkeit, dem wachsenden Anspruch an die Medienkompetenz der Lernenden gerecht zu werden, ohne andere didaktische Ziele zu vernachlässigen. In dem vorliegenden Beitrag wird skizziert, wie sich ein Unterrichtsversuch zum Thema Löslichkeit in Wasser mit Hilfe eines Audiopodcasts dokumentieren lässt und wie dies mit verschiedenen sachunterrichtlichen Kompetenzanforderungen in Einklang gebracht werden kann. Dariüber hinaus wird ein Untersuchungsdesign vorgestellt, mit dessen Hilfe die Vorteile des unterrichtlichen Einsatzes von Podcasts hinsichtlich der Aspekte Motivation und Lernerfolg untersucht werden können.

1. Einführung

Die Forderungen nach einer schnellen, flächendeckenden und umfangreichen Digitalisierung des Unterrichts an deutschen Schulen dominieren weite Teile des öffentlichen Diskurses. Vor allem seit der Corona-Pandemie macht die Presse regelmäßig auf Missstände im Zusammenhang mit der Digitalisierung deutscher Klassenzimmer aufmerksam. Schlecht ausgestattete Schulen, kaum ausgebildete Lehrkräfte, veraltete Lehrpläne – journalistische Artikel und Beiträge solcher Art finden sich in fast allen gängigen Medienportalen (u. a. Rosales, 2021; Dittrich, 2021).

Der wissenschaftliche Diskurs über die Notwendigkeit und den Nutzen medialen Lernens wird allerdings schon deutlich länger geführt. Bereits in den 1990er Jahren differenzierte Baacke (2007, S. 98) ein Medienkompetenzmodell aus, da er (digitale und analoge) Medienkompetenzen¹ in der Schule als we-

¹ Für eine genauere Definition des Begriffs *Medienkompetenz* siehe Abschnitt 3.2.

sentliche Bedingung zur gesellschaftlichen Teilhabe verstand. Dabei unterteilte er die Medienkompetenz in die Dimensionen der Medienkritik, Medienkunde, Mediennutzung und Mediengestaltung und machte diese zur Voraussetzung für einen erfolgreichen Umgang mit Medien (ebd. S. 98–99). Seit der Entwicklung dieses Modells hat sich unsere Medienkultur signifikant verändert und digitale Medien haben einen noch größeren Stellenwert eingenommen.

Auch die Politik hat diesen Stellenwert begriffen und verbindliche Beschlüsse zur Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen verfasst. Im Strategiepapier der Kultusministerkonferenz (KMK) *Bildung in der digitalen Welt* (KMK, 2016) lässt sich ein Kompetenzmodell wiederfinden, das zwar auch mit Baacke (2007, S. 98–99) vereinbart werden kann, aber deutlich umfangreicher, aktueller und detaillierter ist. Die festgelegten Beschlüsse stellen einen verbindlichen Rahmen dar, zu dessen Umsetzung die Länder verpflichtet sind.

Um den vielschichtigen Begriff der *Digitalisierung* besser eingrenzen zu können, muss differenziert werden, auf welcher Ebene digitalisierungsbezogene Prozesse an Schulen betrachtet werden. Herzog (2014, S. 11) unterscheidet dazu zwischen drei Ebenen. Auf der Ebene des Individuums können digitale Medien zum Lernerfolg oder zur Motivation beitragen, auf der Ebene der Unterrichtsqualität geht es unter anderem um die Organisation von Unterrichtsprozessen und auf der dritten Ebene, der Schule als Institution beziehungsweise Organisation, rückt die schulische Infrastruktur in den Fokus.

Je nachdem welche Stufe betrachtet wird, ergeben sich unterschiedliche Handlungskonsequenzen. In diesem Artikel wird daher ein Fokus auf die Ebene des Individuums gelegt und gezeigt, wie mit der Unterstützung von Medien individuelle Lernprozesse verbessert werden können.

Es stellt sich zunächst die Frage, warum die Wünsche und Erwartungen an die Digitalisierung in den Schulen bislang noch nicht zufriedenstellend umgesetzt worden sind – Modelle, wie das von Baacke (2007, S. 98–99), existieren bereits seit mehr als zwanzig Jahren. Die ICILS-Studie (Eickelmann et al., 2019a) kann dahingehend Aufschluss verschaffen, denn sie betrachtet nicht nur die Perspektive der Schüler:innen, sondern gibt auch einen Überblick über die technische Ausstattung an Schulen sowie die Haltung von Lehrkräften gegenüber digitalen Themen. In Deutschland schätzen lediglich knapp die Hälfte der Lehrer:innen (47,4 %) die IT-Ausstattung an ihren Schulen als ausreichend ein, womit Deutschland signifikant unterhalb des internationalen Mittelwerts von 61,8 % liegt (Eickelmann et al., 2019b, S. 161). Noch gravierender zeigen sich die Unterschiede, wenn der Zugang zu digitalen Lernmaterialien wie Apps betrachtet wird: Hier sehen nur 30,1 % der Lehrer:innen ein ausreichendes Kontingent, bei einem internationalen Mittelwert von 59,8 % (ebd., S. 161).

Hinzu kommt, dass die Geräte, die vorhanden sind, oft nur eingeschränkt genutzt werden. Über die Hälfte der befragten Lehrer:innen (67,2%) sehen den Einsatz digitaler Medien durch eine zu schwache Internetverbindung stark oder teilweise eingeschränkt (ebd., S. 159).

Neben der mangelhaften technischen Voraussetzung kommt ein weiterer Faktor hinzu, nämlich der Stellenwert, der dem Einsatz digitaler Medien im Unterricht beigemessen wird. Lediglich 8,6% der befragten deutschen Lehrkräfte stimmen der Aussage voll zu, dass der Einsatz digitaler Medien an ihrer Schule Priorität hat, 32,2% stimmen der Aussage eher zu (Gerick et al., 2019, S. 186). Damit liegen alle anderen ICILS-Teilnehmerländer signifikant über den Zustimmungswerten Deutschlands.

Für die Mediendidaktik scheinen sich dadurch zwei Handlungskonsequenzen zu ergeben:

1. Sie muss den Lehrkräften Anreize bieten, digitalen Medien einen höheren Stellenwert im Unterricht beizumessen.

Dazu muss die Mediendidaktik Vorschläge liefern, die unterrichtliche Vorteile (wie eine höhere Motivation oder ein gesteigertes Fachwissen der Schüler:innen) im Vergleich zu konventionellen Methoden aufzeigt, ohne den Arbeitsaufwand für Lehrkräfte unverhältnismäßig zu erhöhen.

2. Sie muss dabei die limitierten technischen Voraussetzungen der Schulen berücksichtigen, sofern sie unmittelbar einen Beitrag zur schnelleren Digitalisierung leisten will.

Der mediale Einbezug sollte daher so gestaltet werden, dass die Anschaffungshürden für Schulen und/oder Lehrpersonal möglichst gering ausfallen.

Bei der Suche nach digitalen Medien, die diesen Anforderungen entsprechen, gilt es allerdings zu berücksichtigen, dass es sich nicht pauschalisieren lässt, inwiefern ein digitales Medium als Solches förderlich für das Erreichen der Lernziele ist (Herzig, 2014, S. 22). Vielmehr müssen mediengestützte Lehr-Lernszenarien entwickelt und erforscht werden, um einen Nutzen der Methoden attestieren zu können. Herzig (ebd., S. 22) fordert daher, dass die Forschung ihren Fokus nicht mehr auf einzelne technische Artefakte, sondern auf deren Integration in pädagogische Handlungskonzepte richten sollte.

Der folgende Beitrag widmet sich diesem Anspruch, indem das Medium *Podcast* vorgestellt und anschließend in ein Lernszenario integriert wird. Abschließend wird ein Untersuchungsdesign gezeigt, mit dessen Hilfe das Lernszenario hinsichtlich der Aspekte *Motivation* und *Lernerfolg* untersucht werden kann.

2. Podcast – Definition und Eigenschaften

Ein *Podcast* ist eine digitale Audio- oder Videodatei, die meist als Serie konzipiert und digital gespeichert sowie abgerufen wird (Quandt, 2013, S. 266). Der Begriff setzt sich aus den Worten *Ipod* und *Broadcast* zusammen. In der Regel werden Podcasts auf einem zentralen Server gespeichert, von welchem sie dann mit Hilfe einer Software runtergeladen und unabhängig vom Bezugszeitpunkt konsumiert werden (ebd., S. 266). Eine Besonderheit von Podcasts ist die Leichtigkeit, mit der sie sich veröffentlichen und abonnieren lassen (Campbell, 2005, S. 34).

Nachdem erste Podcasts bereits um die Jahrtausendwende entstanden sind, stagnierten die Nutzer:innenzahlen zunächst, mittlerweile ist aber wieder ein starker Anstieg am Interesse und an der Nutzung von Podcasts zu verzeichnen (BVDW, 2020, S. 2). So stiegen die Nutzer:innenzahlen von Podcasts in Deutschland von 9,4 Millionen im Jahr 2018 auf 11,8 Millionen im Jahr 2019 an (ebd. S. 2).

Durch die Etablierung von Podcasts als Massenmedium sind sie fester Bestandteil unserer Medienkultur geworden und existieren damit auch in der Lebenswelt der Kinder. Dies rechtfertigt die Thematisierung im Sachunterricht, welcher den Anspruch hat „Phänomene und Zusammenhänge der Lebenswelt wahrzunehmen und zu verstehen“ (GDSU, 2013, S. 9). Explizit für Kinder ausgelegte Podcasts wie *Klaro – Nachrichten für Kinder* zeigen darüber hinaus, dass es bereits speziell für Kinder produzierte Podcasts gibt, sodass vielen Kindern das Medium nicht fremd sein dürfte.²

Laut der Produktionsplattform *Podstars* (Kittmann & Buer, 2018, S. 5–6) sind die meisten Hörer:innen (73,7%) zwischen 21 und 35 Jahren alt, während das Geschlechterverhältnis (52,1% männlich und 47,9% weiblich) nahezu ausgewogen ist. Neben Aspekten der *Unterhaltung* sind es vor allem die Bereiche *Bildung* und *aktuelle Informationen*, die als Gründe angegeben werden, warum Podcasts gehört werden (Statista, 2019). Hier ergibt sich erneut ein großes Anknüpfungspotenzial. Wenn Bildungspodcasts bereits einen bedeutenden Anteil der kommerziellen Podcast-Welt ausmachen, dann lassen sich beim unterricht-

2 Das Nutzungsverhalten von Grundschulkindern im Zusammenhang mit Podcasts ist in Deutschland bisher wenig erforscht, weswegen diesbezüglich keine genauen Zahlen existieren. Die KIM-Studie (mpfs, 2020a) gibt zwar einen umfangreichen Überblick über das Medienverhalten von Kindern zwischen 6 und 13 Jahren, erfasst aber keine Daten über Podcasts. Der JIM-Studie (mpfs, 2020b, S. 28–29), welche das Medienverhalten von Jugendlichen untersucht, lässt sich allerdings entnehmen, dass mehr als die Hälfte (60%) der befragten 12- bis 13-Jährigen Podcasts hören. Das deutet darauf hin, dass auch schon viele Kinder vor diesem Alter Podcasts kennen dürften.

lichen Einsatz von Podcasts leicht Bezugspunkte zur existierenden Podcasting-Landschaft finden.

Wer sich für den schulischen Einsatz von Podcasts entscheidet, steht zunächst vor zwei wesentlichen Fragen:

1. Sollen die Podcasts als Lernmaterialien in den Unterricht integriert werden, sodass die Schüler:innen aus den Podcasts Informationen zur Erreichung der Lernziele entnehmen können oder sollen die Schüler:innen selber einen Podcast als Lernprodukt erstellen?
2. Ist der angestrebte Podcast ein Audio- oder ein Videopodcast?

Alle Kombinationsmöglichkeiten sind für Unterrichtsszenarien denkbar. Der hier vorliegende Artikel fokussiert allerdings die Erstellung von Audiopodcasts als Lernprodukt.

3. Podcasting im Unterricht

Ein Podcast lässt sich in jeden Schritt des Lehr-Lernmodells (Leisen, 2018, S. 2) integrieren, was nun exemplarisch für ausgewählte Schritte dargestellt wird: Möchte die Lehrkraft beispielsweise zu Beginn einer Lerneinheit das Vorwissen der Schüler:innen aktivieren (Schritt 2), so besteht eine Möglichkeit darin, diesen Prozess im Rahmen eines Podcasts aufzuzeichnen. Die Schüler:innen können darin ihre Vermutungen äußern, welche Auswirkungen ihr Konsumverhalten auf die Umwelt hat (s. *Nachhaltige Entwicklung im Perspektivrahmen Sachunterricht*, GDSU 2013, S. 78). Im Anschluss kann eine Lerneinheit zum Thema *Müll und Konsum* erfolgen, an deren Ende die Schüler:innen das neu Gelernte mit ihrem Vorwissen aus dem Podcast abgleichen, was unter den fünften Lernschritt nach Leisen (2018, S. 4) fällt.

Genauso gut bieten sich Podcasts auch für eine umfangreiche Begleitung des gesamten Lernprozesses an. In diesem Artikel wird allerdings ein Vorschlag für die Lernschritte 3 und 4 erarbeitet: die Erstellung und die Diskussion des Lernprodukts (ebd. S. 3–4). Dies soll exemplarisch für die Dokumentation eines Unterrichtsversuchs³ geschehen.

³ Unter einem *Versuch* werden in diesem Artikel Schüler:innenhandlungen verstanden, bei denen bereits definierte Arbeitsschritte durchgeführt werden, um eine vorgegebene Fragestellung unter Einbezug eigener Vermutungen beantworten zu können (Hartinger et al., 2013, S. 5).

3.1 Fallbeispiel: Podcasting als Form der Versuchsdokumentation

Bevor der Versuch durchgeführt wird, ist es notwendig, die Schüler:innen mit dem Medium *Podcast* und seinen technischen Voraussetzungen vertraut zu machen. Die Schüler:innen sollten daher den „[...] sachgerechte[n] Umgang mit Mikrofon, Aufzeichnungs- und Schneidegeräten [einüben]“ (Tulodziecki et al., 2019, S. 257). Ein iPad bündelt diese drei Aspekte in einem Gerät: Das eingebaute Mikrofon besitzt bereits eine sehr hohe Qualität, in vollen Klassenzimmern bietet es sich aber durchaus an, zusätzlich ein Mikrofon anzuschließen. Günstige Mikrofone, die sich mit dem iPad verbinden lassen, gibt es bereits ab ca. 20 Euro pro Stück. Für Aufnahme, Schnitt und Bearbeitung bietet sich die kostenfreie App *Garageband* an. Dabei ist die App so intuitiv zu bedienen, dass sie bereits in der Grundschule verwendet werden kann.

In einer Vorbereitungseinheit sollen sich die Kinder zunächst mit den iPads und der App vertraut machen. Die Schüler:innen können beispielsweise vorgefertigte Texte aufnehmen, schneiden und mit Musik unterlegen. An dieser Stelle soll vor allem auf das individuelle Lerntempo, verstärkt durch unterschiedliche Vorerfahrungen im Umgang mit iPads, geachtet werden. Es ist daher sinnvoll, den Schüler:innen eine „Tippanleitung“ zu geben, mit der sie sich durch die App navigieren können. Eine solche Anleitung lässt sich schnell mit Hilfe von Screenshots erstellen, in die Hinweise für die Schüler:innen hineingeschrieben werden.

Abbildung 1 zeigt eine solche Tippanleitung. In diesem Ausschnitt wird Schritt für Schritt erläutert, wie sich die Schüler:innen eine bereits erstellte Aufnahme anhören können.

Nachdem sich die Schüler:innen mit der Technik zur Aufnahme von Podcasts beschäftigt haben, können sie ihre Fähigkeiten anwenden und die Durchführung eines Unterrichtsversuchs mit Hilfe des Podcasts protokollieren und kommentieren.

Im Versuch *Wasser als Lösungsmittel* (Ministerium für Bildung Rheinland-Pfalz, 2018, S. 49–52) untersuchen die Schüler:innen die Eigenschaften von verschiedenen Stoffen (Salz und Sand) in Wasser. Der Versuch ist dabei so konzipiert, dass die Schüler:innen verschiedene Handlungsvorgaben befolgen (ebd., S. 49–50):



Abbildung 1: Ausschnitt einer Tippanleitung zur Anwendung der App Garageband. Quelle: Eigene Erstellung

1. Zwei Becher mit Wasser füllen.
2. In einen Becher einen Löffel Salz, in den anderen einen Löffel Sand geben und umrühren.
3. Vermutungen formulieren.
4. Beobachten.
5. Erneut rühren.
6. Beobachten.
7. Beobachtungen notieren.

Bei der Durchführung dieses Versuchs erkennen die Schüler:innen, dass sich das Salz nach mehrmaligem Rühren im Wasser auflöst und den Pegelstand des Wassers nicht (sichtbar) verändert, während der Sand sich hingegen nicht auflöst, zum Boden des Glases sinkt und den Pegel anhebt.

Während man üblicherweise einen solchen Versuch schriftlich protokolliert, kann dies auch mündlich in Form eines Podcast geschehen. In diesem Fall äußern die Schüler:innen zunächst den Versuchsaufbau, ihre Fragestellung und ihre Vermutung(en). Anschließend können sie jeden Versuchsschritt im Podcast beschreiben und kommentieren. Nachdem sie über externes Material weitere Erkenntnisse über die Eigenschaften von Wasser gewonnen haben und erklären können, warum es bei Salz und Sand zu unterschiedlichen Ergebnissen kam, kann diese Erklärung ebenfalls in den Podcast mit einfließen und anschließend mit Bezug auf die anfangs gestellten Vermutungen diskutiert werden.

Ein solcher Podcast zeichnet den gesamten Erkenntnisweg der Schüler:innen auf und macht ihn nicht nur für die Lehrkraft, sondern auch für die Schü-

ler:innen selbst sichtbar. Ferner bietet das Podcasting hier die Möglichkeit, „sinnliche Wahrnehmungen und gemessene Größen geeignet [...] [zu] fixieren und eindeutig dar[zu]stellen“ (GDSU, 2013, S. 40), was zu den naturwissenschaftlichen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen (DAHs) gehört.

Laut Leisen (2018, S. 3) befindet sich der Lernzuwachs kurz nach der Erstellung eines Lernprodukts noch in einem fragilen Zustand, weswegen es weiterer Festigung bedarf. Diese Festigung sieht er in der Verbalisierung, also in der diskursiven Verhandlung über das Gelernte mit anderen. Speziell dieser Punkt, so Leisen, ist „[...] für die Lehrkraft ausgesprochen anspruchsvoll und herausfordernd“ (ebd., S. 4). Durch einen Podcast wird jedoch nicht nur ein Lernprodukt erstellt, sondern gleichzeitig auch verbalisiert und im Idealfall auch mit den anderen Schüler:innen verhandelt (sofern der Podcast Produkt einer Gruppenarbeit ist). So lassen sich diese beiden Lernschritte kombinieren, wobei der Erkenntnisweg gleichzeitig transparent mitverfolgt werden kann.

3.2 Kompetenzzuwachs durch Podcasting

Die oben genannten Vorteile des Podcastings beziehen sich bislang vorrangig auf das Erreichen der Lernziele. Darüber hinaus kann der Einsatz digitaler Medien auch einem Selbstzweck dienen, nämlich einer gesteigerten Medienkompetenz seitens der Schüler:innen. *Medienkompetenz* beschreibt nach Gervé & Peschel (2013, S. 60) das „Potenzial, mit Medien in unterschiedlichen Situationen verantwortungsvoll umgehen, sie zielgerichtet einsetzen und selbstbestimmt gestalten zu können“ und stellt somit das wesentliche Ziel der Medienpädagogik dar.

Der *Medienkompetenzrahmen NRW* (Medienberatung NRW, 2018) ist als Umsetzung der KMK-Beschlüsse (KMK, 2016) zu verstehen und definiert verbindliche Medienkompetenzanforderungen für alle Schulformen in NRW. Als *digitales Lernprodukt* sind Podcasts primär im Kompetenzbereich 4 *Producieren und Präsentieren* des Medienkompetenzrahmens zu verorten. Hier vor allem in Kompetenzbereich 4.1 *Medienproduktion und Präsentation*. In Kompetenzbereich 4.1 wird gefordert, dass Schüler:innen ihre „Medienprodukte adressatengerecht planen, gestalten und präsentieren [können, sowie] Möglichkeiten des Veröffentlichens und Teilens kennen und nutzen“ (Medienberatung NRW, 2018). Die Erstellung der Podcasts setzt voraus, dass die Schüler:innen sich zunächst darauf einigen, für wen (z. B. andere Schüler:innen, Eltern etc.) der Podcast erstellt wird, um dann entsprechend das Medienprodukt zu produzieren. Dazu müssen sie nicht nur die Struktur und den Inhalt ihrer Podcasts planen, sondern auch innerhalb der Bearbeitungssoftware ge-

stalterisch tätig werden⁴. Sobald der Podcast hochgeladen wird (beispielsweise auf einem Schulserver⁵) oder über andere digitale Kanäle (Airdrop, Bluetooth, Cloud Systeme etc.) geteilt wird, wird auch der zweite Aspekt aus Kompetenz 4.1 thematisiert. In diesem Zusammenhang lassen sich auch Inhalte des Datenschutzes und der Informationssicherheit (Kompetenz 1.4) oder die Informationsbewertung und -kritik (Kompetenzen 2.3 und 2.4) in der Unterrichtseinheit berücksichtigen.

4. Untersuchungsdesign

„Die Vielfalt der Informations- und Lernmöglichkeiten mithilfe von Medien legt es nahe, im Rahmen der Medienbildung entsprechende Nutzungsmöglichkeiten – auch im Vergleich zu nicht-medialen Formen – zu reflektieren“ (Tulodziecki et al., 2019, S. 217). Unter dieser Devise wird im Folgenden ein Untersuchungsdesign präsentiert, welches die Wirksamkeit von Audio- und Videopodcasts im Vergleich zum Lernplakat als *konventionelles* Lernprodukt vergleicht.

Wie bereits in den vorangegangenen Abschnitten gezeigt, bietet das Podcasting umfangreiche Möglichkeiten zur Steigerung der Medienkompetenz von Lernenden. Allerdings muss ein innovatives Lehr-Lernformat sowohl von den Schüler:innen als auch von den Lehrer:innen akzeptiert werden, um in den Unterricht implementiert zu werden. Daher gilt es zunächst, den aktuellen Forschungsstand zum unterrichtlichen Einsatz von Podcasts zu untersuchen. Verglichen mit dem gesellschaftlichen Stellenwert von Podcasts als *Massenmedium* ist der Forschungsstand des Podcastings im Bildungsbereich allerdings als defizitär zu bewerten. Während sich einige Studien finden lassen, welche den didaktischen Nutzen der Podcasts als Lernmaterial untersuchen (u. a. Lee & Chan, 2007; Evans, 2008; Abdous et al., 2012), existieren bis dato kaum Studien, die den didaktischen Mehrwert der Podcast-Erstellung empirisch erforscht haben.

Die Forschung, die zu diesem Gebiet existiert, bezieht sich selten auf schulische, sondern meist auf universitäre Kontexte. Ferner handelt es sich bei den Ergebnissen oft um Selbstauskünfte oder Beobachtungen zum Podcasting – empirische Befunde bleiben meist aus. Dennoch geben die ersten Ergebnisse einen Hinweis auf förderliche Aspekte der Podcast-Erstellung. Laut Lee et al.

4 An dieser Stelle werden auch Kompetenzbereich 1.2 *Digitale Werkzeuge* und Kompetenzbereich 4.2 *Gestaltungsmittel* tangiert.

5 Hierbei gilt es den Datenschutz zu berücksichtigen.

(2008, S. 13) ermöglicht das Podcasting die Artikulation des eigenen Wissens über einen Sachverhalt. Im gemeinsamen Austausch innerhalb des Podcasts werden somit kollektive Problemlösungen entwickelt, welche wiederum essenziell für einen nachhaltigen Wissenserwerb sind (ebd., S. 13). Diese Erkenntnis deckt sich mit den Empfehlungen von Armstrong et al. (2009, S. 151), welche vor allem im kommunikativen Charakter des Podcastings (sowohl Audio- als auch Videopodcast) große Chancen hinsichtlich des Lernerfolgs wahrnehmen. Alpay & Gulati (2010, o. S.) heben darüber hinaus hervor, dass das Podcasting nicht nur positive Lernerfolge hervorgebracht hat, sondern auch das Engagement und Interesse am Lerngegenstand fördern konnte. Ob und inwiefern diese Ergebnisse allerdings auf ein Unterrichtsvorhaben im Sachunterricht übertragen werden können, gilt es noch zu klären.

Im Rahmen des BMBF – Drittmittelprojekts *Digitalstrategie Lehrer*innenbildung Köln: Kompetenzen nachhaltig entwickeln* (DiSK) wurde dazu ein Forschungsdesign entwickelt, welches Unterschiede hinsichtlich des Lernerfolgs und der Lernmotivation zwischen drei Versuchsgruppen (Audiolodcast, Videopodcast, analoges Lernprodukt) sichtbar machen soll (s. Abbildung 2).

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
<i>Prätest: Vorwissen + Lern- Leistungsmotivation (Spinath et al., 2012)</i>		
Unterrichtseinheit: Die Löslichkeit von Stoffen in Wasser		
Audiolodcast	Videopodcast	Lernplakat
<i>Posttest: Lernerfolg + Kurzskala intrinsische Motivation (KIM) (Wilde & Kovaleva, 2009)</i>		

Abbildung 2: Schematische Darstellung des Forschungsvorhabens zur empirischen Untersuchung von Podcasts als Lernprodukte

Die Versuchsgruppen bilden drei Schulklassen der dritten oder vierten Jahrgangsstufe. Zunächst wird innerhalb des Prätests Vorwissen aus dem Themenbereich *Nicht lebende Natur* (GDSU, 2013, S. 43–44) erhoben. Darüber hinaus wird die Lern-Leistungsmotivation mit Hilfe einer angepassten Version der Skalen zur Erfassung der Lern- und Leistungsmotivation (Spinath et al., 2012) ermittelt. Im Anschluss erfolgt eine inhaltlich identische Unterrichtssequenz, die sich in den drei Gruppen nur durch die Erstellung unterschiedlicher Lernprodukte unterscheidet. Abschließend wird der Lernerfolg erhoben sowie die Kurzskala intrinsische Motivation (KIM) (Wilde & Kovaleva, 2009) eingesetzt.

Mit Hilfe der Studie soll zum einen überprüft werden, ob durch das Podcasting im Vergleich zum konventionellen Lernprodukt tatsächlich höhere Werte

in der KIM erzielt werden können⁶ und ob dies auch für den Lernerfolg gilt. Zum anderen soll getestet werden, ob es mögliche Unterschiede zwischen den Podcastingformaten Audio- und Videopodcast gibt. Dies ist für die Grundschule insofern von Relevanz, als dass sich die beiden Formate in ihrer Komplexität voneinander unterscheiden. Beim Audiopodcast muss lediglich auf den Ton geachtet werden, allerdings ist aus diesem Grund das Abstraktionsniveau höher, da man den Lerngegenstand nur beschreiben und erklären, aber nicht zeigen kann. Dafür sind im Gegenzug die technischen Anforderungen beim Videopodcast komplexer, denn hier muss nicht nur auf den Ton, sondern auch auf das Bild (Kameraeinstellung, Perspektive etc.) geachtet werden. Im Gegensatz zum Audiopodcast ist das Abstraktionsniveau allerdings wieder geringer, da die Sachverhalte nun visualisiert dargestellt werden können.

Für die Kontrollgruppe musste ein Medium gefunden werden, welches (wie auch Podcasts) nicht nur Lernprodukt, sondern gleichzeitig auch Präsentationsmedium ist und den Lerninhalt in individuellen Lernstrukturen wiedergibt. Genau diese Anforderungen treffen auch auf Lernplakate zu (Klippert, 2010, S. 170).

5. Fazit und Ausblick

In dem vorliegenden Beitrag wurde gezeigt, dass die Erstellung von Podcasts für den Sachunterricht eine vielversprechende Alternative gegenüber konventionellen Lernprodukten darstellt. Podcasts sind in der Gesellschaft ein weit verbreitetes Medium, welches sich unkompliziert und mit geringem technischen Aufwand produzieren lässt. Dabei können Podcasts auf vielfältige Weise in das Unterrichtsgeschehen integriert werden. In diesem Artikel wurde exemplarisch erläutert, wie mit Hilfe eines Podcasts ein Versuch im Sachunterricht dokumentiert werden kann und welche Medienkompetenzen dadurch bei den Schüler:innen gefördert werden können. Zuletzt wurde ein Untersuchungsdesign innerhalb des DiSK-Projekts präsentiert, mit dessen Hilfe das vielversprechende Potential von Podcasts auch empirisch belegt werden kann. Als nächstes gilt es, das Forschungsvorhaben zu pilotieren und nach einer Sichtung der Zwischenergebnisse zu optimieren.

Das Vorhaben DiSK wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

⁶ Unter Berücksichtigung der anfangs erhobenen Lern- und Leistungsmotivation.

Literatur

- Abdous, M. Facer, B. Yen, C. (2012). Academic effectiveness of podcasting: A comparative study of integrated versus supplemental use of podcasting in second language classes. *Computers & Education*, 58, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.021>
- Alpay, E. & Gulati, S. (2010). Student-led Podcasting for Engineering Education. *European Journal of Engineering Education*. 35 (4), o.S. <https://doi.org/10.1080/03043797.2010.487557>
- Armstrong, G. Tucker, M. Massad, V. (2009). Achieving Learning Goals with Student-Created Podcasts. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 7 (1), 149–154. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4609.2008.00209.x>
- Baacke, D. (2007). *Medienpädagogik* (5. Auflage). Tübingen: de Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110938043>
- Bundesverband Digitale Wirtschaft (BVDW) (Hrsg.) (2020). *Podcasts – gekommen, um zu bleiben*. Berlin: BVDW.
- Campbell, G. (2005). There's Something in the Air. Podcasting in education. *Educause review*, November/December, 33–46.
- Dittrich, M. (2021). *Die Hürden der Digitalisierung an deutschen Schulen*. Verfügbar unter: https://www.deutschlandfunk.de/unterricht-im-corona-lockdown-die-huerden-der.724.de.html?dram:article_id=490259 [16.08.2021].
- Eickelmann, B. Bos, W. Gerick, J. Goldhammer, F. Schaumburg, H. Schwippert, K. Senkbeil, M. & Vahrenhold, J. (Hrsg.) (2019a). *#Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Münster: Waxmann.
- Eickelmann, B., Gerick, J., Labusch, A. & Vennemann, M. (2019b). Schulische Voraussetzungen als Lern- und Lehrbedingungen in den ICILS-2018-Teilnehmerländern. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (S. 137–172). Münster: Waxmann.
- Evans, C. (2008). The effectiveness of m-learning in the form of podcast revision lectures in higher education. *Computers & Education*, 50, 491–498. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.09.016>
- Gerick, J. Eickelmann, B. & Labusch, A. (2019). Schulische Prozesse als Lern- und Lehrbedingungen in den ICILS-2018-Teilnehmerländern. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen*

- Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (S. 173–203). Münster: Waxmann.
- Gervé, F & Peschel, M. (2013). Medien im Sachunterricht. In E. Gläser & G. Schönknecht (Hrsg.), *Sachunterricht in der Grundschule: entwickeln – gestalten – reflektieren* (S. 58–77). Frankfurt/M.: GSV.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU). (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Hartinger, A. Grygier, P. Tretter, T. & Ziegler, F. (2013). *Lernumgebungen zum naturwissenschaftlichen Experimentieren. SINUS Handreichung*. Kiel: IPN.
- Herzig, B. (2014). *Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht?* Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Kittmann, V. & Buer, C. (2018). *Podcast-Umfrage 2018*. Verfügbar unter <https://podstars.de/wp-content/uploads/Podcastumfrage2018.pdf> [23.08.2021].
- Klippert, H. (2010). *Methoden-Training*. 19. Auflage. Weinheim und Basel: Beltz.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf [16.08.2021].
- Lee, M. Chan, A. (2007). Reducing the effects of isolation and promoting inclusivity for distance learners through podcasting. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 8, 85–105.
- Lee, M. McLoughlin, C. & Chan, A. (2008). Talk the talk: Learner-generated podcasts as catalysts for knowledge creation. *British Journal of Educational Technology*, 39 (3), 501–521. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00746.x>
- Leisen, J. (2018). *Was Lehrkräfte brauchen – ein praktikables Lehr-Lern-Modell*. Verfügbar unter: <http://www.josefleisen.de/downloads/lehrenlernen/00%20Was%20Lehrkr%C3%A4fte%20brauchen%20-%20Ein%20praktikables%20Lehr-Lern-Modell%202018.pdf> [24.08.2021].
- Medienberatung NRW. (2018). *Broschüre Medienkompetenzrahmen NRW*. Münster / Düsseldorf: Medienberatung NRW.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs) (2020a). *KIM-Studie 2020. Kindheit, Internet, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger*. Stuttgart: mpfs.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs) (2020b). *JIM-Studie 2020. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger*. Stuttgart: mpfs.
- Ministerium für Bildung Rheinland-Pfalz (2018). *Naturwissenschaftliche Inhalte im Sachunterricht*. Mainz: Ministerium für Bildung.
- Quandt, T. (2013). Podcast. In G. Bentele, H. Brosius & O. Jarren (Hrsg.), *Lexikon Kommunikations- und Medienwissenschaften* (S. 266). Wiesbaden: Springer.

- Rosales, C. (2021). *Sind die Schulen nach Corona endlich digital ausgestattet?* Verfügbar unter: <https://www.zeit.de/community/2021-06/corona-schule-digitalisierung-bildung-ausstattung-lehrer-schueler-studie> [16.08.2021].
- Spinath, B. Steinsmeier-Pelster, J. Schöne, C. Dickhäuser, O. (2012). *SELLMO. Skalen zur Erfassung der Lern- und Leistungsmotivation.* 2. Auflage. Göttingen: Hogrefe.
- Statista. (2019). *Welche der folgenden Gründe beschreibt, wenn überhaupt, warum Sie Podcasts hören?* Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1054118/umfrage/gruende-der-nutzung-von-podcasts-in-deutschland/> [13.09.2021].
- Tulodziecki, G. Herzig, B. & Gafe, S. (2019). *Medienbildung in Schule und Unterricht* (2. Auflage). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Wilde, M. & Kovaleva, A. (2009). Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 31–45.

Die Funktionsweise von digitalen Medien verstehen

Am Beispiel der Audiobox

Abstract

Digitale Audioformate wie Internetradio, Podcast oder Musik zum Downloaden und Streamen sind alltägliche Begleiter geworden und werden über PC oder Smartphone konsumiert. Für jüngere Kinder ist die Toniebox geeignet, ein Abspielgerät für MP3-Audiodateien wie Kinderlieder, Hörspiele oder Wissensgeschichten. Diese Audiobox funktioniert über einen Clouddienst und integrierte NFC-Chips. Der Artikel beschreibt, wie im Sachunterricht mit digitalen Medien die Produktion und Programmierung verschiedener Audioformate gelingen kann und welche Potenziale sich durch den Einsatz der NFC-Technologie ergeben.

1. Einleitung

Kinder schauen gerne Bücher an und lieben es, vorgelesen zu bekommen. Geschichten spielen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Phantasie und Kreativität (Stiftung Lesen, 2016). Seit Jahrzehnten sind deshalb auch Hörspiele bei Kindern beliebt, und der Hörbuchmarkt hat in den letzten Jahren ein großes Wachstum erfahren (Heger, 2019). In vielen Kinderzimmern finden sich inzwischen Audioboxen¹, die, auch aufgrund des Einsatzes der NFC-Technologie, von den Kindern einfach bedient und jederzeit genutzt werden können.

Im Beitrag soll eine Möglichkeit skizziert werden, wie der Weg vom passiven Konsum von Hörspielen hin zu einer aktiven Gestaltung eigener Geschichten und dem anschließenden Aufnehmen des Hörspiels gelingen kann.

¹ Audioboxen sind Tonabspielgeräte für Kinder, die sehr einfach zu bedienen sind und ohne direkte Tonträger auskommen. Audioinhalte werden direkt von den Servern der Hersteller auf die Box geladen und meistens durch Figuren mittels NFC-Technologie aktiviert.

Um das Prinzip einer Audiobox verstehen zu können, werden zunächst fachwissenschaftliche Aspekte der NFC-Technologie erläutert und auf den Alltagsbezug dieser Technologie verwiesen. Im folgenden Kapitel wird auf die Interessen der Kinder näher eingegangen sowie der Bereich der informatischen Grundbildung näher betrachtet. Beide Aspekte bilden die zwei Grundsäulen für die Thematisierung der Audiobox im Unterricht der Grundschule. Im Anschluss wird die unterrichtliche Umsetzung thematisiert. Neben der Beschreibung der für eine Audiobox benötigten Apps und unterrichtlichen Hinweisen zur Anwendung von NFC-Chips werden Kompetenzen formuliert, die gemäß dem KMK-Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“ (KMK, 2016) durch die Thematisierung der Audiobox im Unterricht gefördert werden können. Außerdem wird dargestellt, wie auch der Forderung nach einem Lernen mit und über Medien (GSDU, 2013) Rechnung getragen wird.

2. Die NFC-Technologie

Near Field Communication (NFC, deutsch: Nahfeldkommunikation) ist ein internationaler, drahtloser Kommunikationsstandard, der den Austausch kleiner Datenmengen zwischen NFC-fähigen Geräten ermöglicht. *Near Field* ist an dieser Stelle wortwörtlich zu verstehen, denn der Austausch erfolgt nur über eine kurze Distanz, typischerweise zwischen einem und zehn Zentimetern. Zur Übertragung wird der Hochfrequenzbereich von 13,56 MHz genutzt. Daten können dabei mit einer Geschwindigkeit von bis zu 424 kBit/s übertragen werden. *Communication* deutet an, dass eine Übermittlung von Informationen geschieht. Mittels NFC können also kleine Datenmengen über kurze Distanzen ausgetauscht werden. Im Gegensatz zu anderen drahtlosen Kommunikationsarten, wie z.B. Bluetooth und WLAN, ist die NFC-Kommunikation konfigurationsfrei, d.h. es wird kein PIN, Passwort oder ähnliches benötigt, wodurch sie besonders einfach und benutzerfreundlich ist. Die NFC-Technologie existiert bereits seit 2007, doch die zunehmende Verbreitung im Alltag ist erst in den letzten Jahren für viele sichtbar geworden. Insbesondere durch die kontaktlose Bezahlung per EC- oder Kreditkarte oder dem Smartphone rückt die NFC-Technologie in das Bewusstsein vor. Die Kommunikation findet grundsätzlich zwischen zwei Teilnehmenden statt, welche sich in den typischen Anwendungsfällen in einen passiven und aktiven Part aufteilen. Während der passive Part die gewünschten Informationen zur Verfügung stellt, bringt der aktive Part sowohl die benötigte Energie zur Durchführung der Kommunikation als auch die Mittel zur Verarbeitung der Daten mit. Im Alltagsszenario der

bargeldlosen Zahlung ist die EC-Karte der passive Part. Sie enthält einen NFC Chip (vgl. Abb. 1), auf dem Informationen zum Konto sicher hinterlegt sind (nfc-tag-shop.de, o. J.).

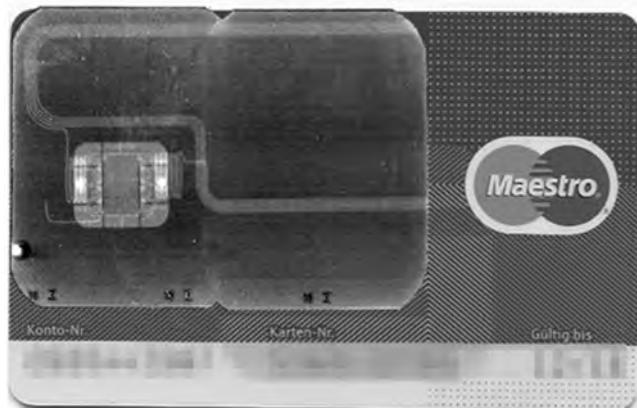


Abbildung 1: EC-Karte im Röntgenbild, Bild:
www.praemandatum.de, CC-BY-SA-3.0

Der aktive Part, in diesem Fall das Bezahlterminal, erzeugt ein Nahfeld, welches den NFC-Chip mit Energie versorgt und aktiviert, um im Anschluss mit diesem zu kommunizieren und die übermittelten Daten zu bearbeiten – also hier die erforderlichen Daten zu übertragen und damit den Bezahlvorgang abzuschließen (nfc-tag-shop.de, o. J.) (vgl. Abb. 2).



Abbildung 2: Aktiver (links) und passiver Part (rechts) bei der kontaktlosen Bezahlung. Bild:
Adriano Godini (li.) bzw. MBatty (re.) auf Pixabay

Aber nicht nur beim kontaktlosen Bezahlvorgang ist die NFC-Technologie inzwischen im Alltag angekommen. Weil die Koppelung von kabellosen Kopfhörern und Lautsprechern über Bluetooth mitunter aufwändig ist und auch nicht immer reibungslos funktioniert, wird neben Bluetooth zur Datenübertragung zur Koppelung immer häufiger auf die NFC-Technologie zurückgegriffen. Auch bei der Audiobox wird die NFC-Technologie genutzt. Inwiefern diese Technologie bereits für Grundschulkinder nutzbar ist, wird nachfolgend dargestellt.

3. Interessen von Grundschulkindern

Für die Gestaltung motivierender und lernförderliche Unterrichtsszenarien ist es notwendig, die Erfahrungen sowie die Lebenswelt der Kinder als Ausgangspunkt zu nehmen (GDSU, 2013). Wissenschaftlich erfasst werden Themen- und Freizeitinteressen der Sechs- bis 13-Jährigen u.a. in den KIM-Studien. In der aktuellen Untersuchung Sechs- bis 13-Jährigen zeigt sich bei der Frage nach den Themeninteressen, dass sich gut zwei Drittel der Kinder für Musik begeistern (mpfs, 2020). 50 % der Kinder interessieren sich für Bücher und Lesen und auch Technik gehört zu den Interessensgebieten von Grundschulkindern (vgl. Abb. 3).

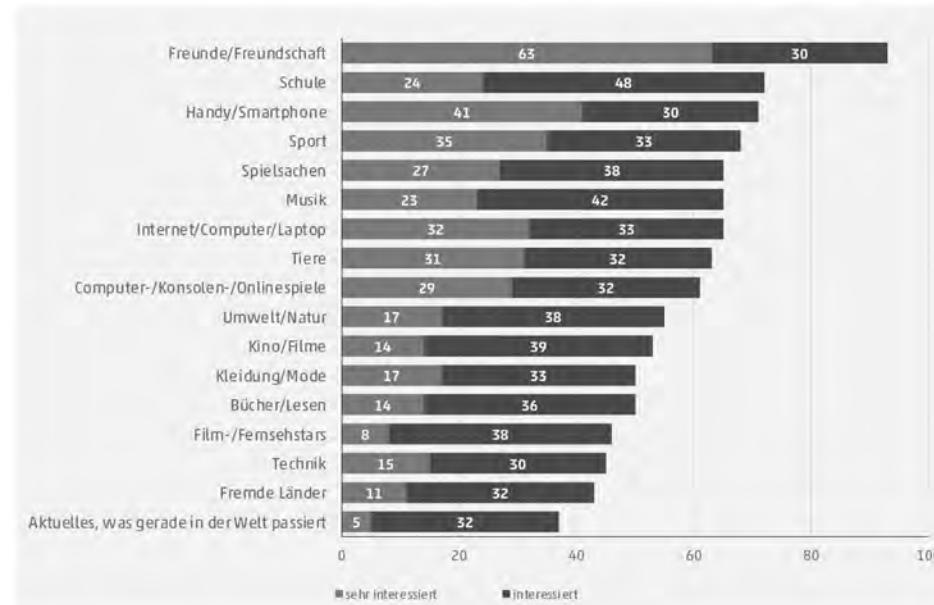


Abbildung 3: Interessensgebiete der Sechs- bis Dreizehnjährigen, Bild: mpfs, 2020, S. 7

Die Interessen der Kinder spiegeln sich auch in ihren Freizeitaktivitäten wieder. Laut der World Vision Kinderstudie etwa gehört *Musik hören* zu einer

Beschäftigung, die sich unter den Top drei der beliebtesten Beschäftigungen in der Freizeit wiederfindet (Bründel & Hurrelmann, 2017). Vor allem jüngere Kinder hören regelmäßig Hörspiele (mpfs, 2014).

3.1 Geschichten, Hörspiele und die Audiobox

Die meisten Kinder lieben Geschichten und es gibt kaum ein Kind, das sich nicht freut, wenn durch das Hören einer Geschichte seine Fantasie beflügelt wird (Stiftung Lesen, 2016). Geschichten inspirieren, können in der Fantasie ausgeschmückt werden oder animieren zum Weitererzählen. In vielen Familien ist es ein Ritual, dass der Tag mit einer Gute-Nacht-Geschichte beendet wird (Langlotz & Bingel, 2008). Untersuchungen zeigen: Je mehr einem Kind vorgelesen wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass es später selbst zum Buch greifen wird (Stiftung Lesen, 2018). Außerdem hat Vorlesen einen positiven Effekt auf die individuelle Entwicklung und fördert die sozialen Kompetenzen (Duursma et al., 2008). Häufiges Vorlesen fördert nicht nur die Kreativität, auch die Sprachfähigkeit wird durch das frühe Annähern an Sprache deutlich verbessert und der Wortschatz von Jungen und Mädchen erweitert (Niklas et al., 2016).

Das aktive Lesen ist auch in späteren Jahren noch Entspannung, ein beliebtes Hobby und Freizeitbeschäftigung. Allerdings geben immer mehr Erwachsene an, keine Zeit zum Lesen zu haben und ihren Kindern deshalb auch nicht vorlesen zu können (Stiftung Lesen, 2020). Nicht nur aus diesem Grund hat in den letzten Jahren der Hörbuchmarkt einen großen Zuwachs verzeichnet (Heger, 2019).

Neben Stereoanlage, CD-Player, Smartphone und Streaming-Diensten fungieren seit einigen Jahren Audioboxen als angesagte Abspielgeräte für Kinder. Ein Beispiel dafür ist die Toniebox.

Die Toniebox wurde von Eltern entwickelt, die eine Alternative zur CD suchten (tonies.com, o. J.). Sie spricht die Altersgruppe der Zwei- bis Achtjährigen an und verzeichnet einen wachsenden internationalen Marktumsatz (businessinsider.de, o. J.). Zusätzlich zur eckigen Box, in die Audioplayer, Lautsprecher und Akku integriert sind, wird eine Figur, Tonie genannt, benötigt. Die Tonies enthalten einen NFC-Chip und stellen durch ihr äußerliches Erscheinungsbild eine Verbindung zum Inhalt des Hörinhalt her. Die Audioprodukte reichen von Hörgeschichten über Liedersammlungen bis hin zu Was ist Was-Wissensgeschichten (tonies.com, o. J.). Um Dateien abspielen zu können, muss beim erstmaligen Benutzen eines Tonies eine WLAN-Verbindung vorhanden sein (dadslife.at, o. J.). Die Dateien werden dann in einer Cloud hinterlegt. Um

auf die Tonie-Cloud mit Musik und Geschichten zugreifen zu können, wird ein Benutzerkonto benötigt, für das eine E-Mail-Adresse angegeben werden muss. Nachdem die Figur auf die Box gestellt wurde, wird das Abspielen des zugeordneten Audios ausgelöst.

Die Toniebox ist aber nur der präsenteste Vertreter, es gibt viele unterschiedliche Modelle von Audioboxen auf dem Markt, z. B. Hörbert Musikbox, Tigerbox, StoriKid von Vtech u. v. m., die sich in ihrer Funktionsweise nur leicht unterscheiden.

3.2 Beitrag zur Bildung in der digitalen Welt

Die von der Kultusministerkonferenz (KMK) beschlossenen Strategien zum Umgang mit den Herausforderungen des digitalen Wandels in der Bildung sehen vor, das Lernen mit und über digitale Medien und Werkzeuge bereits in der Primarstufe zu beginnen, da die Digitalisierung auch außerhalb der Schule alle Lebensbereiche und Altersstufen umfasst (KMK, 2016). Schülerinnen und Schüler sollen digitale Medien nutzen, aber auch darin bestärkt werden, kritisch, kreativ, kollaborativ und kommunikativ mit den Phänomenen der Digitalisierung und deren informatischen Grundlagen umzugehen (Barkmin et al., 2020). Diese Zielsetzungen werden ergänzt durch die Dagstuhl-Erklärung der Gesellschaft für Informatik (2016), in der drei Perspektiven auf Bildung in der digital vernetzten Welt beschrieben werden:

- die anwendungsbezogene Perspektive *Wie nutze ich das?*
- die gesellschaftlich-kulturelle Perspektive *Wie wirkt das?*
- die technologische Perspektive *Wie funktioniert das?*

Die Digitalisierung, also die Überführung analoger Daten in digitale, d. h. auf Ziffern (engl. digit) abbildbare und damit durch Computer verarbeitbare Form (Bergner et al., 2018), hat die Wege, Musik und Hörgeschichten zu konsumieren und zu produzieren, verändert. Kinder hören Radio, Lieder und Geschichten heute zunehmend über das Internet und nutzen dabei vielfältige digitale Endgeräte (mpfs, 2020). Durch das Aufgreifen dieses Mediennutzungsverhaltens und die explizite Thematisierung der Funktionsweise eines digitalen Audioabspielgeräts im Sachunterricht wird ein Beitrag zur Bildung in der digitalen Welt geleistet. Die Schülerinnen und Schüler erhalten die Chance, sich mit digitalen Technologien auseinanderzusetzen, ein Informatiksystem zu verstehen und Medien selbst zu nutzen. Auf diese Weise erwerben sie Medienkompetenz sowie digitalisierungsbezogene und informative Kompetenzen. Die Umsetzung des Unterrichtsvorhabens (vgl. Kapitel 4.2) im Sachunterricht

birgt somit das Potenzial, zeitgemäße Medienbildung zu realisieren und durch vielfältige Lernszenarien Zugänge zu den Kompetenzen, die im digitalen Zeitalter benötigt werden, zu ermöglichen (KMK, 2016).

3.3 Lernen mit und über Medien als Aufgabe im Sachunterricht

Medien, ob analog oder digital, sind im Sachunterricht seit jeher fester Bestandteil. Sie werden dafür eingesetzt, um zu veranschaulichen, Aspekte zu fokussieren, schwer Wahrnehmbares erfahrbar zu machen und Kinder zu befähigen, sich Phänomene zu erschließen (Gervé & Peschel, 2013). Aufgrund seiner welterschließenden Kernaufgabe ermöglicht es der Sachunterricht, das in der medial geprägten Lebenswelt erworbene Vorwissen und die Erfahrungen der Schülerinnen und Schülern zu thematisieren und zu reflektieren. Die Integration digitaler Medien in den Sachunterricht wird zudem der Forderung gerecht, ein Lernen mit und über Medien zu ermöglichen.

Lernen **mit** Medien bedeutet dabei, dass die digitalen Medien zu Werkzeugen, d. h. zu Lehr- und Lernmitteln werden. Im Sachunterricht werden (digitale) Medien eingesetzt, damit Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit erhalten, sich mit Medien zu informieren, mit Medien zu gestalten und zu kommunizieren (Gervé & Peschel, 2013).

Das Lernen **über** Medien erfordert, dass digitale Medien als technische Artefakte selbst oder auch gesellschaftliche Entwicklungen im Zusammenhang mit Medien zum Unterrichtsgegenstand werden. Die Schülerinnen und Schüler werden angeleitet, sich kritisch und reflektiert mit Medieninhalten und -angeboten zu beschäftigen sowie negative Folgen zu analysieren. Themen wie Medienbedienung, -funktion, -technik und -nutzung werden zur *Sache* des Sachunterrichts ebenso wie die Bereiche Automatisierung und Steuerung, Werbung, Information und Manipulation, Gesundheit und Medienkonsum, Unterhaltung und Spiel, IT-Sicherheit und verantwortungsvolle Kommunikation online (Gervé, 2016).

4. Die Audiobox als Unterrichtsgegenstand

Die Interessensgebiete, Musik und Geschichten sowie informative Grundbildung werden miteinander verknüpft, wenn die Funktionsweise der Audiobox im Unterricht aufgegriffen wird. Im Folgenden werden sowohl die benötigte technische Ausstattung als auch die Vorgehensweise im Unterricht näher erläutert. Die Durchführung eignet sich für Klassenstufe 3/4.

4.1 Technische Ausstattung

Um eine eigene Audiobox im Unterricht zu programmieren, wird pro Schüler:innengruppe ein Smartphone benötigt, das die NFC-Technologie unterstützt, sowie ein NFC-Chip. Auf dem Smartphone müssen drei Apps installiert sein:

- Ein Diktiergerät oder ein Audio-/Voice-Recorder, Empfehlung: Schlichtes Diktiergerät (Simple Mobile Tools, 2022), erforderliche Android-Version: 5.0 oder höher
- Eine App zum Programmieren der NFC-Chips, Empfehlung: NFC Tools Pro-Edition (wakdev, 2021a), erforderliche Android-Version: 4.0 oder höher, diese App kostet ca. 3,50 Euro
- Eine App zum Abspielen des Chips, Empfehlung: NFC Tasks (kompatibel zu NFC Tools Pro) (wakdev, 2021b), erforderliche Android-Version: 4.0 oder höher

NFC-Chips können in vielen Farben, Formen und Größen erworben werden. Empfohlen werden selbstklebende NFC-Chips, da diese von den Schülerinnen und Schülern im Unterricht einfach auf einem entsprechenden Gegenstand angebracht werden können. Gut für die Handhabung mit kleinen Kinderhänden sind Chips der Größe $2 \times 1,5\text{cm}$. Zehn NFC-Chips kosten ca. zwölf Euro. Ein Chip ist bis zu 100.000 mal beschreibbar, so dass es sich um eine kostengünstige, langfristige Anschaffung handelt, was für die Schulpraxis ein essenzieller Aspekt ist.²

Weiterhin hervorzuheben ist, dass für die Verwendung selbst erstellter Audiodateien mittels Smartphone und NFC-Chip kein WLAN benötigt wird. Dies ist vor dem Hintergrund der derzeitigen Netzarbeitung an deutschen Grundschulen ein ausschlaggebendes Argument, das für den Einsatz einer selbst konzipierten Audiobox spricht.

4.2 Unterrichtliches Vorgehen

Die Funktionsweise einer Audiobox zu thematisieren, eröffnet den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, digitale Werkzeuge und Medien im Unterricht zum Lernen, Arbeiten und Problemlösen zu nutzen und dabei grundlegende Prinzipien der digitalen Welt kennenzulernen und zu verstehen (KMK, 2016). Im Kompetenzbereich *Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren*

² Möglichkeit für den Erwerb der NFC-Chips: <https://www.nfc-tag-shop.de/nfc-aufkleber/?p=1>

(ebd.) wird das Suchen und Filtern sowie Speichern und Abrufen gefördert, indem die Schülerinnen und Schüler in verschiedenen digitalen Umgebungen nach passenden Texten oder Tönen suchen. Sie speichern und nutzen Informationen, welche sie im Laufe der Hörspielerstellung wiederfinden, abrufen und zusammenführen sollen. Dies gilt auch für die eigenständige Programmierung der NFC-Chips mittels einer App. Zugleich werden dadurch Konzepte informatischer Grundbildung gefördert. Durch die Erstellung ihrer eigenen Audioproduktionen erwerben die Schülerinnen und Schüler weiterhin Kompetenzen im Bereich *Produzieren und Präsentieren* (ebd.). Sie planen ihre Produktion in verschiedenen Formaten, verarbeiten Inhalte digitaler und analoger Quellen, sind dabei angehalten, rechtliche Vorgaben zu beachten und bringen ihr bestehendes Wissen mit ein.

Um die Funktionsweise der Audiobox im Unterricht nachvollziehen zu können, wird in einem ersten Schritt ein Text benötigt. Kindgerechte Texte zum Vorlesen finden sich beispielsweise auf der Website der Stiftung Lesen³. Hier wird wöchentlich je eine neue Geschichte für Kinder im Alter von drei bis sieben Jahren eingestellt. Diese ist dann vier Wochen lang abrufbar und kann exemplarisch vor- oder eingelesen werden.

Zur Untermalung der Geschichte können Musik, Geräusche oder Töne eingesetzt werden. Auch hier finden sich im Internet zahlreiche Quellen für Tondateien. Wichtig ist dabei, dass lizenzierte und gemaufreie Musik verwendet wird (vgl. Abb. 4). Darüber hinaus gibt es Apps, mit denen eigene Hörspiele produziert werden können, also eine Geschichte gleich bei der Aufnahme vertont werden kann, beispielsweise Digitalwerkstatt Audio Studio (HABA Digital GmbH, 2020).



Abbildung 4: Mögliche Quellen für lizenzierte Töne, Geräusche und Musik, Bild: L. Bröll

³ www.einfachvorlesen.de

Ein großes Potential aber liegt darin, wenn im Unterricht sowohl Musik, Geräusche und Töne selbst erzeugt und aufgenommen werden und auch die Texte, die aufgenommen werden sollen, selbst von der Lehrkraft oder noch besser mit den Schülerinnen und Schülern im Unterricht gemeinsam geschrieben werden. Das kann im Sachunterricht oder fächerübergreifend beziehungsweise fächerverbindend geschehen. Im Deutschunterricht werden Texte geschrieben und im Musikunterricht Musik, Töne und Geräusche zur Vertonung der Texte erzeugt. Im Sachunterricht findet die Programmierung der NFC-Chips statt.

Wenn Texte geschrieben, Musik oder Töne zusammengestellt und die notwendigen Apps installiert sind, kann die Aufnahme am Smartphone beginnen. Im Anschluss geht es darum, den Chip zu programmieren, so dass die erstellte Audioproduktion auch jederzeit abgerufen werden kann⁴. Hierfür müssen die Kinder mehrere Schritte (vgl. Abb. 5) nacheinander durchführen. Die Programmierung kann von den Kindern selbst übernommen werden.



Abbildung 5: Programmierschritte für die Programmierung des NFC-Chips, Bild: L. Bröll

4 Einen Screencast zur Programmierung finden Sie auch unter <https://tuc.cloud/index.php/s/oXjqKJN6yyHfjY6>

5. Rechtliche Aspekte

Anders als bei einer käuflich erworbenen Musikbox werden bei dem hier vorgestellten Eigenbau keine persönlichen Daten von Fremdanbietern gespeichert. So müssen Nutzerinnen und Nutzer beispielsweise keine E-Mail-Adressen angeben. Auch sind die selbst erstellten Hörspieldateien nur lokal auf dem Smartphone gespeichert. Je nach Gegebenheiten der Schule können die Dateien in der Schulcloud abgespeichert und gesammelt werden, damit Lehrkräfte sich untereinander austauschen und die Tondateien nach dem Kopieren auf ihrem lokalen Gerät im Unterricht einsetzen können.

6. Zusammenfassung

Der Forderung Unterricht zu gestalten, welcher Lernen mit und über Medien realisiert, die Lebenswelt der Kinder aufgreift, ihre Themeninteressen berücksichtigt und unterschiedliche Lerntypen anspricht, kann durch das hier skizzierte Beispiel nachgekommen werden. Der Einsatz von NFC-Technologie ermöglicht Lehrerinnen und Lehrern vielfältige und flexible Szenarien für die Unterrichtsgestaltung, wie offener Unterricht, Freiarbeit und Stationenlernen. Durch die Erstellung eigener Audioproduktionen und Entwicklung individueller und differenzierter Lernmaterialien erweitern Lehrkräfte nicht nur ihre eigene Medienkompetenz, sondern bieten ihren Schülerinnen und Schülern Impulse für integrierte Medienbildung im Sachunterricht. Schülerinnen und Schüler erfahren durch die Programmierung und Produktion verschiedener Audioformate (beispielsweise Radiobeitrag, Podcast, Sachtext oder Hörspiel) einen kreativen und nachhaltigen Ansatz, Unterricht mit digitalen Medien zu erleben und mitzustalten. Zusammengefasst ergeben sich für den Sachunterricht vielfältige Potenziale: Die Förderung der Medienkompetenz und Aspekte der informatischen Bildung sind ebenso von Relevanz wie Materialentwicklung und die Konzeption von Lernumgebungen, die digitale Elemente aufgreifen.

Förderhinweis

Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2019 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Literatur

- Barkmin, M., Bergner, N., Bröll, L., Huwer, J., Menne, A. & Seegerer, S. (2020). Informatik für alle?! – Informatische Bildung als Baustein in der Lehrkräftebildung. In M. Beißwenger, B. Bulizek, I. Gryl & F. Schacht (Hrsg.), *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung* (S. 99–120). Universitätsverlag Rhein-Ruhr. <https://doi.org/10.17185/duepublico/73330>.
- Bergner, N., Hubwieser, P., Köster, H., Magenheim, J., Müller, K., Romeike, R., Schroeder, U. & Schulte, C. (2018). *Frühe informatische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich*. Verlag Barbara Budrich. <https://doi.org/10.3224/84742107>.
- Bründel, H. & Hurrelmann, K. (2017). *Kindheit heute. Lebenswelten der jungen Generation*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- businessinsider.de (o. J.): *Toniebox-Erfinder bestätigt Börsengang – und wird mit 870 Millionen Euro bewertet*. <https://www.businessinsider.de/gruenderszene/business/toniebox-bestatigt-spac-boesengang-468-d/> [08.02.2022].
- dadslife.at (o. J.): *Toniebox-Checkliste*. <https://dadslife.at/musik/toniebox/> [08.02.2022].
- Duursma, E., Augustyn, M. & Zuckerman, B. (2008). Reading aloud to children: the evidence. *Archives of Disease in Childhood* 93, 554–557. <https://doi.org/10.1136/adc.2006.106336>.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts [GDSU] (Hrsg.) (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Gesellschaft für Informatik (2016). Dagstuhl-Erklärung. Bildung in der digitalen vernetzten Welt. https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erkla_rung_2016-03-23.pdf [08.02.2022].
- Gervé, F. (2016). Digitale Medien als „Sache“ des Sachunterrichts. In M. Peschel & T. Irion (Hrsg.), *Neue Medien in der Grundschule 2.0. Grundlagen – Konzepte – Perspektiven* (S. 121–134). Grundschulverband.
- Gervé, F. & Peschel, M. (2013). Medien im Sachunterricht. In E. Gläser & G. Schönknecht (Hrsg.), *Sachunterricht in der Grundschule: entwickeln – gestalten – reflektieren* (S. 58–77). Frankfurt a. M.: GSV.
- HABA Digital GmbH (2020). *Digitalwerkstatt Audio Studio* (Version 1.02) [Mobile app]. Google Play. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.HabaDigitalGmbH.AudioStudio&gl=DE>.
- Heger, F. (2019). *Der Hörbuchmarkt boomt – Was heißt das für Verlage?* <https://www.boersenblatt.net/bookbytes/archiv/1755656.html> [08.02.2022].
- Kultusministerkonferenz [KMK] (2016). Bildung in der digitalen Welt. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf [08.02.2022].
- Langlotz, C. & Bingel, B (2008). *Kinder lieben Rituale. Kinder im Alltag mit Ritualen unterstützen und begleiten*. Münster: Ökotopia.

- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest [mpfs] (Hrsg.) (2014). *miniKIM 2014. Kleinkinder und Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 2- bis 5-Jähriger*. <https://www.mpfs.de/studien/kim-studie/2020/> [08.02.2022].
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest [mpfs] (Hrsg.) (2020). *KIM-Studie 2020. Kindheit, Internet, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger*. <https://www.mpfs.de/studien/minikim-studie/2014/> [08.02.2022].
- nfc-tag-shop.de (o. J.): *Was ist NFC?* <https://www.nfc-tag-shop.de/info/> [08.02.2022].
- Niklas, F., Cohrssen, C., Tayler, C. & Schneider, W. (2016). Erstes Vorlesen: Der fröhle Vogel fängt den Wurm. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*. 30 (1), 35–44. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000166>.
- Simple Mobile Tools (2022). *Schlücktes Diktiergerät* (Version 5.6.4) [Mobile apps]. Google Play. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.simplemobiletools.voicerecorder&gl=DE>.
- Stiftung Lesen (2016). *Vorlesestudie 2016*. https://www.stiftunglesen.de/fileadmin/Bilder/Forschung/Vorlesestudie/Vorlesestudie_2016.pdf [08.02.2022].
- Stiftung Lesen (2018). *Vorlesestudie 2018*. https://www.stiftunglesen.de/fileadmin/PDFs/Vorlesestudie/Ergebnisse_Vorlesestudie2020_Praesentation.pdf [08.02.2022].
- Stiftung Lesen (2020). *Vorlesestudie 2020*. https://www.stiftunglesen.de/fileadmin/PDFs/Vorlesestudie/Ergebnisse_Vorlesestudie2020_Praesentation.pdf [08.02.2022].
- tonies.com (o. J.): *Von der Idee zur Hörfigur*. <https://tonies.com/de-de/ueber-uns/wie-alles-begann/> [08.02.2022].
- wakdev (2021a). *NFC Tools Pro-Edition* (Version 8.6.1) [Mobile app]. Google Play. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wakdev.nfctools.pro&gl=DE>.
- wakdev (2021b). *NFC Tasks* (Version 5.4) [Mobile app]. Google Play. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wakdev.nfctasks&gl=DE>.

Digitale und analoge Angebote zum schriftsprachlichen Lernen auf Distanz (SchLau D)

Abstract

In diesem Beitrag werden die Grundlagen einer Online-Plattform zum ‚Lernen auf Distanz‘ vorgestellt. Dabei geht es im Kern um digitale und analoge Angebote zum schriftsprachlichen Lernen im Fach Deutsch (SchLau D), die von Lehrkräften frei zugänglich und lehrgansunabhängig genutzt werden können. Es werden zunächst die fachdidaktischen Erwägungen in den Mittelpunkt gestellt und es wird die Struktur der Angebote beispielhaft vorgestellt. Da die Plattform noch in der Entwicklung ist, sind die Ausführungen als Werkstattbericht zu verstehen. Abschließend wird ein Ausblick auf die Weiterarbeit und Weiterentwicklung von ‚SchLau D‘ gegeben.

1. Einleitung

In 2020 und 2021 wirkte sich die Pandemie durch die ergriffenen Maßnahmen auf den Unterricht an Grundschulen aus (Depping et al., 2021) und Lehrkräfte waren von besonderen Anforderungen wie Wechselunterricht, eingeschränkten Präsenzphasen oder Schulschließungen betroffen. ‚Lernen auf Distanz‘, realisiert als abwechselnde Phasen des Lernens im häuslichen Umfeld und in der Schule (Moore & Kearsley, 2012), als Mix aus kooperativem Austausch, eigenverantwortlichem Lernen und Feedback durch unterschiedliche Beteiligte (Lehrkräfte, Eltern, Peers) (Belanger & Jordan, 2000), spielte eine wesentliche Rolle. Die Bedingungen vor Ort in den jeweiligen Schulen sowie den betroffenen Familien und Haushalten stellten in diesem Szenario einen wesentlichen Gelingensfaktor dar (ebd.). Insofern waren flexible fachdidaktische Konzepte gefragt, die neben dem technisch und digital Nötigem auch die Lehr-Lern-Bedingungen in den Blick nahmen und Heterogenität auf Seiten der Lernenden, die Rollenverteilung von Lehrenden (zuhause und in der Schule), die Aufgaben und Materialien (Art, Umfang, Passung, Angemessenheit), die Lern- und Kommunikationsformen sowie die Gestaltung der Lernräume und -orte

bzw. Lernzeiten berücksichtigten. Fachdidaktische Konzepte, die die spezifischen Bedürfnisse von und Anforderungen an Schülerinnen und Schülern in Jahrgangsstufe 1 aufgriffen, die dadurch gekennzeichnet sind, dass neben den fachlichen und schulischen Leitlinien auch das Schulsystem und die jeweiligen Beteiligungsrollen zunächst kennengelernt werden müssen, waren rar. Eine zentrale Funktion kam und kommt in solchen Konzepten auch digitalen Werkzeugen und digitalen Umgebungen zu (Krommer et al., 2020).

Das Projekt ‚SchLau D‘ (Schriftsprachliches Lernen auf Distanz in der ersten Jahrgangsstufe) setzt hier an. Im Auftrag des Ministeriums für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen wurden Materialien für den schriftsprachlichen Anfangsunterricht in Jahrgangsstufe 1 für Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler in Nordrhein-Westfalen auf die pandemiebedingten Herausforderungen zugeschnitten. Im Rahmen der ‚Fachoffensive Deutsch‘ werden diese Materialien mit Lehrkräften nun in Schulen erprobt und weiterentwickelt im Hinblick auf ein Kernthema der nordrhein-westfälischen Bildungspolitik, die *Digitalstrategie Schule NRW* voranzutreiben und digitale Strukturen in den Unterricht und das häusliche Umfeld zu implementieren. Die Unterstützung und Qualifizierung von Lehrkräften, die Erschaffung einer digitalen Infrastruktur und den Zugang zu Medien sicherzustellen, ist dabei ein zentrales Ziel und wird mit SchLau D fortgeführt. Lehrkräften werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie erprobte Unterrichtsinhalte so umgestaltet werden können, dass sie in der jeweiligen Unterrichtssituation variabel einsetzbar sind. Neben der Konzentration auf fachliche Inhalte stellt die Vorstellung digitaler Werkzeuge einen wichtigen Baustein des Materialangebots dar. Vorerst stehen die Schlauf-D-Materialien Lehrkräften in Nordrhein-Westfalen über eine Internetplattform zur Verfügung.

Ausgehend von fachdidaktischen Erwägungen werden im Folgenden die Online-Plattform und SchLau-D-Materialien in ihren Grundzügen vorgestellt und ein Ausblick auf die Arbeit mit der Plattform gegeben. Die Plattform befindet sich weiterhin in der Entwicklung. Insofern ist das Vorgestellte als Werkstattbericht zu verstehen.

Die dem Ansatz zugrundeliegenden fachdidaktischen Entscheidungen werden im nächsten Abschnitt vorgestellt.

2. Fachdidaktische Entscheidungen

Im Deutschunterricht der Primarstufe sollen Schülerinnen und Schüler dazu befähigt werden, lesen und schreiben zu können. Damit sind Einsichten in ein

System kodifizierter (und trtierter) Verschriftlichungsnormen verbunden, die sich auf unterschiedliche Ebenen des Sprachsystems beziehen, z. B. die Laut-Buchstaben-Beziehung, Silben, Wortbausteine, Wörter und Wortübergreifendes (Behrens, 2017). Diese Einsichten sind sowohl für das Lesen als auch das Schreiben von Texten bedeutsam und werden im Rahmen des Schriftspracherwerbs gewonnen. In diesem Sinne formuliert die Kultusministerkonferenz [KMK] (2005, S. 6f.) einleitend als Ziele für den Deutschunterricht der Primarstufe:

Kinder lernen, sprachlich vermittelte Sachverhalte zu verstehen und solche selbst sprachlich angemessen wiederzugeben. Sie erfahren Freude an der eigenen Textproduktion und die Bedeutung der Schriftsprache für sich und andere als Mittel zur Kommunikation, zur Information und zum Ausdruck. Mit dem Erwerb der Schriftsprache werden im Deutschunterricht auch die Voraussetzungen dafür geschaffen, dass Kinder Medien sinnvoll nutzen können. Sie entwickeln Interesse daran, sich anhand von Texten selbstständig Weltwissen anzueignen.

Während die Ziele des Deutschunterrichts also vergleichsweise klar umrissen sind, wird über den Weg dorthin kontrovers diskutiert. Im Mittelpunkt stehen nach Kruse und Reichhardt (2016a, 2016b) die Fragen, warum wir schreiben, wie wir schreiben und was dies für den Schriftspracherwerb bedeutet:

Insbesondere geht es um die Frage, welche Einheit der gesprochenen, bzw. geschriebenen Sprache denn nun für den Anfangsunterricht geeigneter ist, der Laut oder die Silbe? Dieser Streit wurde auch in den öffentlichen Medien ausgetragen und führte zu einer Art neuem Methodenstreit, in dessen Verlauf vielfältige Kritik am Einsatz von Anlauttabellen geäußert wurde. Die unterschiedlichen Positionen zum „Laut“ zur „Silbe“ oder zur „Schrift“ führen zu unterschiedlichen Unterrichtskonzepten, sodass es nicht gleichgültig ist, wie man den Schriftspracherwerb und den Rechtschreibunterricht wissenschaftlich rechtfertigt. (Kruse & Reichardt 2016a, S. 4)

Eher vermittelnde Ansätze sehen allerdings vor, weder „am Buchstaben [...] – noch an der Silbe [zu kleben], um eine durchgängige Schriftförderung im Blick zu haben“ (Mesch, 2016), wenn z. B. gängige Laut-Tabellen zu einem Silbenbogen weiterentwickelt werden (Riegler, 2016).

Vor diesem Hintergrund werden bei SchLau D lehrgangsunabhängig Materialien angeboten, die sich an solchen vermittelnden Ansätzen orientieren. Dabei kommt es am Anfang des Schriftspracherwerbs vor allem auf die folgenden Bereiche an (Niedersächsisches Kultusministerium [NKM], 2015), die sich auch in einem „Haus der Orthografie“ (Naumann, 2004) denken lassen. So sind bestimmte Vorläuferfertigkeiten (z. B. lautsprachliche Fähigkeiten, phonologische Bewusstheit) im Keller dieses Hauses angeordnet. Laute,

Lautfolge und ihre Zuordnung zu Zeichen (richtige Buchstabenauswahl, Laut-Buchstaben-Zuordnung bzw. die Graphem-Phonem-Korrespondenz sowie die richtige Buchstabenreihenfolge) befinden sich im Erdgeschoss. Der Wortaufbau (u.a. Aspekte der Vokaldauer, Wortbausteine, Merkwörter etc.) sind im ersten Stock zu finden. Aspekte, die sich auf den Satz beziehen (insbesondere die Groß-Kleinschreibung), stehen im zweiten Stock, spielen am Anfang des Schriftspracherwerbs aber eine untergeordnete Rolle. Hinzu kommt, dass im Erdgeschoss der Aufbau der Silbe für die Schülerinnen und Schüler gewinnbringend ist, insbesondere die Unterscheidung und Konstellation von Haupt- und Reduktionssilbe. Schülerinnen und Schüler lernen – um in diesem Bild zu bleiben – das Sprachsystem ausgehend vom Keller in den jeweiligen Stockwerken kennen. Dies geschieht, je nach von der Schule ausgewähltem Lehrgang, anhand verschiedener Ansätze der derzeit auf dem Markt befindlichen Erstlese-Erstschrreib-Lehrgänge, z.B. Lehrwerke, die dem Spracherfahrungsansatz folgen, Werke, die die Silbenstruktur der Wörter in den Mittelpunkt stellen oder Unterrichtswerke, die verschiedene Ansätze vereinen.

Mit Blick auf die erste Jahrgangsstufe sind für SchLau D vor allem Gegenstände aus dem Keller und dem Erdgeschoss von Bedeutung. Das umfasst gleichermaßen Aspekte phonologischer Bewusstheit sowie die Zuordnung von Lauten zu Zeichen und ihre Stellung im Rahmen von Silben und Wörtern. Hinzu kommt eine weitere Fähigkeit, die sich als Graphomotorik bezeichnen lässt und in SchLau D in Materialien und Übungen aufgegriffen wird. Schreianfänger vollziehen zunächst visuell kontrollierte Bewegungsabläufe, die zunehmend durch den Ausbau von Motorprogrammen (in denen Richtung, Größe, Position und Abfolge gespeichert werden) zu einer Automatisierung des Schreibens führen (Nottbusch, 2016, S. 128f.).

Hinsichtlich der Umsetzung für das Lernen auf Distanz sind die didaktischen Hinweise für Lehrerinnen und Lehrer in Nordrhein-Westfalen maßgeblich (Krommer et al., 2020). Geht es außerdem um die Entwicklung von Kompetenzen für das Lernen in einer digitalisierten und mediatisierten Welt, gibt der Medienkompetenzrahmen des Landes Nordrhein-Westfalen Zielsetzungen vor (LVR Zentrum für Medien und Bildung, 2022).

Wie die fachdidaktischen Erwägungen in SchLau D umgesetzt werden, wird im Folgenden dargestellt.

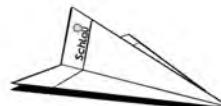
3. www.schlau-d.de – Zur Struktur der Plattform

Auf „www.schlau-d.de“ werden keine umfangreichen Unterrichtseinheiten und -planungen im engeren Sinne präsentiert, die ohne Übersetzung für die eigene Klasse eingesetzt werden könnten. Interessierte finden hier solche Beispiele, die sowohl als Impulse für das Lernen auf Distanz dienen können und so eine orientierende Funktion für die eigene Unterrichtsgestaltung haben, aber auch im Präsenzunterricht angewendet werden können, wenn digitale Medien (Tools) eingesetzt werden. Deswegen finden sich auf der Plattform SchLau D auch ausgewählte Vorschläge zum Einsatz von und zum Umgang mit solchen Tools.

Über die Startseite erkunden die Besucherinnen und Besucher die Struktur der Plattform. Über eine Navigationsleiste können einerseits die oben unterschiedenen zentralen Bereiche angesteuert werden: Graphomotorik (Motorik), Aspekte phonologischer Bewusstheit (Lauteinheiten) und erste Einsichten in das Sprach- bzw. Schriftsystem (Sprachsystem). Darüber hinaus wird der Bereich Tools unterschieden. In Abbildung 1 ist ein Screenshot aus der Entwicklungsphase zu sehen, der auch die Navigationsleiste dokumentiert.



SchLau D Schriftsprachliches Lernen auf Distanz



SchLau D stellt als Internetplattform Materialien und Beispiele für verschiedene Bereiche schriftsprachlichen Lernens zur Verfügung. Die Plattform richtet sich an Lehrkräfte von Grundschulen in NRW. SchLau D wurde anwendungsorientiert erstellt. Das Material soll einfach zugänglich und vertraut sein bzw. auf eigenem Material aufbauen. Als breitgefächertes Angebot ist es lehrwerksunabhängig einsetzbar und kann auf das bestehende Material der Lehrkraft angepasst werden. Mit SchLau D wird ein Angebot mit digitalen und analogen Lernumgebungen geschaffen, das möglichst von vielen in der Schulpraxis tätigen Personen genutzt werden soll.

Abbildung 1: Startseite von www.schlau-d.de

Die auf „www.schlau-d.de“ veröffentlichten Materialien sind alle vergleichbar aufgebaut: Die fachlich und fachdidaktisch auf den Schriftspracherwerb

ausgerichteten Aufgabenpakete enthalten Übungs- und Aufgabenbeispiele zu typischen Lerneinheiten, so z. B. zum Einführen von Graphemen, zur Lautlokalisation, zum Reimen, zu Lang- oder Kurzvokalen und vielem mehr. Auf der Internetplattform den thematischen Bereichen ‚Motorik‘, ‚Lauteinheiten‘ und ‚Sprachsystem‘ zugeordnet, umfassen diese Aufgabenpakete verschiedene Empfehlungen und Vorschläge zur Unterrichtsgestaltung, so z. B. zur Nutzung von Lernapps oder von Übungs- und Materialplattformen im Internet. Diese Empfehlungen, die in einer thematischen Lerneinheit vorliegen, sind in Kategorien gegliedert: ‚Lernsafari‘, ‚Lernvideos‘, ‚Arbeitsblatt‘ und ‚Lehrkräftedokument‘.

Sämtliche Dokumente zu einem Aufgabenpaket liegen sowohl im PDF- als auch im Word-Format vor und können einzeln oder als Gesamtpaket heruntergeladen werden. Insbesondere die Dateien im Word-Format können von den Lehrkräften auf die Unterrichtskonzeption bzw. die jeweiligen Schülerinnen und Schüler zugeschnitten werden (z. B. hinsichtlich der Voraussetzungen der Lernenden, der technischen Ausstattung, der persönlichen Fähigkeiten oder Neigungen). Die Materialien der Aufgabenpakete sind in der Regel so konzipiert, dass sie möglichst breit gefächerte analoge und digitale Angebote einschließen.

Im Bereich ‚Tools‘ werden Informationen zu digitalen Werkzeugen bereitgestellt und in den Kategorien ‚Apps‘, ‚Plattformen‘, ‚Digitalisierung‘, ‚Video‘ und ‚Kommunikation‘ gruppiert.

Die Informationen zu den Werkzeugen der jeweiligen Kategorien dienen vornehmlich dazu, technische Hürden bei allen an Schule Beteiligten zu reduzieren.

4. Ein Blick auf die Tools und die Aufgabenpakete

Hinsichtlich der Tools wird folgendermaßen vorgegangen: Mithilfe des ‚Datenblatts‘ können sich Nutzerinnen und Nutzer gezielt einen detaillierten Überblick über die Spezifika eines Tools verschaffen. So finden Lehrkräfte bezogen auf den Schriftspracherwerb die wichtigsten Informationen zu wesentlichen Inhalten, zu möglichen Kosten, zum Datenschutz und zur Funktionsweise des jeweiligen Tools. Die im Datenblatt zusammengestellten Informationen sollen Lehrkräfte befähigen, zu entscheiden, ob das ausgewählte Werkzeug zu den eigenen Anforderungen und Zielen des Unterrichts passt. In einer knappen und übersichtlichen ‚Anleitung‘ sind die wichtigsten Fakten zur Bedienung des Werkzeugs zusammengefasst. Mit Blick auf den Gegenstand, also den

Schriftspracherwerb, wurden beispielsweise Apps explizit hinsichtlich dieses Themas untersucht und ausgewählt und nicht etwa dahingehend, dass sie auch für andere Bereiche des Deutschunterrichts nutzbar sein könnten.

Mit Blick auf die Aufgabenpakete wird anders als oben beschrieben vorgegangen. Diese sind deutlich umfangreicher gestaltet und in verschiedene Einheiten gegliedert. Sie beinhalten thematisch zusammenhängendes Material für Schülerinnen und Schüler in Form einer ‚Lernsafari‘ mit Arbeitsblättern und Material für Lehrkräfte mit Hinweisen zur jeweiligen ‚Lernsafari‘. Die Materialien ‚Überblickdokument‘ und ‚Lehrkräftedokument‘ richten sich vornehmlich an Lehrkräfte und enthalten u. a. didaktische Erläuterungen und Hinweise zum Aufbau und fachlichen Gehalt einer Lerneinheit, während ‚Lernsafari‘, ‚Arbeitsblatt‘ und ‚Lernvideo‘ als ‚Schülerinnen- und Schülermaterial‘ zur Unterrichtsgestaltung genutzt werden können.

Im Folgenden werden die Inhalte der einzelnen Kategorien vorgestellt.

4.1 Überblickdokument

Im Überblickdokument, das den Aufgabenpaketen vorangestellt ist, wird Lehrkräften das Konzept von SchLau D und der Aufbau der Plattform www.schlau-d.de erläutert. Vorgestellt werden die Inhalte eines Aufgabenpaketes, die in den Lernsafaris genutzten Piktogramme und das zehnschrittige Schema der Lernsafari. Erläutert wird auch die Funktion des Safari-Tagebuchs, das der Lernprozessbegleitung sowie der Sicherung von Lernergebnissen dient. Mit jeder Lernsafari werden auch digitale Kompetenzen der Lernenden angebahnt, über die sich die Lehrkräfte im Überblickdokument informieren können. Insofern werden Leitlinien aus dem Medienkompetenzrahmen des Landes Nordrhein-Westfalen berücksichtigt. Enthalten sind ebenfalls Vorschläge, wie die Lernsafaris auch über das Lernen auf Distanz hinaus als Wochenarbeitspläne oder für das Lernen und Üben zu Hause genutzt werden können. Zur Vereinfachung der Elternarbeit bietet das Überblickdokument zudem einen individuell anpassbaren Elternbrief, der über die Funktionen und Ziele der Lernsafaris informiert.

4.2 Lehrkräftedokument

Im Lehrkräftedokument sind mehrere für Lehrkräfte interessante fachliche und fachdidaktische Aspekte zusammengestellt: ‚Fachdidaktischer Kommentar‘, ‚Hinweise zur Lernsafari‘, ‚Lernvideo‘, ‚Digital üben mit Apps‘ und ‚Lehrwerke‘. Ein wesentlicher Zweck des Lehrkräftedokuments liegt in der Veran-

schaulichung, wie die Lernsafaris flexibel für Lernszenarien mit digitalen Medien im Unterricht über Distanzsituationen hinaus nutzbar gemacht werden können. Im Folgenden sollen die einzelnen Aspekte des Lehrkräftedokuments näher beleuchtet werden.

4.2.1 Fachdidaktischer Kommentar

Das Lehrkräftedokument beginnt mit einem ‚fachdidaktischen Kommentar‘, der die Relevanz der jeweiligen Lerneinheit im Hinblick auf den Schriftspracherwerb verdeutlicht. Beispielsweise ist ein Aufgabenpaket zum ‚Reimen‘ geplant. Der fachdidaktische Kommentar zielt dann darauf ab, zu verdeutlichen, dass Reime – vereinfacht gesprochen – eine Verbindung von mindestens zwei Wörtern sind, die einen gleichen Klang aufweisen bzw. in dem betonte Vokale und ihnen folgende Laute einen gleichen Klang haben. Mithilfe von Reimen lassen sich Aspekte phonologischer Bewusstheit trainieren. Es schließen sich also Erklärungen zur Förderung phonologischer Bewusstheit an. Darüber hinaus wird im fachdidaktischen Kommentar aufgezeigt, dass die Thematik mit den Vorgaben des Lehrplans des Landes Nordrhein-Westfalen korrespondiert. Um bei dem Beispiel zu bleiben: Das ‚Reimen‘ ist im Lehrplan des Landes Nordrhein-Westfalen explizit im Kompetenzbereich „Sprache und Sprachgebrauch untersuchen“ (Ministerium für Schule und Bildung [MSB], 2021, S. 17) verortet. Des Weiteren enthält der fachdidaktische Kommentar Hinweise zu den Lernzielen des Faches Deutsch, beispielsweise also im Kontext der Lerneinheit ‚Reimen‘. So wird dargelegt, dass die Lerneinheit ‚Reimen‘ darauf abzielt, dass die Lernenden einen Einblick in die Lautstruktur der gesprochenen Sprache durch Reime gewinnen, Merkmale von Reimen kennenzulernen, Bild-Wort-Zuordnungen treffen und Reimpaare suchen und bilden, unterscheiden können, ob Wörter gleich oder verschieden klingen.

4.2.2 Hinweise zur Lernsafari

Mit den ‚Hinweisen zur Lernsafari‘ werden Lehrkräfte informiert, welche Materialien, digital und analog, von den Lernenden benötigt werden, um die Lernsafari zu bearbeiten. Die einzelnen Schritte und Aufgabeninhalte der Lernsafari und die damit verknüpften didaktischen Überlegungen sowie Differenzierungshinweise werden für die Lehrkräfte an dieser Stelle erläutert. Es wird außerdem beschrieben, welche digitalen Übungen auf Smartphones oder Tablets genutzt werden können.

4.2.3 Lernvideo

Dass Lernvideos in SchLau D und auch im Lehrkräftedokument eine Rolle spielen, beruht auf den folgenden Überlegungen. Phasen des Lernens auf Distanz erfordern, Lernräume in synchronen und asynchronen Formaten zu arrangieren. Hier sind Videokonferenzen und Lernvideos von Lehrkräften auszuwählen oder zu gestalten. Synchrone Kommunikation erfüllt im Hinblick auf die Bedürfnisse von Schülerinnen und Schülern der 1. Jahrgangsstufe insbesondere die Funktion, mit anderen in Austausch zu treten sowie Rückmeldungen bzw. Feedback zu bekommen. Synchrone Kommunikation unterliegt dabei allerdings zahlreichen Gelingensfaktoren. Um nur ein paar Beispiele zu nennen: In Phasen des Lernens auf Distanz im häuslichen Umfeld müssen digitale Endgeräte in ausreichender Anzahl zur Verfügung stehen. Das ist vor allem dann herausfordernd, wenn mehrere Kinder in einem Haushalt leben. Zugleich muss sichergestellt sein, dass die Schülerinnen und Schüler Unterstützung bei der Bedienung eines digitalen Endgerätes durch Familienmitglieder oder andere im Haushalt lebende Personen erhalten können (Krommer et al., 2020, S. 2).

Insofern sind neben synchronen auch asynchrone Formate gefragt, z. B. Lernvideos. Unter diesem Aspekt erhalten Lehrkräfte Informationen, wie sie Lernvideos inhaltlich strukturieren können und welche technischen Hilfsmittel sie zur Erstellung benötigen. Lehrkräfte finden an dieser Stelle Hinweise zur Gestaltung und eine ‚Schritt-für-Schritt-Anleitung‘ für die Vermittlung der fachlichen Inhalte. Detaillierte Informationen zu technischen Voraussetzungen sind zudem im Bereich ‚Tools‘ hinterlegt. Um noch einmal auf das Beispiel ‚Reimen‘ einzugehen: Hier wird etwa vorgeschlagen, anhand einiger Wortbeispiele (Zahn – Bahn, Dose – Hose usw.) zunächst zu erklären, was Reime sind und wie sie funktionieren. Ergänzend zur Anleitung steht ein Arbeitsblatt zum Thema Reimen zum Download bereit, auf das Lehrkräfte im Lernvideo hinweisen und zudem erklären können, wie das Blatt von den Schülerinnen und Schülern bearbeitet werden soll.

Mit der Bereitstellung von Anleitungsvorschlägen ist intendiert, einerseits auf die heterogenen technischen Kenntnisse und Fähigkeiten von Lehrkräften zu reagieren und andererseits Vorbehalte abzubauen, Lernvideos selbst zu produzieren. Da vermutlich nicht alle Lehrkräfte Lernvideos selbst erstellen wollen, wird außerdem auf thematisch passende Videos aus dem Internet verlinkt, die Lehrkräfte ihren Schülerinnen und Schülern verfügbar machen können.

4.2.4 Digital üben mit Apps

In diesem Abschnitt werden die zum Lerngegenstand passenden Lernapps und digitalen Übungen vorgestellt. Lernapps wie ‚Anton‘ (solocode, 2017) oder ‚Schlaumäuse‘ (Helliwood media & education im fjs e.V., 2021) wurden zunächst dahingehend geprüft, ob sie passende Übungen zur Unterstützung des Schriftspracherwerbs enthalten. In den jeweiligen Lernsafaris wird an den entsprechenden Stellen auf die im Kontext der Lerneinheit passenden Übungen in ausgewählten Lernapps verwiesen. Lehrkräften steht damit ein thematisch vorsortierter Fundus an Übungen mit direkter Lokalisation in Lernapps zur Verfügung. Die in den Lernapps für den Schriftspracherwerb als passend ermittelten Übungen wurden auch hinsichtlich ihrer Anschlussfähigkeit an den Lehrplan des Landes Nordrhein-Westfalen geprüft.

4.2.5 Lehrwerke

Unter diesem Aspekt wird dargestellt, wie digitale und analoge Medien (Lehrwerke) sinnvoll miteinander verknüpft werden können. So wurden z. B. drei in Nordrhein-Westfalen als Lernmittel zugelassene und in Grundschulen eingesetzte Lehrwerke (Zebra, Das ABC der Tiere und Tinto) (MSB, 2022) identifiziert, gesichtet und das jeweilige Lehrwerk mit Blick auf die thematische Lerneinheit auf passende Materialien (Lehrgänge, Arbeitsblätter und Kopiervorlagen, Materialbände, Förderspiele, digitale Assistenten etc.) hin untersucht. Die Ergebnisse werden den Lehrkräften als tabellarische Übersicht angeboten.

4.3 Lernsafari

Die ‚Lernsafari‘ stellt eines der ‚Schülerinnen- und Schülermaterialien‘ dar, die von Lehrkräften flexibel eingesetzt werden können. Exemplarisch wird für Lehrkräfte anhand verschiedener Lernsafaris aufgezeigt, wie tradierte Unterrichtsinhalte unter Berücksichtigung der Bedingungen im häuslichen Umfeld für das Lernen zu Hause und im Präsenzunterricht angepasst werden können. Eine Lernsafari besteht aus insgesamt zehn Übungs- und Aufgabenteilen, die von den Lernenden selbstständig zu Hause oder im Präsenzunterricht bearbeitet werden können. Dabei sollen im Unterricht auch digitale Geräte wie Tablets zum Einsatz kommen. Bei der Entwicklung der Aufgabenstellungen wurde beachtet, dass trotz heterogener technischer Ausstattungen im häuslichen Umfeld eine Bearbeitung der Aufgaben unter Alltagsbedingungen möglich ist. Arbeitsergebnisse und Lernfortschritte werden im ‚Safari-Tagebuch‘ festgehalten. Die jeweils erste Übung einer Lernsafari besteht konsistent darin, ein Lernvideo

anzuschauen, in dem, hier wieder am Beispiel des ‚Reimens‘, das Bildmaterial des Arbeitsblattes zum Reimen präsentiert wird. Das Lernvideo stimmt die Schülerinnen und Schüler auf den jeweiligen Lerngegenstand ein. Die sich anschließende Aufgabe der Lernsafari zu ‚Reimen‘ verlangt von den Lernenden, zuhause Gegenstände zu finden und zu bezeichnen, die sich reimen. Diese Übung kann auch im Unterricht durchgeführt werden, dann werden die Gegenstände in der Klasse gesucht. Der dritte Schritt ist dann, die gesammelten Gegenstände im Safari-Tagebuch zu dokumentieren, z. B. mithilfe eines Fotos. Unter Umständen sind für die Bearbeitung technische Geräte und die Unterstützung durch Erwachsene oder ältere Geschwister notwendig. Kindern, die weder über die technische Ausstattung verfügen noch auf elterliche Hilfe zurückgreifen können, werden in diesem Aufgabenteil auch alternative Bearbeitungsmöglichkeiten angeboten. So können Lernende ohne passende technische Geräte die Gegenstände malen oder Bilder aus Katalogen, Zeitschriften oder Prospekten ausschneiden und in das Safari-Tagebuch kleben. Die Ergebnisse können später z. B. in einem Galerierundgang in der Klasse präsentiert werden. Zu einigen Aufgaben liegen Arbeitsblätter vor, die die Lernenden in den jeweiligen Lernschritten bearbeiten. In den weiteren Schritten der Lernsafaris finden sich dann außerdem Übungs- und Aufgabenteile, die digitale Elemente enthalten, z. B. Übungen aus Lernapps. Die Texte der Lernsafaris lassen sich zudem als Audio auf Tablets oder vom Computer abspielen. Die Lernsafaris liegen sowohl im Word-Format als auch als PDF vor und können zusätzlich direkt von der SchLau D-Plattform ausgedruckt werden. Die in den Lernsafaris enthaltenen Videos sind auf der SchLau D-Webseite verlinkt und können von dort heruntergeladen werden.

5. Fazit und Ausblick

Es ist geplant, dass die Umgebung im Frühjahr 2022 veröffentlicht wird und dann im Rahmen der Fachoffensive Deutsch in Nordrhein-Westfalen gemeinsam mit Lehrerinnen und Lehrern weiterentwickelt wird. Die Fachoffensive Deutsch in Nordrhein-Westfalen ist eine Maßnahme der Landesregierung zur fachlichen Stärkung der Grundschulen. In den letzten Jahren haben verschiedene Studien wie der IQB-Bildungstrend gezeigt, dass eine Reihe von Schülerinnen und Schülern in Nordrhein-Westfalen nicht die Regelstandards im Fach Deutsch erreicht (Stanat et al., 2017; Stanat et al., 2016). Es wird ein größerer Förderungsbedarf u. a. im Schriftspracherwerb ausgemacht (Wittig & Weirich, 2017). Eine Förderung ist in diesem Bereich schon deshalb notwendig, weil es

um eine Schlüsselqualifikation geht, die für eine erfolgreiche Lebensführung in der Informations- und Mediengesellschaft unerlässlich ist (MSB, 2020). Ihre Vermittlung betrachtet das Ministerium für Schule und Bildung Nordrhein-Westfalen als eines der wichtigsten schulpolitischen Ziele. Vor diesem Hintergrund werden ca. 2.800 Grundschulen des Landes Nordrhein-Westfalen in verschiedenen Handlungsfeldern unterstützt. Eines der vordringlichen Handlungsfelder betrifft den konkreten Unterricht und die fachliche Stärkung der Lehrkräfte vor Ort. Und hier soll die Umgebung von SchLau D eine ‚unterstützende‘ Funktion einnehmen. Des Weiteren steht im Raum, dass pandemiebedingte Lerndefizite bei Schülerinnen und Schülern der Grundschule zu vermuten sind, die in naher Zukunft auszugleichen wären. Auch hier könnte das Material von SchLau D Lehrenden wie Lernenden zugutekommen. Ob und in welchem Umfang den Schriftspracherwerb betreffende Lerndefizite jedoch vorhanden sind, ist derzeit noch nicht auszumachen. Festzuhalten bleibt aber auch: Mit Blick auf die Forschung ist bisher noch zu wenig dazu bekannt, auf welche didaktischen Konzepte Lehrkräfte zur Gestaltung des Lernens auf Distanz während der Zeit der Corona-Pandemie zurückgegriffen haben und wie sie möglicherweise bereits vorhandene Konzepte aufbereitet und digitale Medien eingebunden haben. Im Kontext der konkreten Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen vor Ort soll in der Fachoffensive auch solchen Fragen nachgegangen werden.

Literatur

- Behrens, U. (2017). Vorschule und Primarstufe. In M. Becker-Mrotzek, J. Grabowski & T. Steinhoff (Hrsg.), *Forschungshandbuch empirische Schreibdidaktik* (S. 75–89). Münster: Waxmann.
- Belanger, F. & Jordan, D. E. (2000). *Evaluation and Implementation of Distance Learning: Technologies, Tools and Techniques*. Hershey, PA.: Idea Group. <https://doi.org/10.4018/978-1-878289-63-6>
- Depping, D., Lücken, M., Musekamp, F. & Thonke, F. (2021). Kompetenzstände Hamburger Schüler*innen vor und während der Corona-Pandemie. In D. Fickermann & B. Edelstein (Hrsg.), *Schule während der Corona-Pandemie. Neue Ergebnisse und Überblick über ein dynamisches Forschungsfeld*. (S. 51–79) Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830993315>
- Helliwood media & education im fjs e. V. (2021). *Schlauhäuse – Im Land der Sprache*. (Version 3.0.3) [Mobile App]. Apple Store. Verfügbar unter: <https://apps.apple.com/de/app/schlau%C3%A4use-im-land-der-sprache/id1171015670> [08.03.2022].

- Krommer, A., Wampfler, P. & Klee, W. (2020). Impulspapier Lernen auf Distanz. *Distanzlernen. Didaktische Hinweise für Lehrerinnen und Lehrer und Seminarausbilderinnen und Seminarausbilder* [PDF-Dokument]. 1–8. Verfügbar unter: https://www.schulministerium.nrw.de/system/files/media/document/file/impulspapier_lernen-auf-distanz.pdf [30.09.2021].
- Kruse, N. & Reichardt, A. (2016a). Schriftspracherwerb mit Silbe und Laut – Was brauchen Schreibanfänger/-innen, um erfolgreich zu lernen? *Grundschulunterricht Deutsch*, 3, 4–7.
- Kruse, N. & Reichardt, A. (2016b). Wie viel Rechtschreibung brauchen Grundschulkinder? Entstehung und Zielsetzung dieser Publikation. In N. Kruse & A. Reichardt (Hrsg.), *Wie viel Rechtschreibung brauchen Grundschulkinder? Positionen und Perspektiven zum Rechtschreibunterricht in der Grundschule* (S. 7–17). Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- Kultusministerkonferenz (2005). *Bildungsstandards im Fach Deutsch für den Primärbereich (Jahrgangsstufe 4). Beschluss vom 15.10.2004*. München / Neuwied: Luchterhand.
- LVR Zentrum für Medien und Bildung (2022). *Medienkompetenz Rahmen NRW* [PDF-Dokument]. Verfügbar unter: https://www.schulministerium.nrw/sites/default/files/documents/Medienkompetenzrahmen_NRW.pdf.
- Mesch, B. (2016). Weder am Buchstaben kleben – noch an der Silbe... Vorschläge für eine durchgängige Schriftförderung. *Grundschulunterricht Deutsch*, 63 (3), 13–18.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2020). *Lehren und Lernen in der Digitalen Welt* [Online]. Verfügbar unter: <https://www.schulministerium.nrw.de/themen/schulentwicklung/lehren-und-lernender-digitalen-welt> [30.09.2021].
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2021). *Lehrplan für die Primarstufe in Nordrhein-Westfalen. Fach Deutsch. Auszug aus dem Heft 2012 der Schriftenreihe „Schule in NRW“, Sammelband: Lehrpläne Primarstufe, RdErl. D. Ministeriums für Schule und Bildung v. 01.07.2021*. [PDF-Dokument], 10–33. Verfügbar unter: https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/283/ps_lp_d_einzeldatei_2021_08_02.pdf [12.01.2022].
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2022). *Verzeichnis der zugelassenen Lernmittel in NRW*. Verfügbar unter: <https://www.schulministerium.nrw.de/BiPo/VZL/lernmittel> [08.03.2022].
- Moore, M. G. & Kearsly, G. (2012). *Distance Education: A Systems View*, (3rd Ed.), Melmont, CA: Wadsworth.
- Naumann, C. L. (2004). Das Haus der Rechtschreibung. Ein Anschauungsmittel für die Grundschulzeit. *Praxis Grundschule*, 6, 22–29.
- Niedersächsisches Kultusministerium (2015). *Materialien für einen kompetenzorientierten Unterricht im Primarbereich. Orthografie*. Ministerium: Hannover.
- Nottbusch, G. (2016). Graphomotorik. In M. Becker-Mrotzek, J. Grabowski & T.

- Steinhoff (Hrsg.), *Forschungshandbuch empirische Schreibdidaktik* (S. 125–138). Münster: Waxmann.
- Riegler, S. (2016). Über die Silbe zum Wort. Mit einer silbenorientierten Lauttabelle schreiben lernen. *Grundschulunterricht Deutsch*, 63 (3). 19–22.
- solocode GmbH (2017). *Anton*. (Version 1.8.0) [Mobile App]. App Store. Verfügbar unter: <https://apps.apple.com/de/app/anton-schule-lernen/id1180554775> [08.03.2022].
- Stanat, P., Schipolowski, S., Rjosk, C., Weirich, S. & Haag, N. (Hrsg.) (2017). *IQB Bildungstrend 2016. Kompetenzen in den Fächern Deutsch und Mathematik am Ende der 4. Jahrgangsstufe im zweiten Ländervergleich*. Münster: Waxmann.
- Stanat, P., Böhme, K., Schipolowski, S. & Haag, N. (Hrsg.) (2016). *IQB-Bildungstrend 2015. Sprachliche Kompetenzen am Ende der 9. Jahrgangsstufe im zweiten Ländervergleich*. Münster: Waxmann.
- Wittig, J. & Weirich, S. (2017). Mittelwerte und Streuungen der im Fach Deutsch erreichten Kompetenzen. In P. Stanat, S. Schipolowski, C. Rjosk, S. Weirich & N. Haag (Hrsg.), *IQB-Bildungstrend 2016. Kompetenzen in den Fächern Deutsch und Mathematik am Ende der 4. Jahrgangsstufe im zweiten Ländervergleich* (S. 153–167). Münster: Waxmann.

Entwicklung von Voice-Apps für den Mathematikunterricht

Abstract

Dieser Beitrag thematisiert den Einsatz von digitalen Sprachassistsystemen im Mathematikunterricht. Vor diesem Hintergrund wird zunächst die Funktionsweise der Technologie vorgestellt und es werden fachdidaktische Überlegungen zu ihrem Einsatz formuliert. Der Kern des Beitrags liegt in der Beschreibung des Tools Voiceflow zur einfachen Erstellung von Voice-Apps sowie dessen Explikation an einer Beispielanwendung aus der Geometrie.

1. Einleitung

Digitale Sprachassistsysteme nehmen einen immer größeren Teil im Alltag vieler Menschen ein und haben sich in den letzten Jahren rasant verbreitet. Viele Aufgaben aus dem Alltag lassen sich mit den Systemen leichter bewältigen. Beispielsweise kann morgens die Frage „Wie viel Grad wird es heute?“ die Kleidungswahl erleichtern. Mit der Frage „Wie lange brauche ich heute zum Büro?“ kann der Zeitpunkt festgelegt werden, wann man spätestens aus dem Haus gehen muss. Im Bildungsbereich haben sich die Systeme nach Erfahrung des Autors bisher aber nicht etabliert. Betrachtet man allerdings die Möglichkeiten, wie die Systeme den Alltag erleichtern und verändern können, so kann man sich die Frage stellen, welche Potentiale sich im Bildungsbereich oder speziell im Mathematikunterricht ergeben können. Dieser Beitrag soll anhand konkreter Beispiele für den Mathematikunterricht Chancen und Herausforderungen dieser Technologie für den Bildungsbereich diskutieren.

Im Vordergrund steht dabei die Entwicklung von Voice-Apps für Sprachassistsysteme. Dazu werden die wichtigsten Funktionen des Tools Voiceflow zur einfachen Erstellung von Voice-Apps beschrieben (Voiceflow, 2021), sowie die Entwicklung von einer Mathematik-App mithilfe des Tools beispiel-

haft erläutert. Gerahmt wird dies von Ausführungen zur Funktionsweise von Sprachassistentensystemen und deren Einsatzmöglichkeiten im Mathematikunterricht.

2. Funktionsweise digitaler Sprachassistentensysteme

Sprachassistentensysteme stellen eine neue Form der Mensch-Maschine-Schnittstelle dar, die die Bedienung von Computern oder anderen digitalen Medien über natürliche Sprache ermöglichen soll. Für reine Sprachassistentensysteme ohne zusätzlichen Bildschirm eignen sich daher solche Anwendungsszenarien, in denen Sprechen und Hören zur Benutzung ausreichend sind. Sprachassistentensysteme gehen über eine reine Spracherkennung und Sprachausgabe hinaus, da nicht im Vorhinein festgelegte Dialoge abgespielt werden, sondern die Interaktion aufgrund sehr vieler verschiedener Parameter analysiert und angepasst wird. Es handelt sich tatsächlich um Assistenten, die versuchen, die Intentionen des Sprechenden zu erfassen und die zur Umsetzung auf große Wissensdatenbanken zurückgreifen. Außerdem passen sie sich meist (mehr oder weniger) individuell an die jeweilige Nutzerin oder den Nutzer an (Dilling, 2021; Hörner, 2019).

Sprachassistentensysteme können mit unterschiedlicher Hardware verwendet werden, wie Computern, Smartphones, Tablets, Fernsehern oder Autocomputern. Es gibt aber auch speziell entwickelte ‚Smart Speaker‘, welche die Sprachein- und -ausgabe mithilfe von Lautsprechern und Raummikrofonen kombinieren. Zum Teil kommen haptische Eingabe- und visuelle Ausgabemöglichkeiten durch Touch-Monitore hinzu. Umgangssprachlich werden ‚Smart Speaker‘ auch häufig als Sprachassistenten bezeichnet, wenngleich die Bezeichnung eigentlich für die Software hinter den Geräten steht.

Die Funktionsweise von Sprachassistentensystemen lässt sich (stark) vereinfacht wie folgt beschreiben (siehe Abbildung 1): Der Smart Speaker oder ein anderes Spracheingabegerät erfasst durch die eingebauten Mikrofone die Sprache im Raum. Die in den Geräten eingebaute Elektronik nimmt eine grobe Verarbeitung der Geräusche aus der Umgebung vor und ‚lauscht‘ nach einem bestimmten Aktivierungswort (z. B. „Alexa“ oder „Ok, Google“). Daher müssen die Mikrofone zur Nutzung von Sprachassistentensystemen dauerhaft eingeschaltet sein bzw. vor der Nutzung eingeschaltet werden. Nach Angaben der herstellenden Unternehmen von Sprachassistentensystemen wird die Kommunikation aber erst im Anschluss an die Nennung des Aktivierungswortes aufgezeichnet und sonst ausschließlich innerhalb des Gerätes verarbeitet und



Abbildung 1: Vereinfachte schematische Darstellung eines Sprachassistentenzsystems

nach wenigen Sekunden wieder gelöscht. Dennoch handelt es sich beim Thema Datenschutz insbesondere im Kontext Schule um eine große Herausforderung. Um den Datenschutz zu gewährleisten, empfiehlt es sich, die Mikrofone der Geräte nicht dauerhaft eingeschaltet zu lassen, sondern bei tatsächlicher Nutzung bewusst zu aktivieren. Wird ein Aktivierungswort vom Sprachassistenten erkannt, erfolgt die (komprimierte) Übertragung der Aufnahme an die Server des jeweiligen Anbieters. Die Software im Rechenzentrum trennt dann mithilfe komplexer Algorithmen und Methoden des Machine Learning Hintergrundgeräusche von dem durch die Nutzerin oder den Nutzer Gesprochenen und konvertiert dieses in durch den Computer lesbare Sprache. Hierfür ist eine große Rechenleistung notwendig, weshalb der Prozess nicht innerhalb des Smart Speaker geschehen kann. Hierauf folgen die Textanalyse und Verarbeitung des Inhalts. Dazu werden insbesondere Aufforderungen und Anweisungen von sonstigen Textteilen getrennt, damit die Absicht der Nutzerin bzw. des Nutzers („Intent“) und die dazugehörigen Parameter („Slots“) identifiziert werden können. Sagt eine Nutzerin bzw. ein Nutzer zum Beispiel, „Alexa, erhöhe die Lautstärke des Fernsehers um 3“, so ist der Intent die Erhöhung der Lautstärke und die Slots sind das Zielgerät und die Stärke der Erhöhung (in unserem Beispiel: Fernseher und Lautstärkeerhöhung um 3). Wurden Intent und Slots erkannt, wird der zugehörige Softwareteil aufgerufen. Im obigen Beispiel wird die Schnittstelle zum Fernseher aufgerufen, damit die Lautstärke erhöht werden kann. Besteht der Intent aus der Abfrage von Informationen, werden außerdem verschiedene große Wissensdatenbanken (z. B. Reference.org) hinzugezogen (vgl. Dilling, 2021; Hörner, 2019).

Die meisten Sprachassistentensysteme bieten neben der standardmäßigen Verarbeitung der Intents auch die Einbindung sogenannter Voice-Apps an (bei Alexa auch ‚Skill‘ und bei Google ‚Action‘ genannt). Hierbei handelt es sich um Software von Drittanbietern, die einzelne Anfragen an das Sprachassistentensystem übernimmt.

Nach der Verarbeitung erfolgt ein (sprachliches) Feedback an die Nutzerin bzw. den Nutzer in Form einer Antwort, einer Rückfrage oder eines Audio-Streams. Dazu wird der Text oder die Audio-Datei vom Rechenzentrum über das Internet an den Smart Speaker übertragen und über den Lautsprecher abgespielt. Zusätzlich zum Sprachfeedback erfolgt unter Umständen auch ein visuelles Feedback über einen Monitor oder es werden weitere Geräte angesteuert (z.B. Lautstärke des Fernsehers erhöhen) (Hörner, 2019). In diesem Beitrag liegt der Fokus allerdings auf der reinen mündlichen Kommunikation mit dem Gerät.

3. Digitale Sprachassistentensysteme im Mathematikunterricht

Reine Sprachassistentensysteme, bei denen keine Touch-Displays oder andere Ein- und Ausgabeformen genutzt werden, reduzieren die Kommunikation zwischen der nutzenden Person und dem digitalen Medium auf den auditiven Sinneskanal. Dies schränkt zunächst einmal den Anwendungsbereich der Geräte ein, da nicht jeder mathematische Inhalt sinnhaft nur durch Sprechen und Hören vermittelt werden kann (z.B. die Einführung geometrischer Begriffe). Bei angemessenem Einsatz und je nach Themengebiet können sich aber auch Chancen für die Unterstützung des Lernens von Mathematik bieten (Dilling, 2021).

Ein Großteil des Wissenserwerbs im Mathematikunterricht geschieht im Allgemeinen über visuelle Sinneskanäle. Lernsituationen, die ausschließlich den auditiven Sinneskanal nutzen, kommen dagegen selten vor. Sprachassistentensysteme ermöglichen es aber, gezielt den auditiven Sinneskanal anzusprechen und dabei die visuelle Wahrnehmung außen vor zu lassen, wie es beispielsweise bei der Kopfgeometrie gefordert ist. Auf diese Weise kann an einzelnen Stellen des Unterrichts mit geeigneten Impulsen die Vorstellungskraft der Schülerinnen und Schüler oder auch die Verwendung von Bildungs- und Fachsprache gefordert und gefördert werden. Gleichzeitig findet eine gewisse kognitive Entlastung statt, da die Lernenden keine Aufgabentexte lesen oder Fragen per Tastatur eingeben müssen (Rink, 2014; Sweller, 1994). Auch Schülerinnen und Schüler mit Problemen beim Lesen und Schreiben können

an den Aufgabenformaten und der Kommunikation teilnehmen. Hierdurch ergibt sich nicht zuletzt die Möglichkeit, die Kompetenz des Kommunizierens zu stärken (KMK, 2004) und dabei insbesondere die sachgerechte Verwendung mathematischer Fachbegriffe zu lernen. Denn um mit den Sprachassistentensystemen adäquat umgehen zu können, müssen sich die Schülerinnen und Schüler präzise und mathematisch korrekt ausdrücken. Andernfalls versteht das System sie eventuell nicht oder falsch. Gleichzeitig können aber auch verschiedene Ausdrücke und Umschreibungen für denselben Sachverhalt innerhalb von Voice-Apps einprogrammiert werden, sodass das Sprachassistentensystem diese als Ausdrücke für dasselbe erfassen kann. Darauf aufbauend kann ein sprachliches Scaffolding (Gibbons, 2009; Götze, 2015; Peters, 2020) erfolgen, bei dem die vom System in der Sprachausgabe verwendeten Begriffe als Vorbild dienen und in der weiteren Kommunikation dann auch von den Schülerinnen und Schülern aufgegriffen werden können. Dabei stellt auch das gezielte Zuhören eine wichtige Voraussetzung dar und kann durch das Sprachassistentensystem adressiert werden (Peters & Schreiber, 2020).

Neben der Sprachförderung bieten Sprachassistentensysteme auch weitere Chancen für den Mathematikunterricht. So können sie buchstäblich als Assistent beim Lernen von Mathematik fungieren, da hinter den geläufigen Sprachassistentensystemen große Wissensdatenbanken (z. B. Reference.com) stehen, die von den Schülerinnen und Schülern genutzt werden können, um mathematische Fragen zu beantworten. Beispielsweise können sie konkrete Rechnungen überprüfen (z. B. Grundrechenarten, Rechnen mit Einheiten, Lösen von Gleichungen) oder sich bestimmte Zusammenhänge von einem Sprachassistentensystem erklären lassen (z. B. Was ist ein Parallelogramm? Was ist ein Pantograph?). Damit gibt es neben der Lehrperson, dem Schulbuch und möglicher weiterer digitaler Medien eine weitere Wissensquelle im Unterricht. Mit den durch das Sprachassistentensystem bereitgestellten Inhalten müssen die Schülerinnen und Schüler und die Lehrperson wie bei allen aus dem Internet, aus Büchern oder aus Zeitschriften stammenden Informationen reflektiert umgehen, da insbesondere bei sehr speziellen Fragen nicht sichergestellt ist, ob die Informationen korrekt oder didaktisch sinnvoll aufbereitet sind. Daher stellen die Antworten zum Teil große Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler, wie zum Beispiel das Selektieren und Reflektieren der Informationen, die auch in anderen Kontexten von Bedeutung sind (KMK, 2017, S. 16).

Durch die Entwicklung spezieller Mathematik-Voice-Apps sind weitere Chancen verbunden. Es handelt sich nicht mehr um ein reines Assistenzsystem, das bei Bedarf durch die Lernenden aufgerufen wird, sondern um ein Element, mit dem sich ganze Lernabschnitte, insbesondere Übungsphasen gestal-

ten lassen. Innerhalb der Voice-Apps können gezielt Aufgaben zur Bearbeitung bereitgestellt werden. Zudem können wie auch bei anderen digitalen Medien weitreichende automatische Beurteilungs- und Rückmeldungsmöglichkeiten in die Kommunikation eingebaut werden. Im Allgemeinen wird bezogen auf Beurteilungen im Mathematikunterricht eine Einteilung in formative und summative Leistungsbeurteilungen vorgenommen (siehe mit Bezug auf Technologie u. a. Fahlgren et al., 2021). Summative Beurteilungen finden meist am Ende eines Kurses oder einer Einheit statt und haben eine Bewertung des Wissens und des Lernens der Schülerinnen und Schüler zum Ziel. Formative Beurteilungen sollen hingegen Informationen über den aktuellen Wissens- und Lernstand von Schülerinnen und Schülern geben, damit der weitere Lernweg durch die Lehrperson und die Lernenden individuell angepasst und adäquat fortgeführt werden kann. Sprachassistentensysteme können Lehrpersonen insbesondere bei der formativen Beurteilung unterstützen. Wenn eine Voice-App entsprechend programmiert ist, können Antworten der Schülerinnen und Schüler analysiert und daraufhin verschiedene Parameter der Lösung identifiziert werden. Diese Parameter können zum Beispiel die Korrektheit der Lösung oder verschiedene gemachte Fehler sein. Auf dieser Basis kann das System dann eine Rückmeldung formulieren. Das Feedback kann von einer einfachen Richtig/Falsch-Antwort bis zu einer ausführlichen Erklärung auf der Basis der individuellen Fehler reichen. Außerdem kann das System Rückfragen stellen und beispielsweise dazu auffordern, die eigene Antwort zu präzisieren. Zusätzlich zur formativen Beurteilung und Rückmeldung können auch Aspekte von summativen Leistungsbeurteilungen in Voice-Apps einprogrammiert werden. Beispielsweise können die richtigen und falschen Antworten gezählt werden, sodass am Ende der Benutzung einer App ein Überblick über das eigene Üben gegeben werden kann. Die Beurteilungs- und Feedbackfunktionen sollten allerdings stets als Unterstützung der Lehrperson verstanden werden, sie können nicht deren professionelle Kompetenzen in diesem Bereich ersetzen.

Neben Chancen entstehen durch die Sprachassistentensysteme und die Beschränkung auf den auditiven Sinneskanal auch verschiedene Herausforderungen. So können Schülerinnen und Schüler mit sprachlichen Schwierigkeiten unter Umständen nicht mit den Systemen interagieren, da ihre Formulierungen nicht ausreichend präzise sind oder die Aussprache ungenau ist. Dieser Effekt wird zum Teil auch durch die noch nicht ausreichend entwickelte Technologie oder starke Nebengeräusche im Klassenraum verstärkt. Ein bekanntes Problem ist beispielsweise, dass Sprachassistentensysteme häufig nicht zwischen den gesprochenen Zahlen Null und Neun unterscheiden können. Des Weiteren können sich Hintergrundgeräusche in einem Klassenraum negativ auf

die Spracherkennung auswirken. Herausfordernd scheint zudem die zeitliche Struktur der Darstellung der Inhalte zu sein (Leuders, 2011). Während verschiedene Aspekte von visuellen Medien durchaus simultan wahrgenommen werden können, lassen sich auditive Inhalte fast ausschließlich sequenziell aufbereiten und wahrnehmen. Hier gilt es, passende Inhalte auszuwählen und diese adäquat für die Schülerinnen und Schüler darzustellen. Bestimmte Inhalte bedürfen einer visuellen oder haptischen Darstellung und sind daher weniger gut geeignet, mit einem auditiven Medium umgesetzt zu werden. Eine letzte Herausforderung stellt der Datenschutz dar. Um Transparenz zu erreichen und den richtigen Umgang mit den Geräten zu ermöglichen, sollten die Schülerinnen und Schüler sowie deren Erziehungsberechtigte ausführlich darüber aufgeklärt werden, wie Sprachassistentensysteme Daten verarbeiten und wie der Einsatz im Unterricht aussehen soll.

4. Entwicklung von Voice Apps

4.1 Die Anwendung Voiceflow zur Programmierung von Voice-Apps

Bei Voiceflow (2021) handelt es sich um eine grafische Programmierumgebung zur Erstellung von Voice-Apps für die Sprachassistentensysteme der führenden Anbieter. Die Software ist Browser- und Cloud-basiert, sodass sie auf allen gängigen Endgeräten verwendet werden kann. Für den nicht-kommerziellen Gebrauch können kostenfrei zwei Anwendungen erstellt und in den Stores veröffentlicht werden. Die kostenfreie Version ist sonst mit nur wenigen Einschränkungen verbunden.

In Voiceflow werden drei wichtige Arten von Befehlen unterschieden – Rückmeldungen (Response), Eingaben (User Input) und Logische Strukturen (Logic). Die Rückmeldungen können in Voiceflow auf unterschiedliche Art und Weise implementiert werden. Die einfachste Möglichkeit bietet der Befehl ‚Speak‘. Ein Text, der in den Speak-Block eingegeben wird, wird der App-Nutzerin bzw. dem App-Nutzer an entsprechender Stelle über die Mikrofone ausgegeben. Dabei können verschiedene Einstellungen vorgenommen werden, wie das Tempo und die Lautstärke oder die Position von Sprechpausen und Betonungen. Alternativ zum Speak-Befehl kann als Ausgabe auch eine Audiodatei eingebunden werden (Befehl: ‚Audio‘) oder es können visuelle Rückmeldungen auf einem unter Umständen vorhandenen Display gegeben werden (Befehle: ‚Display‘, ‚Card‘ oder ‚Stream‘).

Auch für die Verarbeitung von Eingaben stehen verschiedene Optionen zur Verfügung. Beim Befehl ‚Choice‘ wird eine bestimmte Anzahl möglicher

Antworten unterschieden und in Pfaden gebündelt. Ein einfaches Beispiel findet sich in Abbildung 2 und soll an dieser Stelle kurz beschrieben werden. So könnte das Sprachassistentensystem mithilfe eines Speak-Blocks fragen, ob die Nutzerin bzw. der Nutzer gut geschlafen hat. Als mögliche Antworten wären ‚ja‘ und ‚nein‘ denkbar sowie eventuell auch Zwischenstufen. Wichtig ist nun, festzulegen, wann eine Antwort als ‚ja‘ oder ‚nein‘ gewertet werden soll. Hierzu muss ein sogenannter ‚Intent‘ definiert werden. Der Intent für ‚ja‘ umfasst wiederum mehrere ‚Utterances‘ wie „genau“, „richtig“ oder „ja“. Erkennt das Sprachassistentensystem diese Wörter, wird der entsprechende Pfad ausgewählt und die Rückmeldung „Das freut mich sehr“ über einen Speak-Block gegeben. Auf die gleiche Weise werden Intent und Utterances für den nein-Pfad angegeben. Werden weder die Utterances des ja- noch des nein-Pfades erkannt, so stellt das System standardmäßig nach einer bestimmten Zeit die Frage erneut. Der Choice-Block eignet sich insbesondere bei lokaleren Fragen mit begrenzten Antwortmöglichkeiten. Alternativ lässt sich der etwas flexiblere Befehl ‚Prompt‘ nutzen, der aber an dieser Stelle nicht genauer beschrieben wird.

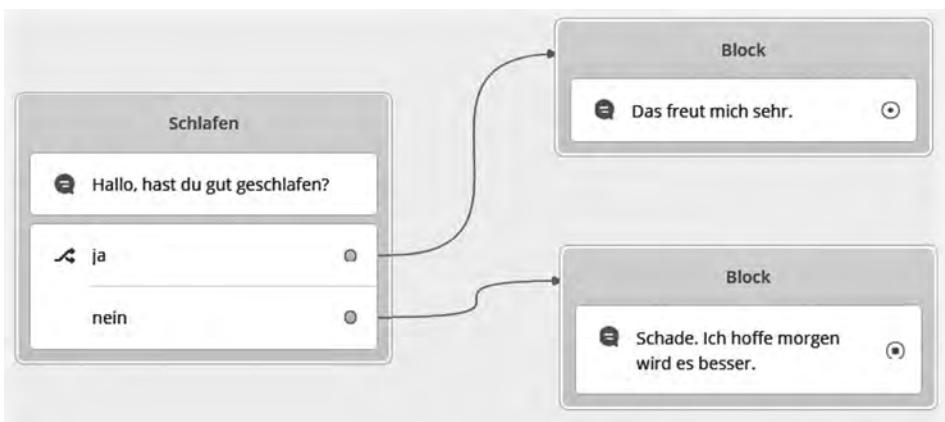


Abbildung 2: Einfaches Beispiel für die Verwendung eines Choice-Blocks

Dem Bereich der logischen Strukturen sind in Voiceflow verschiedene Befehle zugeordnet, mit denen sich die Antworten der Nutzerinnen und Nutzer auswerten und weiterverarbeiten lassen. Der Condition-Befehl stellt die für das Programmieren bekannte Wenn-Dann-Verknüpfung bereit. Mithilfe des Set-Befehls lassen sich Variablen definieren und verändern. Der Capture-Befehl stellt eine Art vorstrukturiertes und vorausgewertetes Zuhören dar, in der die App wahlweise nach einer Zahl, einer Telefonnummer, einer Stadt, einem Buch oder anderer Eingabetypen sucht und diese dann einer Variablen zuordnet. Weitere Befehle in der Kategorie Logische Strukturen sind Zufallszuordnungen

(Befehl: ‚Random‘), der Übergang in einen anderen ‚Flow‘ (neuer Dialog mit neuen Intents, Utterances, usw.) sowie das Beenden der Voice-App (Befehl: ‚Exit‘).

Neben diesen drei wichtigsten Befehlsarten gibt es verschiedene weitere Befehle. Hervorzuheben ist diesbezüglich auch, dass über den Befehl ‚Custom Code‘ eigene JavaScript-basierte Codes eingefügt werden können. Im folgenden Abschnitt wird eine mathematische Voice-App vorgestellt, die mit Voiceflow programmiert wurden.

4.2 Beispiel: Die Voice-App ‚Kopfgeometrie‘

Bei der Voice-App ‚Kopfgeometrie‘ (in Veröffentlichung) wird das räumliche Vorstellungsvermögen der Lernenden in den Fokus gesetzt, indem verschiedene Aufgaben aus dem Bereich der Kopfgeometrie gestellt werden (Roth & Wittmann, 2018; Senftleben, 1996). Geöffnet wird die Anwendung mit den Worten „Starte Kopfgeometrie“. Die App startet mit einem Einführungssatz sowie der Anweisung, einen Schwierigkeitsgrad auszuwählen:

„Willkommen bei der Voice-App Kopfgeometrie. Lass uns dein räumliches Vorstellungsvermögen trainieren. Wähle einen Schwierigkeitsgrad. Es gibt leichte, mittlere und schwere Aufgaben.“

Die Schülerin oder der Schüler entscheidet sich für einen der Schwierigkeitsgrade. Mit einem Choice-Block werden drei verschiedene Pfade definiert und die Auswahl sprachlich bestätigt. Zudem werden die Variablen ‚aufgaben‘ und ‚aufgabenrichtig‘ auf 0 gesetzt, die der Statistik über richtige und falsche Antworten und einem entsprechenden summativen Feedback dienen.

Anschließend folgen je nach gewähltem Schwierigkeitsgrad Aufgaben in einer bestimmten Reihenfolge. Die Implementation einer solchen Aufgabe in Voiceflow soll an einem Beispiel kurz skizziert werden.

Zunächst liest die App in deutlich verlangsamter Stimme und mit Pausen die folgende Aufgabe vor:

„Stell dir vor, du hast ein quadratisches Blatt Papier. Falte es so, dass zwei gegenüberliegende Seiten aufeinander liegen. Welche Form erhältst du?“

Anschließend wird die Variable ‚aufgaben‘ um 1 erhöht. Es folgt ein Choice-Block, in dem drei Pfade unterschieden werden. Antwortet die Nutzerin bzw. der Nutzer mit ‚Rechteck‘, wird die Antwort als richtig beschrieben und es folgt eine Erklärung sowie eine neue Aufgabe. Zudem wird die Variable ‚aufgabenrichtig‘ um 1 erhöht:

„Richtig, du erhältst ein Rechteck. Zwei Seiten des Rechtecks sind genau so lang wie die Seiten des Quadrats. Die anderen zwei Seiten sind genau halb so lang.“

Handelt es sich um eine richtige Antwort, die aber nicht präzise genug ist, wird bei den Aufgaben in der App ‚Kopfgeometrie‘ eine Rückfrage gestellt. Bei dem hier diskutierten Beispiel könnte dies die Antwort „Viereck“ sein. Antwortet eine Nutzerin oder ein Nutzer auf diese Weise, wird die folgende Rückmeldung gegeben und es kann eine neue Antwort gegeben werden:

„Das stimmt. Aber kannst du auch noch sagen, um welches besondere Viereck es sich handelt?“

Ist die Antwort des Nutzers falsch bzw. entspricht sie nicht den Antworten „Rechteck“ oder „Viereck“, erfolgt die folgende Rückmeldung:

„Leider falsch, eigentlich erhältst du ein Rechteck. Zwei Seiten des Rechtecks sind genau so lang wie die Seiten des ursprünglichen Quadrats. Die anderen zwei Seiten sind genau halb so lang.“

Sowohl bei einer komplett richtigen als auch bei einer falschen Antwort wird anschließend eine neue Aufgabe gestellt. Auf ähnliche Weise lassen sich in der Voice-App ‚Kopfgeometrie‘ neun Aufgaben bearbeiten (drei Aufgaben je Schwierigkeitsgrad). Hat man die Aufgaben zu einem Schwierigkeitsgrad fertig bearbeitet, wird die Rückmeldung gegeben, wie viele Aufgaben man richtig gemacht hat und ob man mit den Aufgaben eines anderen Schwierigkeitsgrades weitermachen oder die App beenden möchte. Alternativ kann die App zu jeder Zeit mit „Stopp“ beendet werden.

Die App ‚Kopfgeometrie‘ gibt den Schülerinnen und Schülern somit Anlass dazu, die eigene Vorstellungskraft insbesondere in Bezug auf den Raum bzw. geometrische Figuren zu schulen. Faltanleitungen bieten besonders zugängliche Aufgaben, die als Hilfestellung auch ohne großen Aufwand parallel zum vorgelesenen Text direkt an einem Blatt Papier durchgeführt werden können. Wie bereits bei der zuvor vorgestellten Kopfrechen-App, ist auch hier bereits ein gewisser Verständnisgrad der Schülerinnen und Schüler notwendig, um die Aufgaben bearbeiten zu können. Daher sollten die Lernenden bereits Erfahrung mit Kopfgeometrie und dem angeleiteten Falten von Papier gesammelt haben. Bei der Weiterentwicklung der App soll insbesondere eine Möglichkeit zur Anpassung der Vorlesegeschwindigkeit implementiert werden. Außerdem soll die Anzahl der Aufgaben erhöht und eine Kategorie mit ‚sehr leichten‘ Aufgaben hinzugefügt werden, damit die App auch bereits in den Klassen 1 und 2 eingesetzt werden kann.

5. Fazit

Das Thema dieses Beitrags war der Einsatz digitaler Sprachassistsysteme im Mathematikunterricht. Neben Ausführungen zur Funktionsweise der Technologie und zum fachdidaktischen Hintergrund (siehe hierzu auch Dilling, 2021) wurde insbesondere die Erstellung von mathematischen Voice-Apps mit dem Tool Voiceflow (2021) diskutiert. Mit Voiceflow lassen sich auf einfache Weise auch mit wenig Programmierkenntnissen Anwendungen für Sprachassistsysteme erstellen. Die Möglichkeiten und das Vorgehen wurden an der Voice-App ‚Kopfgeometrie‘ expliziert.

Die besonders intuitive Herangehensweise, die schnell zu einer funktionsfähigen App führt, macht die Erstellung individueller Voice-Apps auch für Lehrerinnen und Lehrer interessant. So können sie (z.B. auch auf der Basis passender App-Grundgerüste) eigene Aufgaben in Voice-Apps einbinden. Sogar Schülerinnen und Schüler könnten im Unterricht mit Voiceflow arbeiten, was spannende Überlegungen zur Folge haben kann, z. B. welche Rückmeldung einer Mitschülerin bzw. einem Mitschüler bei einer bestimmten (falschen) Antwort helfen könnte.

In verschiedenen Projekten sollen neben der hier im Beitrag vorgestellten Entwicklungsarbeit auch grundlegende Forschungsergebnisse zum Einsatz von Sprachassistsystemen im Bildungsbereich erzielt werden (siehe u.a. www.digimath4edu.de). Diese betrachten unter anderem die Entwicklung von Kriterien für mathematische Voice-Apps, die Beschreibung von Nutzungsszenarien und Nutzertypen von digitalen Sprachassistenten sowie die Beschreibung der Beliefs von Lehrpersonen und Schülerinnen und Schülern zum Einsatz von digitalen Sprachassistenten im Mathematikunterricht.

Literatur

- Dilling, F. (2021). Digitale Sprachassistsysteme im Mathematikunterricht – Wie Alexa, Google Assistant und Co. das Lernen bereichern können. In R. Klose & Ch. Schreiber (Hrsg.), *Mathematik, Sprache und Medien* (S. 183–197). Münster: WTM. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871969.0.10>
- Fahlgren, M., Brunström, M., Dilling, F., Kristinsdóttir, B., Pinkernell, G. & Weigand, H.-G. (2021). Technology-rich assessment in mathematics. In: Clark-Wilson, A., Donevska-Todorova, A., Faggiano, E., Trgalova, J., Weigand, H.-G. (Hrsg.), *Mathematics Education in the Digital Age* (S. 69–83). London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003137580>

- Gibbons, P. (2009). *English Learners, Academic Literacy, and Thinking*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Götze, D. (2015). *Sprachförderung im Mathematikunterricht*. Berlin: Cornelsen.
- Hörner, T. (2019). *Marketing mit Sprachassistenten*. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-25650-0>
- Kultusministerkonferenz (2004). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich*. München, Neuwied: Wolters Kluwer.
- Kultusministerkonferenz (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf
- Leuders, J. (2011). Auditive Lernmaterialien im Mathematikunterricht. In R. Haug & L. Holzapfel (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2011* (S. 543–546). Münster: WTM.
- Peters, F. (2020). Auditive Medien zur fachbezogenen Sprachbildung im Mathematikunterricht der Primarstufe. In S. Ladel, R. Rink, C. Schreiber & D. Walter (Hrsg.), *Forschung zu und mit digitalen Medien. Befunde für den Mathematikunterricht der Primarstufe* (S. 201–216). Münster: WTM. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871747.0.14>
- Peters, F. & Schreiber, Ch. (2020). Radio und Mathematik. Einsatz von auditiven Medien im Mathematikunterricht. In B. Brandt, L. Bröll & H. Dausend (Hrsg.), *Digitales Lernen in der Grundschule II. Aktuelle Trends in Forschung und Praxis* (S. 241–257). Münster: Waxmann.
- Rink, R. (2014). „Lass’ dir die Aufgabe doch vorlesen!“ – mit digitalen Medien Schwierigkeiten beim Sachrechnen begegnen. In S. Ladel & Ch. Schreiber (Hrsg.), *PriMaMedien – Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien im Mathematikunterricht* (Band 2, S. 61–76). Münster: WTM. <https://doi.org/10.37626/GA9783942197632.0.04>
- Roth, J. & Wittmann, G. (2018). Ebene Figuren und Körper. In H.-G. Weigand et al. (Hrsg.), *Didaktik der Geometrie für die Sekundarstufe I* (S. 107–147). Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56217-8>
- Senftleben, H.-G. (1996). Erkundungen zur Kopfgeometrie. (unter besonderer Beachtung der Einbeziehung kopfgeometrischer Aufgaben in den Mathematikunterricht der Grundschule. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 17 (1), 49–72. <https://doi.org/10.1007/BF03339309>
- Sweller, J. (1994). Cognitive Load Theory, Learning Difficulty and Instructional Design. *Learning and Instruction*, 4 (4), 295–312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
- Voiceflow. (2021). Voiceflow Inc. <https://www.voiceflow.com/>

Frederik Dilling und Amelie Vogler

Programmieren im Mathematikunterricht

Arithmetische und geometrische Zusammenhänge mit Scratch erkunden

Abstract

Dieser Artikel thematisiert die Chancen und Möglichkeiten für den Einsatz der Blockprogrammierung am Ende der Primarstufe und Übergang zur Sekundarstufe. Anhand einer praxisorientierten Beschreibung und detaillierten Analyse von vier Aufgabenbeispielen inklusive möglicher Lösungen und weiterführender Arbeitsaufträge für heterogene Lerngruppen erhalten die Leserinnen und Leser Anregungen zur Einführung der Blockprogrammierung im Mathematikunterricht. Mit den Grundrechenarten sowie der Orientierung im Raum und dem Zeichen von geometrischen Figuren umfassen die dargestellten Aufgaben zentrale mathematische Inhaltsbereiche der Primarstufe.

1. Einleitung

Dieser Artikel thematisiert die Möglichkeiten und Chancen des Einsatzes der Blockprogrammierung im Mathematikunterricht am Ende der Primarstufe und Übergang zur Sekundarstufe. Obwohl das Programmieren, wie in Kapitel 2 beschrieben, schon länger in der Mathematikdidaktik diskutiert wird, scheint es Bedarf an fachdidaktisch aufgearbeiteten Entwicklungen und gewinnbringenden Implementation von entsprechenden Lernumgebungen für den Mathematikunterricht zu geben. Daher fokussiert dieser Artikel die detaillierte, praxisorientierte Beschreibung und Analyse von vier Aufgabenbeispielen zum Einsatz von Scratch (o. J.), einer besonders kindgerechten Blockprogrammierungsumgebung im Mathematikunterricht am Übergang von Primar- zur Sekundarstufe, deren Funktionen in Kapitel 3 ausführlich erläutert werden. Auf mathematisch-inhaltlicher Ebene umfassen die dargestellten Aufgaben die Grundrechenarten sowie die Orientierung im Raum und das Zeichnen von geometrischen Figuren (Kapitel 4.1 bis 4.3). Durch die konkret angegebenen

Lösungsmöglichkeiten sowie Vorschläge weiterführender Arbeitsaufträge zu den einzelnen Aufgabenbeispielen wird deutlich, welches mathematikdidaktische Potential die Autorin und der Autor in diesen Beispielen hinsichtlich des Einsatzes in heterogenen Lerngruppen sowie der mathematischen Reichhaltigkeit sehen.

2. Blockprogrammierung im Mathematikunterricht

Das Programmieren im Mathematikunterricht ist schon seit längerem Diskussionsgegenstand der Mathematikdidaktik. Lehmann hält bereits 2004 fest, dass sich aus dem Informatikunterricht bekannte Arbeitsweisen häufig auch für den Mathematikunterricht eignen. Die Tätigkeit des Programmierens beschreibt er dabei wie folgt:

So ist [...] das Programmieren [...] trotz aller vorheriger Planung häufig auch ein Experimentieren und Suchen nach der besten Realisierung – ein Arbeiten mit einer Lösungsidee und der häufig nötigen Abwandlung und Verbesserung der Idee. Auf diese Weise können aber auch viele mathematische Problemstellungen angegangen werden: Experimentieren – vermuten – begründen – beweisen. (Lehmann, 2004, S. 308)

Förster (2011) bezieht sich bei seinen Ausführungen zum Programmieren im Mathematikunterricht insbesondere auf die Kompetenz des Problemlösens. Der Umgang mit Programmierungen könne Problemlösersituationen schaffen und eine gemeinsame Sprache bereitstellen:

Eine der zentralen Begründungen für das Programmieren im mathematischen Unterricht sind häufig auftretende Schwierigkeiten der Schüler beim Problemlösen. Programmieren kann hierbei helfen, da es eine gemeinsame Sprache bietet, eigene Erfahrungen ermöglicht und man über Programme leichter reden kann – insbesondere über ihre Struktur, ihre Entwicklung und ihre Beziehungen zu anderen Programmen [...]. Programmieren ist aber auch hilfreich für eine Überprüfung und Bewertung komplexer Modellierungen und ist förderlich für die Kritikfähigkeit am (richtigen?) Ergebnis. (Förster, 2011, S. 263)

Beckmann (2005) expliziert an Aspekten, wie den Variablen, Funktionen sowie der Rekursion und Iteration, dass mathematische Denkweisen durch den Einbezug informatischer Aspekte in den Mathematikunterricht motiviert werden können, z. B. das lokale Ordnen durch modulare Arbeiten in Programmierumgebungen. Auch abseits verwandter prozessbezogener Kompetenzen in Ma-

thematik und Informatik lasse sich auf inhaltlicher Ebene Mathematik durch Programmieren lernen:

Wird Programmieren [...] zur Lösung mathematischer Probleme eingesetzt, ist zu erwarten, dass damit auch ein Mathematiklernen einher geht. Denn Programmieren erfordert immer auch die intensive Auseinandersetzung mit dem Thema, hier also mit der Mathematik. Darüber hinaus kann Programmieren aber auch gezielt eingesetzt werden, um bestimmte mathematische Inhalte oder Methoden zu lernen und zu vertiefen. (Beckmann, 2003, S. 16)

Eine große Herausforderung für das Programmieren im Mathematikunterricht war vor nicht allzu langer Zeit, dass zunächst eine Programmiersprache gelernt werden musste, mit der sich dann mathematische Aufgabenstellungen bearbeiten lassen. Dieser zum Teil erhebliche Aufwand war nur in Verbindung mit dem (nicht verpflichtenden) Informatikunterricht möglich, da der Zeitaufwand die Kapazitäten des Mathematikunterrichts gesprengt hätte.

Durch die Entwicklung der Blockprogrammierung, unter welcher wir in diesem Beitrag das Programmieren durch Zusammensetzen grafischer Blöcke mit bestimmten Funktionen verstehen, ist das Lernen einer speziellen Programmiersprache für den Mathematikunterricht nicht mehr notwendig. Blöcke können intuitiv verwendet werden und exploratives Arbeiten zum Finden von Problemlösungen wird möglich. Im Gegensatz zu einer skriptbasierten Programmierung, wie z. B. mit Java, bietet Scratch „die Vorteile, dass Befehle selbsterklärend sind, Syntaxfehler nicht existieren, logische Fehler (oft) „(ein)gesehen“ werden und schnelle Erfolgsmöglichkeiten sowie hohe Schülermotivation Hand in Hand gehen“ (Förster, 2011, S. 264). Daher eignet sich Scratch für den Einstieg in das Programmieren im Mathematikunterricht. Praxisnahe Beispiele für den Einsatz von Scratch im Mathematikunterricht zeigt unter anderem Schwätzer (2018) auf.

Der in diesem Beitrag beschriebene Ansatz zur Implementierung von Blockprogrammierumgebungen bzw. -aktivitäten im Mathematikunterricht bildet neben weiteren praxisorientierten Entwicklungen (siehe u. a. Dilling et al., 2022) die Basis für Forschung der Autorin und des Autors zum Programmieren und algorithmischen Denken im Mathematikunterricht (siehe u. a. die empirischen Studien aus Dilling & Vogler, 2022a zum Verhältnis von räumlichem und algorithmischem Denken in CAD-Programmierumgebunden oder Dilling & Vogler 2022b zu Blockprogrammierung im Rahmen von interdisziplinären Problemlöseprozessen). Im Fokus sind dabei die folgenden Ziele:

- Theoriegeleiteter Vergleich des Problemlösens im Unterricht aus mathematischer und informatischer Perspektive

- Erforschung von mathematischen Problemlöseprozessen mit Blockprogrammierung im Mathematikunterricht und in der Ausbildung von Mathematiklehrerinnen und -lehrern
- Erforschung der Entwicklung algorithmischen Denkens durch Blockprogrammierung

3. Blockprogrammierung mit Scratch

Die intuitiv zu begreifende Applikationsoberfläche von Scratch ist in Abbildung 1 mit ihren wichtigsten Funktionen und Bereichen dargestellt. Die Idee von Scratch basiert darauf, dass eine *Hauptfigur*, standardmäßig die orangefarbene Katze, das aus verschiedenen Befehlen bzw. Handlungsaufforderungen bestehende Programm auf der *Bühne* ausführt. In dieser Blockprogrammierumgebung wird also ein Programm basierend auf einer algorithmischen Sequenz zur Animation der Hauptfigur entwickelt und in Form von sogenannten *Blöcken* im *Skriptbereich* dargestellt. Das Programm kann durch die Programmvorstellung jederzeit getestet werden, wodurch (logische) Fehler schnell eingesehen werden können.

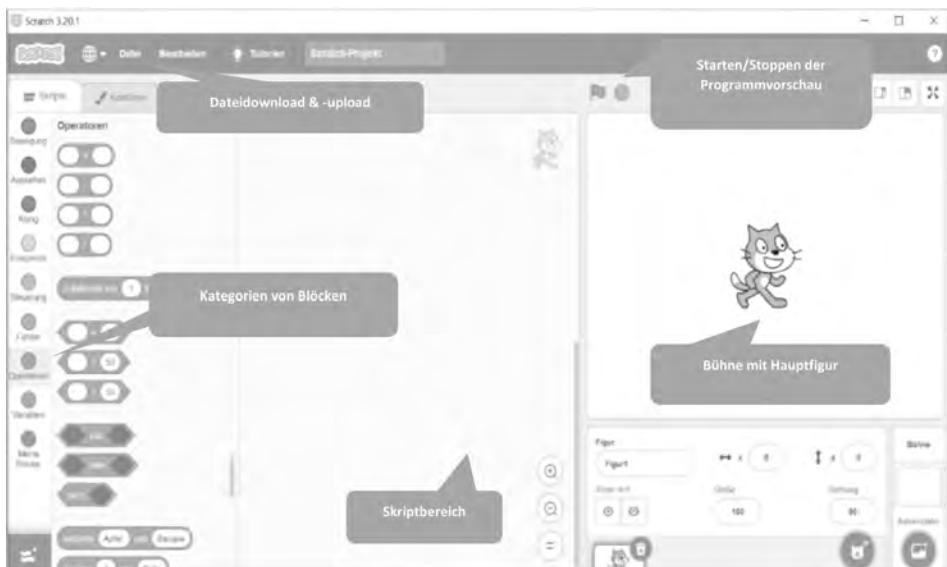


Abbildung 1: Programmoberfläche von Scratch 3

In den Skriptbereich können die Blöcke per Drag and Drop aus der Auswahlliste, die nach Kategorien sortiert ist, gezogen und zu einem Programm zusammengesetzt werden. Dabei deutet die puzzleartige Struktur der einzel-

nen Blöcke, welche mit verschiedenen Befehlen hinterlegt sind, an, in welcher Weise sie überhaupt angeordnet werden dürfen. Die gelben Blöcke bilden den Startblock bzw. -befehl. Mithilfe der grünen, runden und eckigen Blöcke können mathematische Operationen (Grundrechenarten, größer/kleiner/gleich, Zufallszahlen, Runden, Restrechnung, ...) durchgeführt und logische Verknüpfungen (und, oder, nicht, ...) eingefügt werden. Die dunkelorangefarbenen Blöcke ermöglichen das Einfügen und Verwalten von Variablen. Sprechen und Fragen stellen kann die Hauptfigur durch die lilafarbenen und hellblauen Blöcke. Die (eingetippten) Antworten des Programmnutzers können dann wiederum als Variable im Algorithmus verwendet werden. Die hellorangefarbenen Warte-, Wiederhole- und Falls-Dann-Blöcke stellen klassische algorithmische Strukturen dar, wie Schleifen oder Wenn-Dann-Beziehungen. Mit den blauen Gehe- und Drehe-Blöcken kann die Hauptfigur auf der Bühne bewegt werden. Die dunkelgrünen Stift-Blöcke (kostenfreie Erweiterung der Standard-Scratch-Funktionen) ermöglichen das Zeichnen von Linien, wenn sich die Hauptfigur bewegt. An dieser Stelle sei angemerkt, dass Scratch noch über zahlreiche weitere Funktionen und Möglichkeiten verfügt, wie die Nutzung des Mikrofons sowie der Kameraaufnahme oder externer Hardware (Lego Mindstorms, Makey Makey, uvm.).

4. Beispiele für den Mathematikunterricht

Im Folgenden werden verschiedene Beispiele für Aufgaben aus den Bereichen der Arithmetik und Geometrie vorgestellt, die sich mit Scratch bearbeiten lassen. Zielgruppe dieser Aufgaben sind Schülerinnen und Schüler am Ende der Primar- oder am Anfang der Sekundarstufe. Die Aufgaben sind bewusst offen und gestuft aufgebaut, damit sie von Lernenden mit unterschiedlichen Leistungsständen und Vorkenntnissen bearbeitet werden können.

4.1 Grundrechenarten

Die Funktionen von Scratch zur Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division zweier Zahlen ermöglichen interessante Aufgaben zum Üben und Vertiefen der Grundrechenarten. Das Ziel einer solchen Aufgabe kann es zum Beispiel sein, ein eigenes Programm zu entwickeln, das der Nutzerin oder dem Nutzer eine Additionsaufgabe stellt und die Lösung überprüft. Wie in Aufgabe 1 zu sehen ist, bietet sich dabei ein gestuftes Vorgehen an:

Aufgabe 1: Addition

- (a) Entwickle ein Programm, das eine bestimmte Additionsaufgabe stellt und eine Rückmeldung mit ‚richtig‘ oder ‚falsch‘ gibt.
 - (b) Verändere dein Programm so, dass nach jeder Aufgabe automatisch neue Zahlen generiert werden. Passe auch die Rückmeldung dementsprechend an.
 - (c) Wie könntest du das Programm noch optimieren? Setze deine Ideen um!
-

Im ersten Schritt (Teilaufgabe a) könnte es die Aufgabe sein, eine konkrete Additionsaufgabe zu stellen und anschließend die Antwort zu prüfen. Eine mögliche Lösung hierfür ist in Abbildung 2 links zu sehen. Mit einem Sage-Block wird für 2 Sekunden der Text „Wie viel ist 2 plus 3?“ eingeblendet. Darauf folgt ein Frageblock, der eine Antwort des Nutzers oder der Nutzerin verlangt. Diese Antwort wird dann in einem Falls-sonst-Block genutzt, um sie mit der richtigen Antwort 5 abzulegen und eine jeweils passende richtig/ falsch-Rückmeldung zu geben.

Der zweite Schritt (Teilaufgabe b) bezieht sich dann auf die Veränderung des Programms, sodass sich automatisch neue Aufgaben und entsprechende Rückmeldungen ergeben. Eine Lösung findet sich in Abbildung 2 rechts. Zunächst werden zwei Variablen ‚Zahl 1‘ und ‚Zahl 2‘ als Zufallszahlen zwischen 1 und 20 definiert. Das Intervall, aus dem die Zufallszahlen gewählt werden, kann beliebig verändert werden, sodass mit kleinen, großen oder sogar negativen Zahlen gerechnet werden kann. Anschließend werden die Variablen zum Stellen der Frage verwendet. Im Falls-sonst-Block wird die Antwort der Nutzerin bzw. des Nutzers mit ‚Zahl 1 + Zahl 2‘ abgeglichen, damit je nach Zufallszahl die Antwort korrekt geprüft werden kann. Durch einen Wiederhole-fortlaufend-Block um den gesamten Algorithmus werden nach jedem Durchlaufen neue Zufallszahlen und damit neue Aufgaben gebildet.

Im dritten Schritt (Teilaufgabe c) könnten die Schülerinnen und Schüler ihr erstelltes Programm verbessern. Diese bewusst offen gehaltene Aufgabe ermöglicht es den Lernenden, kreative Verbesserungsmöglichkeiten zu entwickeln oder ihren Algorithmus zu optimieren. Beispiele könnten das automatische Zählen der richtigen und falschen Antworten, das Einfügen eines Timers beim Bearbeiten der Aufgaben oder andere Veränderungen sein.

Auf ähnliche Weise können auch Aufgaben zu den anderen Grundrechenarten formuliert und bearbeitet werden. Dabei entstehen jeweils spezifische Herausforderungen: Bei der Subtraktion muss beispielweise darauf geachtet

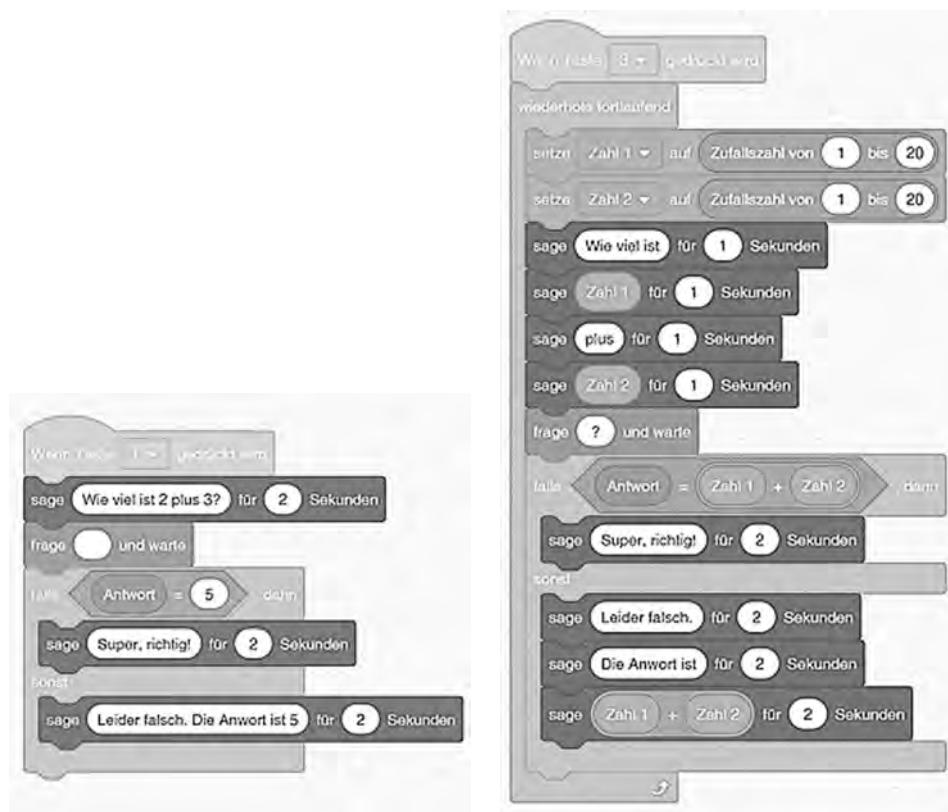


Abbildung 2: Beispiellösungen zur Aufgabe 1 a und b

werden, dass der Minuend größer als der Subtrahend wird, wenn man als Ergebnis eine natürliche Zahl erhalten möchte. Dies kann u. a. dadurch erreicht werden, dass das Intervall für die erste Zufallszahl von 20 bis 40, das für die zweite aber nur von 1 bis 19 gewählt wird. Eine *elegantere* Lösung, welche nicht vorab bestimmte Aufgaben ausschließt, überprüft im Anschluss an die Zufallszahlengenerierung, ob die erste Zufallszahl größer als die zweite ist. Wenn ja, wird die Aufgabe „Zahl 1 – Zahl 2“ gestellt – wenn nicht, wird entsprechend „Zahl 2 – Zahl 1“ gestellt. Alternativ könnte man auch durch einen Wiederhole-Block neue Zufallszahlen generieren, bis die Bedingung „Zahl 1 > Zahl 2“ erfüllt ist.

Ähnliche Herausforderungen entstehen beim Stellen von Divisionsaufgaben mit Scratch. Hier muss beispielsweise beachtet werden, dass sich die erste Zahl ohne Rest durch die zweite Zahl teilen lässt. Dies kann u. a. dadurch erreicht werden, dass man die Multiplikation als Umkehroperation der Division nutzt. Man definiert zunächst zwei Variablen als Zufallszahlen und nennt diese ‚Ergebnis‘ und ‚Zahl 2‘. Die Variable ‚Zahl 1‘ definiert man dann als ‚Zahl 2‘

* Ergebnis‘. Anschließend stellt man mit einem Sage-Block die Aufgabe ‚Zahl 1 : Zahl 2‘ und prüft, ob die Antwort der Nutzerin oder des Nutzers mit der Variable ‚Ergebnis‘ übereinstimmt. Alternativ lässt sich auch mit Restrechnung arbeiten (Bedingung: Zahl 1 = 0 mod Zahl 2).

Die Multiplikation lässt sich analog zur Addition ohne größere Herausforderungen realisieren. Hier ließe sich die Aufgabe dahingehend erweitern, dass anstelle eines Multiplikations-Blocks nur Additionsblöcke und Schleifen verwendet werden dürfen. Auf diese Weise ließe sich der Ursprung der Multiplikation in der Addition vertiefen. Diese kurzen Ausführungen zeigen, dass viele verschiedene Lösungswege und Lösungen der gestellten Probleme zu den Grundrechenarten existieren, die ein unterschiedlich großes Verständnis der Zusammenhänge erfordern.

4.2 Orientierung im Raum

Die Programmierumgebung Scratch eignet sich neben dem Einsatz im Bereich der Arithmetik aufgrund ihrer Spezifika, wie dem Bühnenbild und der Programmvorherschau, zur Förderung der Raumorientierung und Raumvorstellung von Schülerinnen und Schülern. Die Bühne im Programm Scratch ist ein Ausschnitt einer zweidimensionalen Ebene. Auf der Ebene kann die Hauptfigur durch Angabe von Zielkoordinaten oder durch Drehen und Verschieben in eine bestimmte Richtung bewegt werden. Auf der Bühne lässt sich alternativ zum weißen Hintergrund als Standardeinstellung auch ein beliebiger eigener Hintergrund einfügen. Dies wird in Aufgabe 2 genutzt, um das räumliche Vorstellungsvormögen zu schulen:

Laufzettel

Start: Foyer, Kasse

1. Mineralien
2. Säugetiere & Vögel
3. Menschwerdung

Ziel: Cafeteria



Aufgabe 2: Wege durch das Museum

-
- (a) Lade den Hintergrund ‚Museums-Lageplan‘ in Scratch hoch.¹
 - (b) Entwickle anhand des Laufzettels ein Programm, das einen geeigneten Weg durch das Museum aufzeigt.
 - (c) Verändere dein Programm so, dass die Figur, nachdem sie im Raum der Säugetiere & Vögel angekommen ist, noch einmal umdreht und denselben Weg zurück ins Foyer läuft, um zur Toilette zu gelangen.
 - (d) Wie könntest du das Programm noch optimieren? Setze deine Ideen um.
-

Als Hintergrund wird in dieser Aufgabe die Karte eines Naturkundemuseums verwendet (siehe Abb. 3). Sinnvoll ist es zudem, als Hauptfigur eine in Draufsicht abgebildete Figur (siehe Figur in Feld Cafeteria & Shop auf Lageplan) zu verwenden. Die Katze (Standard-Hauptfigur in Scratch) ist in der Seitenansicht zu sehen. Dies könnte sowohl bei der Entwicklung des Programms als auch bei der Programmvorstellung widersprüchlich wirken.

Es kann hier insbesondere zwischen den folgenden zwei Lösungswegen unterschieden werden: Einerseits kann der Block ‚gleite in __ Sek. zu x:__ y:__‘ verwendet werden, welcher fortlaufend aneinander gereiht wird mit den entsprechenden Koordinaten des Standpunktes, welche die Figur anlaufen soll. Die Koordinaten der Räume lassen hierbei durch gezieltes Ausprobieren ermitteln.² Die Lernenden können somit explorativ passende Lösungen generieren. Zu beachten ist bei dieser Programmierweise, dass nicht nur für die auf dem Laufzettel aufgeführten Räume Koordinaten verwendet werden, sondern auch geeignete Koordinaten für alle Zwischenräume bzw. Türen zu den Räumen (z. B. zu Beginn die Tür zur Saurierwelt) genutzt werden, damit sich die Hauptfigur nur durch Türen, nicht aber durch Wände bewegt.

Andererseits kann jeweils paarweise ein Drehungs- und einen Verschiebeblock verwendet werden, um ein entsprechendes Programm zu entwickeln. Durch Drehen der Hauptfigur in die passende Richtung kann diese anschließend mit einem Verschiebeblock in die entsprechende Richtung bewegt werden. Die Anzahl der Schritte lässt sich hier analog zu den geeigneten Koordinaten durch gezieltes Ausprobieren seitens des Programmierenden ermitteln.

1 Der Hintergrund steht zum Download unter folgendem Link zur Verfügung: www.waxmann.com/buch4591

2 Obwohl der Koordinatenbegriff in der Primarstufe standardgemäß nicht eingeführt wird, konnten wir beobachten, dass Lernende der 3./4. Klasse meist mit einem intuitiven Verständnis an entsprechenden Aufgabenstellungen arbeiten können (Dilling & Vogler, 2022b).

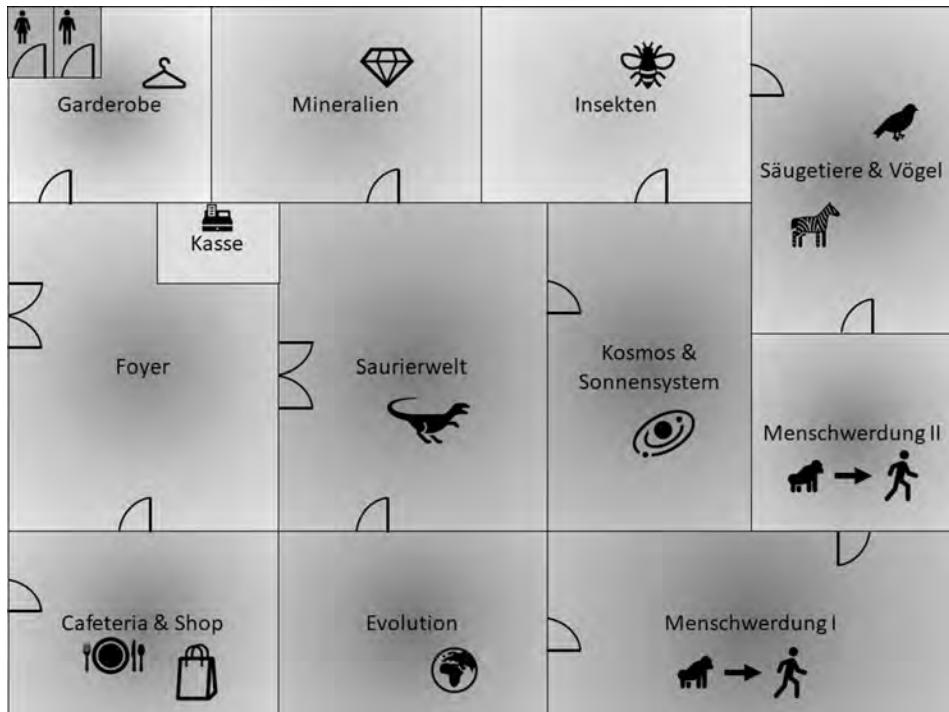


Abbildung 3: Karte eines Naturkundemuseums als Hintergrund in Scratch für Aufgabe 2

Wenn zusätzlich der Malstift aktiviert ist, wird der von der Figur zurückgelegte Weg (vgl. Abb. 3) sichtbar und somit für Programmierende leichter nachvollziehbar.

Alternativ zur Karte des Museums lassen sich auch beliebige andere Karten in Scratch einbinden und für ähnliche Aufgabenstellungen verwenden. Es könnte für die Schülerinnen und Schüler zum Beispiel motivierend sein, einen Stadtplan ihrer Heimatstadt einzubinden und den Weg von zu Hause bis zur Schule mit einem Algorithmus zu beschreiben. Sie könnten aber auch eigene Karten auswählen und Aufgabenstellungen für ihre Sitznachbarin bzw. ihren Sitznachbarn formulieren. Anhand der bereits skizzierten Aufgabenbeispiele inklusive Lösungsideen wird deutlich, dass im Rahmen des Mathematikunterrichtes sowohl der Prozess der Programmentwicklung als auch die entwickelten Programme als Endprodukte zahlreiche Anknüpfungspunkte für mathematische Kompetenzentwicklung im Sinne der inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen bieten können.

4.3 Zeichnen geometrischer Figuren

Als letztes Aufgabenformat soll in diesem Artikel das Zeichnen geometrischer Figuren mit Scratch thematisiert werden. Als Einstiegsaufgabe kann Aufgabe 3 genutzt werden. Hier soll ein Programm entwickelt werden, das geometrische Formen wie die in Abbildung 4 nachzeichnet und parallele Seiten identifiziert.

Aufgabe 3: Einfach Figuren zeichnen und untersuchen

- (a) Lade zunächst den Hintergrund ‚Xy-grid-20px‘. Hier beträgt eine Kästchenlänge 20 Schritte in Scratch. Wähle nun die Scratch-Figur ‚Ball‘ und verkleinere diese auf die Größe 20.
 - (b) Wähle eine der abgebildeten Figuren aus und übertrage sie auf das Kästchennetz in Scratch. Nutze hierzu die Malstift-Blöcke.
 - (c) Verändere dein Programm so, dass zueinander parallele Seiten einer gezeichneten Figur jeweils in derselben Farbe gezeichnet werden.
 - (d) Kann man das Programm auch so verändern, dass die Figur beliebig weitergeführt wird?
-

Die Lösungsmöglichkeiten zu dieser Aufgabe können analog zur Aufgabe 2 im vorherigen Abschnitt auf der Angabe von Zielkoordinaten basieren oder durch das Aneinanderreihen von Drehungen und Verschiebungen realisiert werden. Auf die detaillierte Diskussion konkreter Programmbeispiele wird daher verzichtet.

Erfahrenere Schülerinnen und Schüler, insbesondere im Übergang von Primar- zu Sekundarstufe, können darüber hinaus Programme zur Konstruktion bestimmter bzw. besonderer geometrischer Figuren entwickeln. Als Beispiel soll hier das Zeichnen besonderer Vierecke fungieren, indem in Aufgabe 4 eine Art Viereck-Generator erstellt wird.

Aufgabe 4: Viereck-Generator

- (a) Erstelle ein Programm, das ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 100 erstellt.
- (b) Verändere dein Programm so, dass sich die Seitenlänge des Quadrats mit jedem Durchgang zufallsgeneriert ändert (Quadrat-Generator).
- (c) Verändere dein Programm so, dass Rechtecke mit unterschiedlichen Seitenlängen entstehen (Rechteck-Generator). Was musst du hierzu verändern?

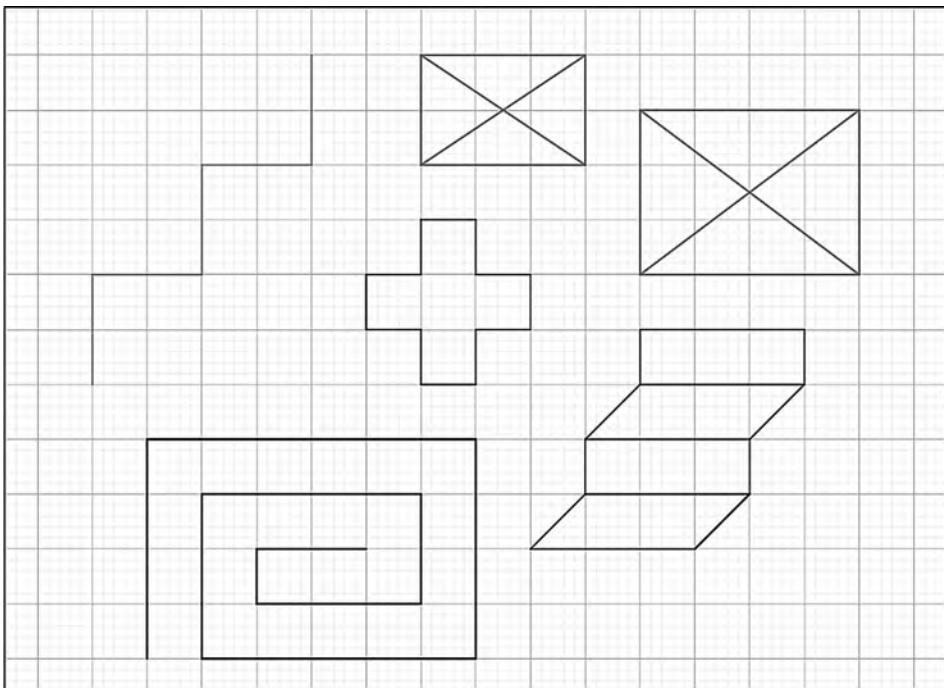


Abbildung 4: Formen zum Nachzeichnen in Aufgabe 3

- (d) Verändere nun dein Programm so, dass Parallelogramme mit unterschiedlichen Seitenlängen und Winkeln entstehen (Parallelogramm-Generator). Was musst du hierzu verändern?
- (e) Verändere nun dein Programm so, dass (lediglich) Rauten entstehen (Rauten-Generator). Was musst du hierzu verändern?
- (f) Mache aus dem Rauten-Generator wieder einen Quadrat-Generator. Was musst du hierzu verändern?
- (g) Ordne die Vierecke nach ihren Eigenschaften von *besonders* zu *allgemein*.

Zunächst soll in Teilaufgabe a ein Quadrat mit der Seitenlänge 100 gezeichnet werden. Dies lässt sich besonders schnell realisieren, indem man zunächst den Malstift mit dem Block „schalte Stift ein“ aktiviert und anschließend einen Verschiebeblock mit 100 Schritten und einen Drehungsblock mit 90° paarweise vierfach hintereinander fügt. Zudem sollte die Lehrkraft den Hinweis geben, dass optimalerweise vor den erläuterten Algorithmus die Blöcke „gehe zu x:0 y:0“ sowie „lösche alles“ zu setzen sind, damit die Zeichnung bei erneutem Betätigen des Startbefehls nicht verschoben über das bereits vorhandene Bild gezeichnet wird, sondern stattdessen die gleiche Zeichnung entsteht.

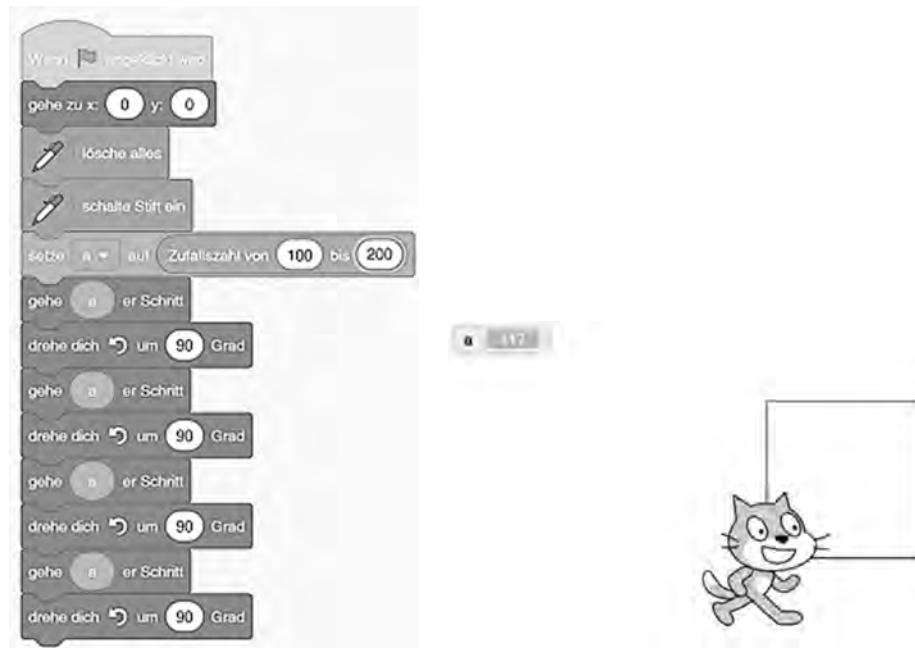


Abbildung 5: Beispiellösung zu Aufgabe 4 b

In Aufgabenteil b soll nun ein Quadrat-Generator erstellt werden (siehe Abb. 5). Dafür wird eine Variable „a“ hinzugefügt, die die Seitenlänge des Quadrats angibt. Sie wird als Zufallszahl zwischen 100 und 200 gewählt, damit eine für die Größe der Bühne angemessen große Zeichenfigur entsteht. In den Verschiebeblöcken des vorherigen Programms zur Erzeugung eines bestimmten Quadrats werden dementsprechend die konkreten Seitenangaben „100“ durch die Variable „a“ ersetzt. Auf diese Weise entsteht bei jeder Betätigung des Startbefehls ein neues zufälliges Quadrat.

In Aufgabenteil c soll der Quadrat-Generator in einen Rechteck-Generator umgewandelt werden. Hierzu wird eine zweite Variable „b“ zufallsbasiert generiert. In jedem zweiten Verschiebeblock muss dann die Variable „a“ durch die Variable „b“ ersetzt werden

Wenn zusätzlich die Winkel zufallsgeneriert verändert werden (siehe Abb. 6), entsteht ein Parallelogramm-Generator (Teilaufgabe d). Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Winkel nicht unabhängig voneinander verändert werden können, da die Innenwinkelsumme von 360° erhalten bleiben muss, um eine geschlossene Figur zu erhalten. Dieses Problem lässt sich vermeiden, indem die Eigenschaft, dass zwei benachbarte Winkel im Parallelogramm eine Summe von 180° aufweisen, im Programm berücksichtigt wird. Legt man den ersten und dritten Winkel „alpha“ als Zufallszahl zwischen 1 und 179 fest, so

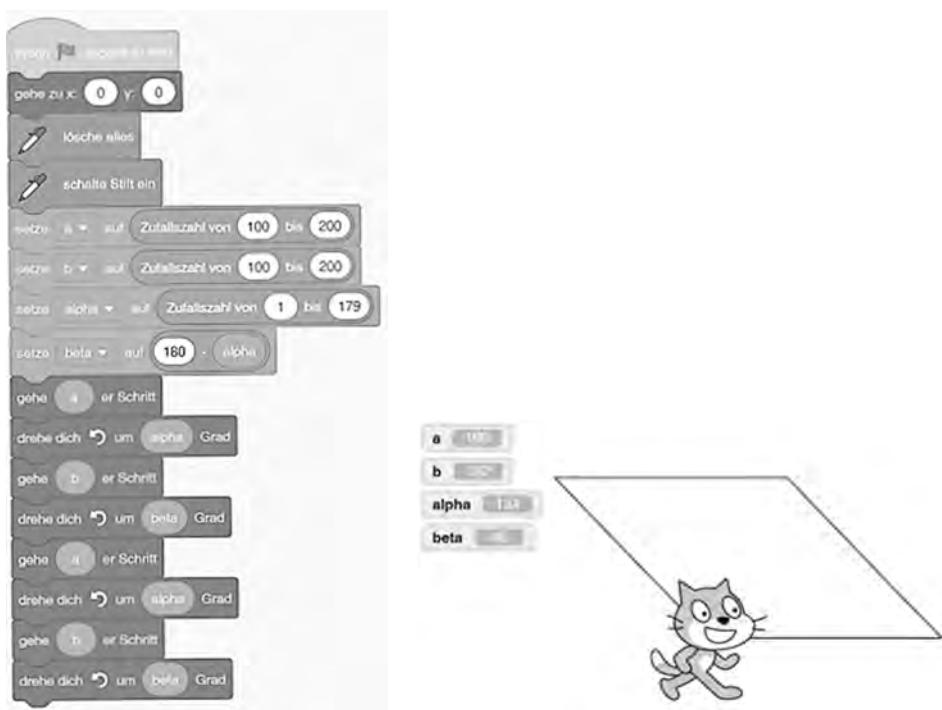


Abbildung 6: Beispiellösung zu Aufgabe 4 d

ergibt sich für den zweiten und vierten Winkel $\text{,beta} = 180 - \text{alpha}$.³ Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass die Drehung der Katze beim Zeichnen nicht entsprechend des Innenwinkels, sondern des jeweiligen Außenwinkels erfolgt. Es gilt: Außenwinkel = 180° – Innenwinkel.

Um den Parallelogramm-Generator in einen Rauten-Generator zu überführen (Aufgabenteil e), müssen alle Seiten gleich lang gewählt werden. Hierfür sollte in den Verschiebeblöcken ausschließlich die Variable „a“ verwendet (oder alternativ nur die Variable „b“). Der Rauten-Generator kann in einen Quadrat-Generator zurück überführt werden (Aufgabenteil f), indem man für den zufallsgenerierten Winkel „alpha“ den festen Wert 90 einsetzt.

In Aufgabenteil g sollen schließlich die besonderen Vierecke nach ihren Eigenschaften geordnet werden. In den vorherigen Aufgabenteilen konnten die Schülerinnen und Schüler die Übergänge zwischen bestimmten besonderen Vierecken erfahren, z. B. dass ein Quadrat eine Raute ist, bei der alle Innenwinkel 90° sind. In den einzelnen Aufgabenstellungen mussten Eigenschaften

³ Winkelgrößen werden in Scratch ohne die Angabe des Gradzeichens als ganze Zahlen beschrieben.

verschärft (z. B. Übergang von der Raute zum Quadrat) oder gelockert werden (z. B. Übergang vom Quadrat zum Rechteck). Auf diese Weise ließen sich die Eigenschaften der besonderen Vierecke und ihre Beziehungen zueinander vertiefen. Dies soll nun durch die Schülerinnen und Schüler analysiert und reflektiert werden. Eine mögliche Lösung bietet das bekannte Haus der Vierecke.

Neben dem Erzeugen besonderer Vierecke kann das Zeichnen weiterer besonderer Figuren eine spannende Aufgabe für die Lernenden insbesondere in weiterführenden Klassenstufen darstellen. So könnten sie zum Beispiel die Aufgabe erhalten, ausgehend von einem Generator für gleichseitige Dreiecke, einen Generator für gleichschenklige und schließlich für allgemeine Dreiecke zu entwickeln. Es ist auch möglich einen Generator für regelmäßige Polygone zu erstellen, hierbei wenden die Schülerinnen und Schüler Wissen zur Innen- und Außenwinkelsumme von n -Ecken an und/oder erfahren dies im Austausch über ihre Programme. Auch Parkettierungen stellen ein spannendes Anwendungsgebiet von Scratch dar, da mit einem passenden Algorithmus beliebig große Flächen mit regelmäßigen Figuren bedeckt werden können.

5. Fazit

Der vorliegende Beitrag thematisiert die Blockprogrammierung mit Scratch im Mathematikunterricht. Die theoretischen Ausführungen und die verschiedenen, konkreten Aufgabeneispiele inklusive der dargestellten Lösungsmöglichkeiten zu Scratch zeigen, dass durchaus ein hohes Potential zum Entdecken, Anwenden und Vertiefen mathematischer Zusammenhänge besteht. Diesbezüglich sind noch viele weitere, durchaus komplexere Anwendungen aus der Arithmetik (Quersummen, gerade und ungerade Zahlen, Auf- und Abrunden, ...) und der Geometrie (Näherungsweise Bestimmung der Kreisszahl Pi, Zeichnen von Kurven, ...) möglich – ja sogar aus anderen Bereichen wie der Analysis (Entwicklung eines Funktionenplotters, ...) oder der Stochastik (Zufallszahlen, manipulierte Zufallsgeneratoren, ...).

Neben der Förderung inhaltsbezogener Kompetenzen werden auch prozessbezogene Kompetenzen wie das Problemlösen oder der Umgang mit Algorithmen durch das Programmieren in Scratch angesprochen. Hinzu kommt ein gewisses informatisches Grundverständnis, welches insbesondere die Aufgaben mit Verwendung von Variablen, Wenn-Dann-Aussagen oder Schleifen nahelegen.

Wie die in diesem Beitrag dargestellten Aufgaben und Lösungsmöglichkeiten zeigen, eröffnet das Programmieren mit Scratch bei geeigneter Auf-

gabenstellung verschiedene Lösungsmöglichkeiten, sodass Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen die Aufgaben bearbeiten können. Aufbauend auf ihrem mathematischen und informatischen Vorwissen können die Schülerinnen und Schüler Algorithmen entwickeln und durchaus in unterschiedliche Programme überführen. Die vorgestellten Aufgaben 1 bis 4 steigern sich jeweils in ihren Teilaufgaben im Anforderungsniveau. Die vorgestellten Aufgaben sollen für interessierte Mathematiklehrerinnen und -lehrer eine Grundlage darstellen, um die Blockprogrammierung sinnvoll in ihren Unterricht einzubringen. Die Aufgaben können mit Blick auf die eigene Lerngruppe weiter angepasst werden. Diese Adaption der Aufgabenstellungen kann wie folgt realisiert werden: Anstelle der eigenständigen Implementation eines Algorithmus in Scratch könnten zu verwendende Blöcke vorgegeben werden, die von den Lernenden nur noch passend zusammengefügt werden müssen, oder aber die Lehrkraft stellt einen Algorithmus zur Analyse bereit. Eine weitere Möglichkeit bietet die Fehlersuche, die Lehrkraft gibt hier bewusst einen falschen Algorithmus bzw. ein falsches Programm vor, in welchem die Fehler von den Lernenden identifiziert werden müssen (vgl. Milicic et al., 2020).

Literatur

- Beckmann, A. (2003). *Fächerübergreifender Mathematikunterricht*. Teil 4: Mathematikunterricht in Kooperation mit Informatik. Hildesheim, Berlin: Franzbecker. <https://doi.org/10.1007/BF03338974>
- Beckmann, A. (2005). Informatische Aspekte im Mathematikunterricht – Möglichkeiten und Chancen. In U. Kortenkamp (Hrsg.), *Informatische Ideen im Mathematikunterricht*. Hildesheim: Franzbecker.
- Dilling, F., Milicic, G. & Vogler, A. (2022). Algorithmen mit Computer-Aided Design erkunden – Ideen für den Mathematikunterricht. *MNU Journal*. 01/2022, 53–65.
- Dilling, F. & Vogler, A. (2022a, im Druck). Mathematikhaltige Programmierumgebungen mit Scratch – Eine Fallstudie zu Problemlöseprozessen von Lehramtsstudierenden. In F. Dilling, F. Pielsticker & I. Witzke (Hrsg.), *Neue Perspektiven auf mathematische Lehr-Lernprozesse mit digitalen Medien – Eine Sammlung wissenschaftlicher und praxisorientierter Beiträge* (S. 359–384). Wiesbaden: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-658-36764-0_16
- Dilling, F. & Vogler, A. (2022b, im Druck). Computer-Aided-Design durch Blockprogrammierung – Ein Lernsetting mit Potential zur Förderung und Vernetzung algorithmischen und räumlichen Denkens. In S. Ladel & U. Kortenkamp (Hrsg.), *Informatisch-algorithmische Grundbildung im Mathematikunterricht der Primarstufe*. Münster: WTM-Verlag.

- Förster, K.-T. (2011). Neue Möglichkeiten durch die Programmiersprache Scratch: Algorithmen und Programmierung für alle Fächer. In R. Haug & L. Holzapfel (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2011* (S. 263–266). Münster: WTM.
- Lehmann, E. (2004). Konzeptionelle Überlegungen zur Einbeziehung informatischer Inhalte und Methoden beim Computereinsatz im Mathematikunterricht der Sekundarstufe 2. *Journal für Mathematik-Didaktik* 25, 307–308. <https://doi.org/10.1007/BF0333932>
- Lengnink, K. & Helmerich, M. (2013). Spürnasen Mathematik. Mathekartei. Cornelissen GmbH: Berlin.
- Milicic, G., Wetzel, S. & Ludwig, M. (2020). Generic Tasks for Algorithms. *Future Internet* 12 (9), 152. <https://doi.org/10.3390/fi12090152>
- Schwätzer, U. (2018). *Programmieren in der Grundschule: Erfahrungen – Scratch-Codes – Tipps und Tricks*. Selbstverlag.
- Scratch (o. J.). *Erstelle Geschichte, Spiele und Animationen. Teile sie mit anderen auf der ganzen Welt*. Massachusetts Institute of Technology, National Science Foundation, Siegel Family Endowment und LEGO Foundation. Abgerufen am 22.03.2022 von <https://scratch.mit.edu/>.

Grenzen, Zwänge, Möglichkeiten – Klötzchen im Vergleich

Darstellung einer Pilotierung

Abstract

Räumliches Vorstellungsvermögen wird in der Grundschule u. a. durch Würfelaufgaben gefördert, wofür neben der Möglichkeit, mit Holzwürfeln und Schattenboxen zu arbeiten, mittlerweile auch virtuelle Anwendungen wie Klötzchen auf dem iPad und CubelingVR in einer Virtual-Reality-Umgebung zur Verfügung stehen. Dieser Beitrag widmet sich der vergleichenden Analyse von Handlungen und Strategien beim Lösen von Schattenproblemen in der Verknüpfung von realen und virtuellen Handlungsräumen. Auf dem Fundament tätigkeits-theoretischer Modelle werden Grenzen, Zwänge und Möglichkeiten der verschiedenen Werkzeuge untersucht, ein Einblick in die theoretischen Grundlagen der Untersuchungsmethodik gegeben und Ergebnisse einer ersten Pilotierung vorgestellt.

1. Einleitung

Räumliches Vorstellungsvermögen ist eine wesentliche Grundlage für das Verstehen von Zusammenhängen und Beziehungen in der Geometrie und darüber hinaus. Gefördert wird Raumvorstellung in der Grundschule oft durch das Erstellen und Analysieren von Würfelaufgaben, was nicht nur die Betrachtung von Lagebeziehungen ermöglicht, sondern auch Bezüge zu Projektionen, Koordinaten und weiteren Darstellungen herstellen lässt (Aßmus & Fritzlar, 2019).

Insbesondere beim Lösen von Raumvorstellungsaufgaben verfügen Schülerinnen und Schüler über vielfältige Strategien (Maresch, 2015), die durch im Unterricht eingesetzte Arbeitsmittel gefordert und gefördert werden. Potenzial liegt hier vor allem in der Vernetzung verschiedener Repräsentationen, wobei

angenommen wird, dass eine Verknüpfung externaler Repräsentationen (wie Bilder, Symbole oder physische Objekte) eine Verbindung mentaler Repräsentationen anregt. Hierzu eignet sich unter anderem der Einsatz digitaler Werkzeuge, z. B. im Rahmen von multimedialen Lernumgebungen, da sich mit ihnen verschiedene Repräsentationsformen schnell und einfach darstellen und bearbeiten lassen (Thurm, 2020, S. 13 ff.). Neben der Möglichkeit, mit Holzwürfeln, Schattenboxen und Bauplänen auf Papier zu arbeiten, stehen mittlerweile auch virtuelle Anwendungen zur Verfügung, die verschiedene Darstellungen von Würfelbauwerken miteinander verknüpfen (Florian & Etzold, 2021a). Derartige Materialien müssen jedoch, bevor sie produktiv im Unterricht eingesetzt werden, auch in Hinblick auf ihre gleichzeitige Nutzung untersucht werden. Aufbauend auf einem tätigkeitstheoretischen Ansatz werden wir hierfür die Grenzen, Zwänge und Möglichkeiten der einzelnen Werkzeuge analysieren (van Randenborgh, 2015, S. 3) und daraus ableiten, wie ein multimediales Lernsetting im Unterricht realisiert werden kann und welche Hilfestellungen Lehrkräfte hierfür benötigen. Im folgenden Beitrag geben wir einen Einblick in die theoretischen Grundlagen unserer Methodik und stellen erste Beobachtungen sowie mögliche Folgen für die weitere Forschung vor.

2. Klötzchen – real und virtuell

Im Fokus unserer Forschung liegt die Verknüpfung verschiedener Artefakte zur Arbeit mit Würfelbauwerken, die jedoch auch einzeln im Unterricht Verwendung finden können: Holzwürfel in einer Schattenbox (z. B. Pöhls, 2015), die iPad-App *Klötzchen* (Etzold, 2021) und die Virtual-Reality-Anwendung *CubelingVR* (Florian, 2021). Wir sprechen im Folgenden von *Artefakten* statt von *Werkzeugen* und möchten damit verdeutlichen, dass es sich um künstlich geschaffene Hilfsmittel handelt, die erst mit ihrem zielgerichteten Einsatz im Mathematikunterricht die Rolle eines Werkzeugs für die Schülerinnen und Schüler übernehmen (Rabardel, 2002).

2.1 Klötzchen

Die App *Klötzchen* (Etzold, 2021) ermöglicht eine simultane Darstellung verschiedener Repräsentationen eines Würfelbauwerks auf einem iPad: 3D-Ansicht, Bauplan, Zwei-/Dreitafelbild, Schrägbilder und eine Programmierumgebung. Wird in der 3D-Ansicht oder im Bauplan ein Würfelgebäude erstellt, so ändern sich entsprechend und unmittelbar die anderen Ansichten. Über

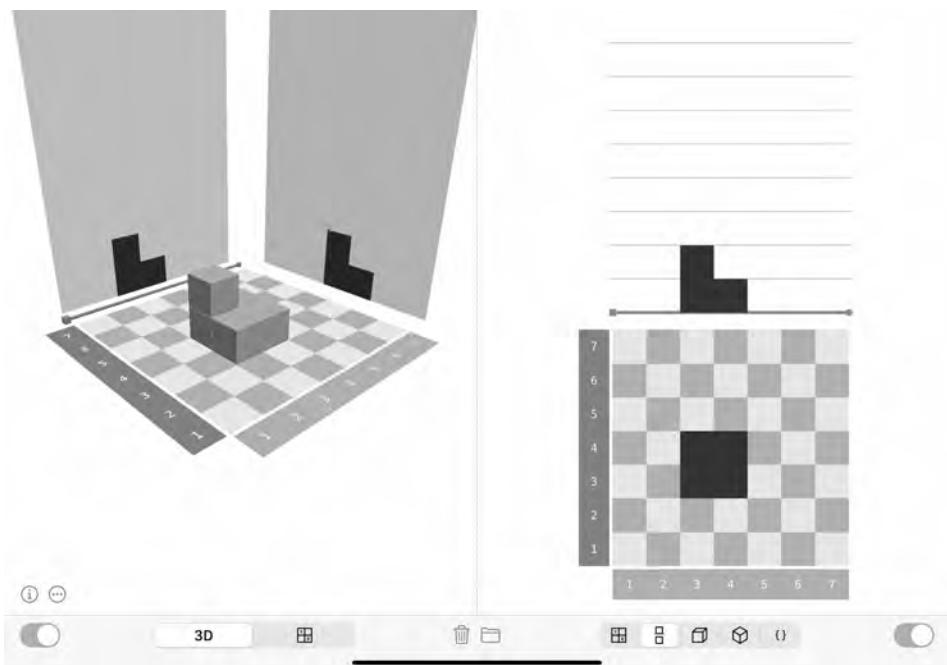


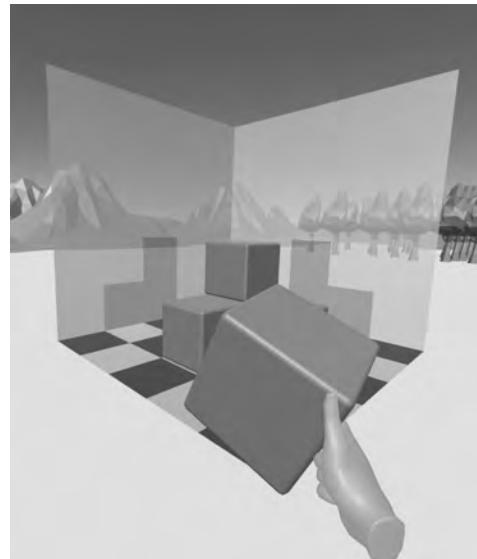
Abbildung 1: *Klötzchen*-App

verschiedene Einstellungen kann die Darstellung angepasst werden, bspw. indem Wände eingeblendet werden, auf denen die Schattenprojektionen der gebauten Würfel zu sehen sind. Gegenüber realen Materialien bietet das digitale Werkzeug hier z. B. die Möglichkeit, durch die semitransparenten Wände hindurchsehen und -bauen zu können.

2.2 CubelingVR

CubelingVR ist eine Anwendung, die für den Einsatz mit einer Virtual-Reality-Brille entwickelt wurde (Florian, 2021; Florian & Kortenkamp, im Druck). Mithilfe der VR-Brille können sich Lernende immersiv in einer computergenerierten, dreidimensionalen Welt bewegen. Immersion beschreibt dabei den Grad an Realitätsillusion, den technische Geräte wie eine VR-Brille und Controller erreichen (Jerald, 2016, S. 45 f.). In *CubelingVR* können die Schülerinnen und Schüler mithilfe von Controllern Würfel erschaffen, um Würfelgebäude zu bauen und zugleich deren Schatten zu untersuchen (Florian & Etzold, 2021b). Wie bei *Klötzchen* können die Lernenden durch semitransparente Wände hindurch mit den Würfeln interagieren. Sobald in *CubelingVR* ein Würfel auf dem Schachbrett bewegt wird, verändert sich simultan auch dessen Schatten. Dabei wird der Schatten an die Position der Wand projiziert, die die potenziell nächste

Abbildung 2: CubelingVR im freien Baumodus



Würfelposition im Raster abbildet. Durch die Virtualität können den Lernenden so Interaktionen ermöglicht werden, die in der physischen Schattenbox nicht möglich sind.

2.3 Würfelbauwerke – didaktische und tätigkeitstheoretische Einordnung

Nach Krauthausen (2012, S. 226f.) entsteht gerade aus der Verknüpfung zwischen Handlungen im realen und virtuellen Raum und einem Wechsel zwischen Zwei- und Dreidimensionalem ein großes Potenzial für die Entwicklung von Raumvorstellung. Deshalb liegt der Fokus in unserer Forschung insbesondere auf der vergleichenden Betrachtung der verschiedenen Artefakte und darauf, in welchen Fällen Wechsel zwischen den Artefakten in multimedialen Lernumgebungen sinnvoll sind.

Unter einer *multimedialen Lernumgebung* verstehen wir ein Unterrichtssetting, in dem Schülerinnen und Schüler eine (problemhaltige) Aufgabe mit einem oder mehreren Artefakten bearbeiten. Die Auswahl der Artefakte übernehmen dabei idealerweise die Lernenden zielgerichtet selbst – je nach Passung zu ihren individuellen Präferenzen und Fähigkeiten (Roth, 2019, S. 240f.). Grundsätzlich müssen alle angebotenen Artefakte hilfreich sein, um das Lösen der Aufgabe zu unterstützen.

2.3.1 Vergleich der Raumvorstellungsstrategien

Es ist davon auszugehen, dass sich die unterschiedliche Gestaltung der Artefakte auf die Nutzung der Raumvorstellungsstrategien auswirkt. Untersuchungen legen nahe, dass Zusammenhänge zwischen Raumvorstellung und Interaktionen in VR und AR bestehen (Dünser et al., 2006; Lages & Bowman, 2018). Diese lassen sich mit vielfältigen mathematikdidaktischen Studien zu Raumvorstellungsstrategien von Lernenden verbinden (Maier, 1999; Plath, 2013), insbesondere beim Arbeiten mit Würfelbauwerken (Grüßing, 2002; Maresch, 2015).

Wir konzentrieren uns im Folgenden auf das Strategienpaar *move-object* und *move-self*, da hier die Unterschiede zwischen den Artefakten besonders deutlich werden. *Move-object* beschreibt, dass zum Lösen eines Raumvorstellungsproblems das Objekt – z. B. das Würfelbauwerk – real oder mental bewegt wird, während sich bei einer *move-self*-Strategie die Person selbst gedanklich oder physisch um das Objekt herumbewegt (Maresch, 2015, S. 3). In *CubelingVR* werden Lernende derzeit vor allem bei der Anwendung einer *move-self*-Strategie unterstützt, weil sie das Würfelbauwerk nicht drehen oder bewegen können. Sie könnten Objekte zwar *mental* rotieren – allerdings bietet die Umgebung hierfür keine *externalisierten* Interaktionsmöglichkeiten. In *Klötzchen* wiederum können die Lernenden ausschließlich das Objekt auf dem Tablet-Bildschirm drehen. Bei Würfelgebäuden mit physischen Holzwürfeln in der Schattenbox können beide Strategien unterstützt werden. Die Anwendung der Strategien führt bei verschiedenen Raumvorstellungsproblemen zu unterschiedlichem Erfolg (Schultz, 1991, S. 487ff.): Die *move-object*-Strategie unterstützt mentale Rotationsaufgaben, die *move-self*-Strategie ist bei räumlichen Orientierungsaufgaben hilfreich. Beide Strategien sollten demnach bei Lernenden gefördert werden, um einen flexiblen Einsatz zu ermöglichen.

2.3.2 Vergleich der Handlungen und Operationen

Handlungen werden in den verschiedenen Artefakten unterschiedlich realisiert. Um einen *Holzwürfel* an einer bestimmten Stelle zu positionieren, muss er aufgenommen, an die korrekte Position bewegt und an dieser abgelegt werden. In der *Klötzchen*-App tippt man auf das Feld, auf dem der Würfel positioniert werden soll. In *CubelingVR* erzeugt man mithilfe eines Knopfdrucks den Würfel, bewegt ihn zur gewünschten Position und legt ihn durch erneuten Knopfdruck ab.

Die Unterscheidung von Interaktionen in zielgerichtete *Handlungen* und durch instrumentelle Zwänge bedingte *Operationen* (Leontjew, 1987, S. 103ff.) ist aus unserer Sicht hilfreich dafür, die Artefakte vergleichend zu analysieren

und den Lernprozess zu beschreiben. Gemäß der Tätigkeitstheorie werden im Laufe des Lernprozesses Handlungen (die ein Ziel verfolgen) *verinnerlicht* und stehen anschließend als (automatisierte) Operationen zur Verfügung, sodass darauf komplexere Handlungen aufgebaut werden können (Leontjew, 1987, S. 107). Im Kontext des Würfelbauens haben wir hierzu, zunächst auf theoretischer Ebene, drei aufeinander aufbauende Handlungsqualitäten identifiziert und mithilfe ihrer Realisierungen in den drei Artefakten beschrieben (Florian & Etzold, 2021a, S. 22ff.): Die *Umgangshandlungen* beschreiben dabei, wie mit Würfeln grundsätzlich interagiert werden kann. *Bauhandlungen* ermöglichen entsprechende Bauprozesse in einer (realen oder virtuellen) Schattenbox und durch *Übersetzungshandlungen* vergleichen die Schülerinnen und Schüler bspw. Würfelgebäude und deren Schatten. Das vollständige Handlungsspektrum kann Tabelle 1 entnommen werden.

Eine *Umgangshandlung* wird im Lernprozess zu einer *Umgangsoperation*, worauf aufbauend *Bauhandlungen* möglich sind. Sind diese zu *Bauoperationen* geworden, können *Übersetzungshandlungen* durchgeführt werden. Inwieweit diese theoretischen Überlegungen in der tatsächlichen Lerntätigkeit mit Würfelbauwerken tragfähig sind, wird zentraler Bestandteil der Auswertung unserer empirischen Untersuchung sein.

Die Kategorisierungen der Handlungen bzw. Operationen ist weiterhin hilfreich, um *Hürden* im Lernprozess zu beschreiben und ihre Ursachen zu identifizieren. Insbesondere kann auf diese Weise festgestellt werden, ob die Ursache für Hürden in der Gestaltung der Anwendungen (*artefaktbasierte Hürden*) oder im (technischen) Gerät selbst und damit außerhalb des mathematischen Kontextes liegt (*gerätebasierte Hürden*). So ist es bspw. in einer Schattenbox in der Realität kaum möglich, auf beiden Wänden echte Schatten durch paralleles Licht zu erzeugen (artefaktbasiert). Wenn dagegen die Lampe für die Schattenbox ausfällt, hat dies technische oder materielle Ursachen (gerätebasiert).

2.4 Ableitung der Forschungsfrage

Die Analyse der Grenzen, Zwänge und Möglichkeiten von Artefakten zum Bauen von Würfelbauwerken scheint ein gewinnbringender Ansatz zu sein, multimediale Lernumgebungen zu gestalten und ihr Potenzial zu erforschen. Da jedoch die von uns verwendeten Artefakte nicht spezifisch für multimediale Settings entwickelt wurden, ergibt sich als Forschungsfrage: *Welche Grenzen, Zwänge und Möglichkeiten sollten einzelne Artefakte in multimedialen Lernumgebungen zum Bauen von Würfelbauwerken aufweisen und welche Entscheidungsgrundlagen gibt es dafür?*

Im Lernprozess auftretende Hürden sind dabei von besonderer Bedeutung. Langfristiges Ziel ist zu erforschen, wie Artefakte gestaltet sein sollten, um eine selbstständige Artefaktwahl durch Lernende zu ermöglichen.

3. Methodik

Um unsere Fragestellungen auf der Schnittstelle zwischen Forschungs- und Entwicklungsprozessen untersuchen zu können, bedienen wir uns eines Design-Based-Research-Ansatzes. In mehreren Design-, Erprobungs- und Evaluationszyklen (s. Abb. 3, Zyklen 0 bis 3) werden die Artefakte weiterentwickelt und lokale Theorien generiert, die den Einsatz multimedialer Lernumgebungen beschreiben.

Die Theoriebildung erfolgt dabei auf drei Ebenen: (A) Weiterentwicklung der *Systematik* zu Handlungen an Würfelbauwerken; (B) Generierung von *Entscheidungsgrundlagen* für Grenzen, Zwänge und Möglichkeiten bei der Entwicklung von Artefakten für multimediale Lernumgebungen; (C) Weiterentwicklung tätigkeitstheoretischer *Modelle* in Hinblick auf multimediale Lernumgebungen.

Als Praxisdesiderate verfolgen wir die Weiterentwicklung der Artefakte, die Gestaltung der multimedialen Lernumgebung sowie entsprechende Handreichungen für Lehrkräfte.

Die folgende Untersuchung entspricht Zyklus 1 (s. Abb. 3), zu dessen Beginn die (teils prototypischen) Artefakte und eine erste Theoriegenerierung zu Würfelinteraktionen zur Verfügung stehen. Die Untersuchung dient zum einen der weiteren Theoriegenerierung (A) in Hinblick auf die vorgestellte Systematik zu Umgangs-, Bau- und Übersetzungshandlungen. Zum anderen dient sie der ersten Erprobung und Weiterentwicklung der jeweiligen Artefakte. Insbesondere in Hinblick auf die Untersuchung der *selbstständigen* Artefaktwahl in (multimedialen) Lernumgebungen ist von Bedeutung, dass keine geräte- und artefaktbasierten Hürden der gleichberechtigten Nutzung der Artefakte im Wege stehen. Diese Erkenntnis zeigte sich bereits in einem ersten Testlauf der Methodik im Dezember 2020, in dem verstärkt gerätebasierte Hürden mit der VR-Technologie auftraten, die dann die selbstständige Wahl der Versuchsperson beeinflussten.

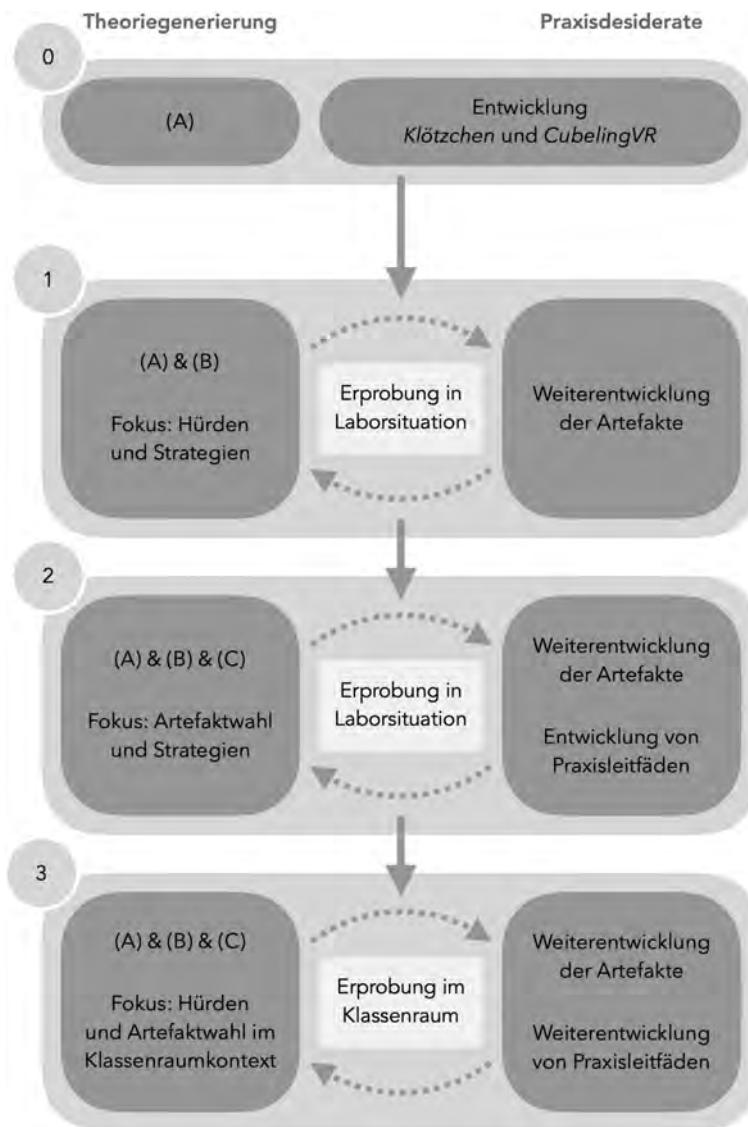


Abbildung 3: Designzyklen

3.1 Untersuchungsvorgehen, Datenaufnahme und -aufbereitung

Untersucht werden sechs Kinder der 5. Jahrgangsstufe aus drei verschiedenen Klassen eines Schulzentrums mit Primar- und integrierter Sekundarstufe I. Die Kinder verfügen nach Aussage der Lehrkräfte über keinerlei Erfahrungen mit der Schattenbox bzw. den digitalen Artefakten aus dem Mathematikunterricht, kennen aber Würfelbauwerke und deren Darstellung aus der Primarstufe. Die

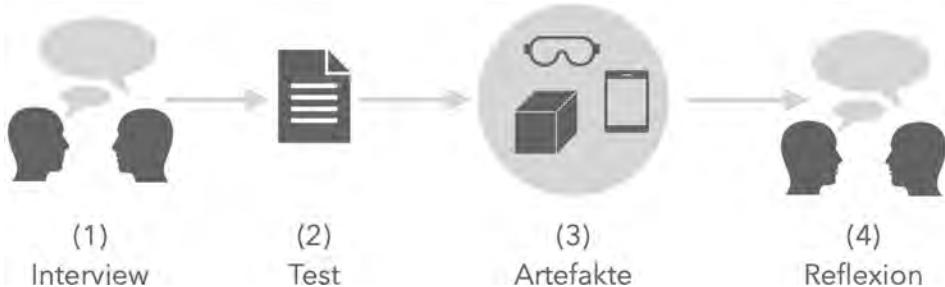


Abbildung 4: Untersuchungsplan der Pilotierung

Untersuchung findet in einem gesonderten Raum der Schule mit jeweils einer einzelnen Versuchsperson statt.

- (1) Im ersten Schritt wird ein leitfadengestütztes Interview zu den Vorerfahrungen mit Bauhandlungen in Schule und Alltag, den Artefakten und den technischen Geräten sowie allgemein zum Geometrieunterricht geführt. Dieses Interview kann für spätere Analysen herangezogen werden.
 - (2) Die zweite Phase besteht aus einem Test zu den Raumvorstellungsstrategien der Lernenden. Hierüber soll identifiziert werden, welche Strategiepräferenz besteht und inwieweit sich diese im weiteren Verlauf auf die Artefaktnutzung auswirkt. Entsprechende Erkenntnisse können später in die Gestaltung der Artefakte, Lernumgebungen und Hilfestellungen für Lehrkräfte einfließen, insbesondere hinsichtlich einer erfolgreichen bzw. hürdenarmen Verwendung der Artefakte. Bei der Auswahl der Test-Items durch Cathleen Heil (2021, S. 416ff.) wurde der Fokus auf Items gelegt, die Rückschlüsse auf das Strategienpaar *move-object* und *move-self* zulassen. Nach jeder Aufgabe wird die Versuchsperson angeregt, ihre Strategiewahl zu reflektieren.
 - (3) Das Kernstück der Untersuchung ist die Arbeit mit den drei Artefakten. In verschiedenen Aufgaben wird die Versuchsperson an die Artefakte herangeführt. Die Aufgaben werden in leicht abgewandelter Form in jedem Artefakt und in ähnlichem Umfang bearbeitet, um bei der Analyse die Handlungen vergleichen zu können. So sollen gezielt Erkenntnisse zur Beziehung zwischen den Lernenden und den verschiedenen Artefakten in einem vergleichbaren mathematischen Kontext gesammelt werden. Die Versuchsperson wird (a) ein komplexes Würfelbauwerk, das als physisches, geklebtes Holzwürfelbauwerk vorliegt, in den verschiedenen Artefakten nachbauen; (b) schattenerhaltende Veränderungen an den Würfelbauwerken vornehmen: „Nimm einen Würfel weg, sodass der Schatten

- gleichbleibt.‘; (c) Würfelaufbauer ergänzen, sodass sie einen zusammenhängenden Schatten werfen; (d) ein Würfelaufbauwerk frei bauen; (e) die Anzahl von Würfeln in einem Würfelaufbauwerk bestimmen. Während der Bearbeitung steht die Versuchsleitung als Ansprechperson zur Verfügung und stellt zuvor festgelegte Impulsfragen, wie z. B. ‚Wie könntest du überprüfen, dass der Schatten richtig ist?‘.
- (4) Den Abschluss bildet ein Reflexionsgespräch mit der Versuchsperson, in dem sie zu einem Vergleich der Artefakte angeregt wird. Dies ermöglicht uns durch die Analyse von Unterschieden und etwaigen Schwierigkeiten Rückschlüsse auf Grenzen, Zwänge, Möglichkeiten und insbesondere artefaktbasierte Hürden.

Während der Untersuchung werden Video- und Audioaufnahmen angefertigt. Die Kameraaufzeichnung erfolgt von oben und von vorn für etwaige Körper- und Materialbewegungen. Weiterhin werden der Bildschirm des iPads und die Inhalte der VR-Brille aufgenommen. Die Audioaufnahmen werden anschließend transkribiert, die beiden Kameraeinstellungen und die Bildschirm- bzw. Brillenaufzeichnungen werden in ein Bild-in-Bild-Video zusammengefasst.

3.2 Qualitative Analyse der Interaktionen

Für die Darstellung erster Beobachtungen konzentrieren wir uns an dieser Stelle auf die Analyse der Handlungen in den Phasen (3) und (4) mit dem Ziel der Theorieentwicklung (A) hinsichtlich der Handlungshierarchie. Dabei nehmen wir eine qualitative Inhaltsanalyse vor, um die Handlungen zu *strukturieren* und Besonderheiten in den Artefakten zu *explizieren* (Mayring, 1996, S. 92). Die Tabellen 1 bis 4 zeigen das Kategoriensystem der deduktiven Codierung, das wir aus tätigkeitstheoretischer Perspektive abgeleitet haben. Bei den *Hürden* und *Würfelaufbauten* erwarten wir Besonderheiten in den einzelnen Artefakten, weshalb diese Kategorien induktiv ausgeschärft werden. Die Ankerbeispiele der Würfelaufbauten lassen sich aus den für die Realisierung der Handlung benötigten Operationen (Florian & Etzold, 2021a, S. 22ff.) ableiten. Dabei kann ein Vorgang z. B. gleichzeitig die Bauhandlung ‚Würfel an Position setzen‘ und die dafür notwendige Umgangshandlung (bzw. -operation) ‚Würfel ablegen‘ beinhalten – die *Zielgerichtetheit* der Interaktion bestimmt darüber, als welche Würfelaufbauaktion die Handlung codiert wird.

Die Codierung erfolgt direkt im aufbereiteten Bild-in-Bild-Video vom Beginn bis zum Ende der jeweiligen Interaktion.

Tabelle 1: Kategoriensystem zu den Würfelinteraktionen

Würfel-interaktionen	Definition	Ankerbeispiel
Umgangshandlung/-operation		
<i>Codierregel:</i> Ziel liegt in der Interaktion mit dem Würfel.		
Würfel aufnehmen	Würfel wird von Boden/Tisch aufgenommen	Würfel wird angefasst und Hand gehoben [Holzwürfel]
Würfel erschaffen	Würfel wird neu kreiert	entsprechender Knopf wird gedrückt [CubelingVR]
Würfel zielgerichtet im Raum bewegen	Würfel wird in eine bestimmte Richtung bewegt	in Hand gehaltener Würfel wird in eine bestimmte Richtung bewegt [Holzwürfel] <i>Codierregel:</i> Nicht in diese Kategorie fallen „willkürliche“ Bewegungen oder z. B. das Fallenlassen eines Würfels.
Würfel ablegen	Würfel wird auf Boden/Tisch oder anderen Würfel gelegt	Würfel wird an eine Stelle bewegt und Knopf wird gedrückt [CubelingVR]
Ansicht verändern	Situation wird derart verändert, dass das Würfelgebäude aus einer anderen Perspektive betrachtet werden kann	3D-Ansicht wird mit einem Finger verschoben [Klötzchen]
Bauhandlung/-operation		
<i>Codierregel:</i> Ziel liegt im Bauprozess des Würfelgebäudes.		
Würfel an Position setzen	Würfel wird auf Schachbrettfeld oder auf anderen Würfel gesetzt	Würfel wird zielgerichtet auf einem Schachbrettfeld abgelegt [Holzwürfel/CubelingVR]
Würfel von Position entfernen	Würfel wird aus dem Würfelbauwerk entfernt	Würfel wird lange berührt [Klötzchen]
Würfelposition verändern	Würfel wird von einer Stelle des Würfelbauwerks an eine andere gesetzt	Würfel wird aufgenommen und an andere Position gesetzt [Holzwürfel]
Übersetzungshandlung		
<i>Codierregel:</i> Ziel liegt in der Interpretation von Schatten und Würfelgebäude.		
Bauwerk ändern → Schatten ändern	Schatten wird durch Manipulation des Würfelbauwerks verändert	Würfel wird umgesetzt und Auswirkung auf Schatten beobachtet
Schatten gegeben → Bauwerk erzeugen	zu vorgegebenem Schatten wird Würfelbauwerk gebaut	Schatten wird betrachtet und entsprechende Würfel werden an Position gesetzt
Bauwerk gegeben → Schatten erzeugen	zu existierendem Würfelbauwerk wird ein Schattenbild erzeugt	zu gegebenem Bauwerk wird Dreitafelbild gezeichnet
Bauwerk bei bleibendem Schatten ändern	es werden schattenerhaltende Veränderungen an Würfelbauwerken vorgenommen	es wird ein Würfel so entfernt, dass der Schatten gleich bleibt

Tabelle 2: Kategoriensystem zum verwendeten Artefakt

verwendetes Artefakt	Definition / Ankerbeispiel
Holzwürfel / Klötzchen / CubelingVR	Schüler:in verwendet das Artefakt oder verweist bei Erläuterungen darauf.

Tabelle 3: Kategoriensystem zur Art der Hürde

Art der Hürde	Definition	Ankerbeispiel
Artefaktbasiert	Hürde im Lernprozess aufgrund der Gestaltung des Artefakts	Schüler:in muss verrutschende Holzwürfel nachjustieren
Gerätebasiert	Hürde im Lernprozess aufgrund gerätebasierter Ursachen unabhängig vom mathematischen Kontext	VR-Brille zeigt kein Bild an.

Tabelle 4: Kategoriensystem zur Raumvorstellungsstrategie

Raumvorstellungsstrategie	Definition	Ankerbeispiel
move object	Schüler:in bewegt Objekt oder beschreibt, wie Objekt gedanklich bewegt wird	geleimtes Würfelbauwerk wird als Ganzes gedreht [Holzwürfel]
move self	Schüler:in bewegt sich selbst oder beschreibt, wie er/sie sich selbst bewegt	Schüler:in läuft um Würfelbauwerk herum [CubelingVR]

4. Erste Beobachtungen

4.1 Theoriegenerierung: Validierung und Weiterentwicklung des Kategoriensystems

Das Kategoriensystem der Umgangs-, Bau- und Übersetzungshandlungen erweist sich mehrheitlich als nützlich, gleichzeitig werden aber auch grundsätzliche Weiterentwicklungen deutlich:

Die Entwicklung von Umgangshandlungen zu Operationen, mithilfe derer Bauhandlungen durchgeführt werden, kann empirisch nachgewiesen werden. Insbesondere beim Setzen eines Würfels an eine Position mit *CubelingVR* zeigt die zeitliche Abfolge diese Entwicklung (von anfangs 7,3 s zu 1,4 s). In der *Klötzchen*-App baut die entsprechende Bauhandlung auf die einfache Operation ‚Feld antippen‘ auf. Dies zeigt sich in einer deutlich kürzeren Zeitspanne, in der die Bauwerke erfolgreich gebaut werden (8,3 s für 9 Würfel in *Klötzchen* und 32,1 s für 7 Würfel in *CubelingVR*). Diese Beobachtungen deuten darauf hin, dass die Kategorien geeignet sind, die Handlungsunterschiede in den Artefakten zu beschreiben und ihre Besonderheiten zu begründen.

Für einige Handlungen zeigen sich Unterkategorien, die spezifisch für bestimmte Artefakte sind. So wird z. B. bei den Holzwürfeln eine Bauhandlung ‚Würfel an Position schieben‘ beobachtet. Diese ist in den digitalen Anwendungen nicht implementiert – auch kann nicht beobachtet werden, dass eine derartige Handlung in den beiden Artefakten intendiert wird. Die Umgangshandlung ‚Ansicht verändern‘ dagegen wird in den Artefakten unterschiedlich realisiert und entsprechend genutzt. Beobachtet werden die Subkategorien, dass das ‚Würfelgebäude bewegt‘ und sich ‚um das Gebäude herumbewegt‘ wird – passend zu den Raumvorstellungsstrategien *move-object* und *move-self*. Entsprechend kann das Kategoriensystem erweitert werden. Gleichzeitig ergibt sich die Frage, inwieweit derartige Handlungen in den anderen Artefakten wünschenswert wären und wie diese dann realisiert werden könnten.

Über die bisherigen Handlungskategorien hinaus können *Validierungshandlungen* beobachtet werden, die möglicherweise einen Abgleich von mentalem und physischem Modell darstellen. Validierungshandlungen treten auf, wenn die Versuchspersonen ihre eigenen Bau- oder Übersetzungshandlungen überprüfen, sind meist mit einer zeitlichen Verzögerung verbunden und bedürfen häufig der Umgangshandlung ‚Ansicht verändern‘.

Die Weiterentwicklung der Hierarchie der Würfelinteraktionen (Abb. 5) kann insbesondere für Diagnosezwecke hilfreich sein, um genauer die Zusammenhänge der einzelnen Handlungskategorien zu verstehen. Dies wird auch in die Entwicklung der Handreichungen für Lehrkräfte einfließen.

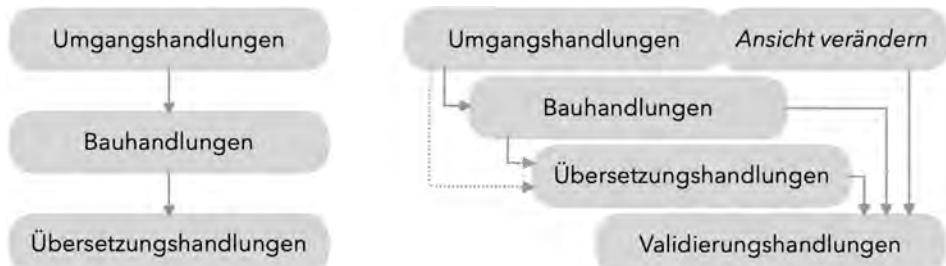


Abbildung 5: Hierarchie der Würfelinteraktionen vor (links) und nach der Pilotierung (rechts)

4.2 Praxisdesiderate: Erste Rückschlüsse auf Artefaktgestaltung

In der Pilotierung können Grenzen, Zwänge und Möglichkeiten einzelner Artefakte beobachtet werden, die in besonderem Maße nützlich sind, die Aufgaben erfolgreich zu lösen bzw. zu überprüfen. Die Möglichkeit, Würfelgebäude durch die semitransparenten Wände hindurch zu betrachten und zu bauen, wird insbesondere bei Validierungshandlungen in der *Klötzchen*-App genutzt.

In *CubelingVR* sind Validierungshandlungen besonders stark externalisiert (und damit gut beobachtbar), da aufgrund der Gestaltung der Umgebung eine größere Bewegung des eigenen Körpers nötig ist. Bei den Holzwürfeln können geleimte Würfelbauwerke besonders gut im Raum bewegt werden, was sich ebenfalls als hilfreich für Validierungshandlungen zeigt.

All diese artefaktspezifischen Grenzen, Zwänge und Möglichkeiten beziehen sich auf Validierungshandlungen und hängen eng mit einer der beiden Raumvorstellungsstrategien *move-self* und *move-object* zusammen. Sollte das Potenzial für Validierungshandlungen einen Einfluss auf die Artefaktwahl haben, spielen also die von den jeweiligen Artefakten unterstützten Raumvorstellungsstrategien eine wesentliche Rolle für die selbstständige Artefaktwahl. Dies wird die Gestaltung der multimedialen Lernumgebung beeinflussen.

5. Ausblick

Im Rahmen der Pilotierung hat es sich als sinnvoll erwiesen, die artefakt- und gerätebasierten Hürden zu identifizieren, um die Artefakte und ihren Einsatz weiterzuentwickeln. Durch eine transparente Darstellung unserer Herangehensweise zur Artefaktentwicklung wollen wir die Methodik zum Diskurs stellen, eine Übertragbarkeit ermöglichen und daraus Rückschlüsse für unsere weitere Forschung ziehen. Darüber hinaus erhoffen wir uns, durch die Verknüpfung der beobachteten Handlungen mit den Raumvorstellungsstrategien Rückschlüsse auf den Einsatz der Artefakte in multimedialen Lernumgebungen ziehen zu können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass wir lediglich das räumliche Verhalten der Versuchspersonen beobachten und basierend auf tätigkeits-theoretischen Überlegungen und den genutzten Raumvorstellungsstrategien schlussfolgern.

In Zukunft möchten wir außerdem Fragen zu etwaigen Folgen für die Unterrichtspraxis aufwerfen, beispielsweise: Wie können Lehrkräfte für verschiedene Hürden und mögliche Raumvorstellungsstrategien sensibilisiert werden, um Schwierigkeiten der Lernenden zu erkennen und passende Hilfestellungen geben zu können? Grundlage hierfür ist die Entwicklung von Aufgabenformaten für multimediale Lernumgebungen, die u. a. die Strategienwahl in den verschiedenen Artefakten berücksichtigen. Ziel ist, übertragbare Erkenntnisse zu Lernumgebungen zu sammeln, in denen Lernende selbstgesteuert die Auswahl eines oder mehrerer Artefakte vornehmen.

Literatur

- Aßmus, D. & Fritzlar, T. (2019). Building 3D shapes from side views and shadows – an interview study with primary school students. In M. Graven, H. Venkat, A. A. Essien & P. Vale (Hrsg.), *Proceedings of the 43nd Conference of the international Group for the Psychology of Mathematics Education* (Bd. 2, S. 49–56).
- Dünser, A., Steinbügel, K., Kaufmann, H. & Glück, J. (2006). Virtual and augmented reality as spatial ability training tools. *Proceedings of the 6th ACM SIGCHI New Zealand Chapter's International Conference on Computer-Human Interaction Design Centered HCI – CHINZ '06*, 125–132. <https://doi.org/10.1145/1152760.1152776>
- Etzold, H. (2021). *Klötzchen* (7.1) [App]. <https://apps.apple.com/de/app/klötzchen/id1027746349>
- Florian, L. (2021). *CubelingVR* (1.0) [Software]. <https://sidequestvr.com/app/2626/cubelingvr>
- Florian, L. & Etzold, H. (2021a). Würfel mit digitalen Medien – Wo führt das noch hin? Ein Tätigkeitstheoretischer Blick auf Würfelhandlungen. In A. Pilgrim, M. Nolte & T. Huhmann (Hrsg.), *Mathematik treiben mit Grundschulkindern – Konzepte statt Rezepte. Festschrift für Günter Krauthausen* (Bd. 7, S. 17–29). WTM. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871624.0.02>
- Florian, L. & Etzold, H. (2021b). Würfel stapeln – Real und virtuell. *mathematik lehren*, 228, 11–13.
- Florian, L. & Kortenkamp, U. (im Druck). Virtuelle Welten im Mathematikunterricht – Lernumgebungen in erweiterter Realität. In G. Pinkernell, F. Reinhold, F. Schacht & D. Walter (Hrsg.), *Digitales Lehren und Lernen von Mathematik in der Schule*. Springer.
- Grüßing, M. (2002). Wieviel Raumvorstellung braucht man für Raumvorstellungsaufgaben? *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 34(2), 37–45. <https://doi.org/10.1007/BF02655702>
- Heil, C. (2021). *The Impact of Scale on Children's Spatial Thought A Quantitative Study for Two Settings in Geometry Education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32648-7>
- Jerald, J. (2016). *The VR book: Human-centered design for virtual reality*. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2897826.2927320>
- Krauthausen, G. (2012). *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule*. Spektrum Akademischer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2277-4>
- Lages, W. S. & Bowman, D. A. (2018). Move the Object or Move Myself? Walking vs. Manipulation for the Examination of 3D Scientific Data. *Frontiers in ICT*, 5. <https://doi.org/10.3389/fict.2018.00015>
- Leontjew, A. N. (1987). *Tätigkeit, Bewußtsein, Persönlichkeit* (3. Aufl.). Volk und Wissen.

- Maier, P. H. (1999). *Räumliches Vorstellungsvermögen. Ein theoretischer Abrifß des Phänomens räumliches Vorstellungsvermögen. Mit didaktischen Hinweisen für den Unterricht*. Auer Verlag.
- Maresch, G. (2015). Wie kann die Raumintelligenz gefördert werden? Faktoren, Strategien und geschlechtsspezifische Befunde. *Mathematik im Unterricht*, 6, 36–56.
- Mayring, P. (1996). *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. Beltz Verlag.
- Plath, M. (2013). Vielfältige Lösungsstrategien von Kindern bei Aufgaben zum räumlichen Denken. *mathematica didactica*, 36, 214–241.
- Pöhls, A. (2015). Bauen in der Schattenbox. Welches Würfelgebäude wirft diese Schatten? *Grundschule Mathematik*, 45, 22–25.
- Rabardel, P. (2002). *People and technology: A cognitive approach to contemporary instruments*. (Bd. 8). Université paris 8.
- Roth, J. (2019). Digitale Werkzeuge im Mathematikunterricht – Konzepte, empirische Ergebnisse und Desiderate. In A. Büchter, M. Glade, R. Herold-Blasius, M. Klinger, F. Schacht & P. Scherer (Hrsg.), *Vielfältige Zugänge zum Mathematikunterricht: Konzepte und Beispiele aus Forschung und Praxis* (S. 233–248). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24292-3_17
- Schultz, K. (1991). The contribution of solution strategy to spatial performance. *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie*, 45(4), 474–491. <https://doi.org/10.1037/h0084301>
- Thurm, D. (2020). *Digitale Werkzeuge im Mathematikunterricht integrieren: Zur Rolle von Lehrerüberzeugungen und der Wirksamkeit von Fortbildungen*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-28695-8>
- van Randenborgh, C. (2015). *Instrumente der Wissensvermittlung im Mathematikunterricht*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-07291-9>

Einsatz von Erklärvideos im Mathematikunterricht der Grundschule

Ein möglicher Zugang mit digitalen Pinnwänden

Abstract

Neben der Entwicklung inhaltsbezogener Kompetenzen ist die Förderung prozessbezogener Kompetenzen (wie z. B. Argumentieren) ein wesentlicher Bestandteil des Mathematikunterrichts in der Grundschule. Um diese Kompetenzen zu fördern, eignen sich u. a. substanzielle Aufgabenformate im Bereich der Arithmetik wie zum Beispiel Zahlenmauern. Lernvideos bieten Lernenden hier einen Ansatz zur aktiven Entdeckung und sprechen im Gegensatz zu anderen Materialien verschiedene Rezeptionskanäle an. In diesem Kapitel werden grundsätzliche konzeptionelle Ideen bei der Erstellung der Lernvideos sowie eine mögliche Einbettung in digitale Pinnwände für den Einsatz im Unterricht vorgestellt.

1. Einleitung

Der Einsatz von Videos oder Filmen im schulischen Kontext hat bereits eine lange Tradition (siehe z. B. in Tulodziecki, 2020). Da die Erstellung, Bearbeitung und Bereitstellung früher noch sehr aufwendig war, wurden solche Filme (i. d. R.) durch professionelles Personal erdacht und umgesetzt. Mit dem Aufkommen diverser Internetvideoportale und der stetigen technischen Weiterentwicklung wurde die Videoerstellung und -bereitstellung technisch entlastet. In diesem Kontext wurden auch andere Berufsgruppen befähigt, Videos für ihr Interessengebiet und somit für eine breite Masse zu erstellen, sodass aktuell eine Vielzahl an Videos auf Onlineplattformen (z. B. YouTube) existieren (Feierabend et al., 2017; Rink & Walter, 2020). Diese werden von Schülerinnen und Schülern allerdings vornehmlich für die unterrichtliche Vor- bzw. Nachbereitung und nicht primär für die Integration in unterrichtliche Tätigkeiten genutzt (Schaumburg et al., 2019). Lernvideos sprechen unterschiedliche Rezeptionskanäle an und ermöglichen einen leicht umsetzbaren Wechsel

zwischen Repräsentationsebenen durch Animationen. Darüber hinaus können Lernvideos an das (Lern-) Tempo der Lernenden angepasst und Erklärungen beliebig oft wiederholt werden.

Im Rahmen des PIKAS-Projekts¹ wurden beispielsweise Lernvideos entwickelt, um Kinder zu Erkundungen in Lernumgebungen zu substanziellen Aufgabenformaten wie Zahlenmauern, Zahlenketten und Entdeckerpäckchen zu führen und weitere Erkundungen anzuregen.

In diesem Beitrag stellen wir unsere grundsätzlichen konzeptionellen Ideen sowie grundlegende Aspekte und Ideen aus medien- und fachdidaktischer Sichtweise vor und geben exemplarisch Einblicke in spezifische Lernvideos, die im Rahmen des PIKAS-Projekts entstanden sind.

2. Erklärvideos als Lernvideos

Da es aktuell noch keine einheitliche Begriffsbestimmung über verschiedene Arten von Videos oder Filmen für den schulischen Kontext gibt, werden häufig Begriffe intuitiv synonym benutzt (Borromeo Ferri & Szostek, 2020, S. 153). Deshalb wurde im Rahmen des Projektes PIKAS der Versuch unternommen, eine mögliche Kategorisierung für diverse Arten von Videos zu erstellen, die für den Einsatz im Unterricht genutzt werden können, um die Diskussion über diesen Gegenstand greifbarer zu machen. Lernvideos werden in unserem Kontext als übergeordnete Kategorie gesehen. In diesem Kapitel beziehen wir uns explizit nicht auf Videos, die von Schülerinnen und Schülern erstellt werden, sondern auf Videos, die von Lehrerpersonen für die Gestaltung von Unterricht angeboten werden, wenngleich wir ersteres als spannendes Feld sehen, zu dem bereits interessante Forschungsergebnisse vorliegen (Kearney & Schuck, 2004; Morgan 2013). Unter einem Lernvideo (aus der Perspektive der Mathematikdidaktik) sollen daher Videos verstanden werden, die *zu einer aktiven Auseinandersetzung mit gehaltvollen (mathematischen) Themen anregen und diese initiieren*.

Die vermeintlich populärste Lernvideoart machen dabei vermutlich *Erklärvideos* aus (Rink & Walter 2020, S. 69; Schöttler, 2020, S. 837). Unter einem Erklärvideo sollen in Anlehnung an Wolf (2015) Filme verstanden werden „in denen erläutert wird, wie man etwas macht oder wie etwas funktioniert bzw. in denen abstrakte Konzepte erklärt werden.“ (ebd, S. 123)

1 <https://pikas.dzlm.de> (abgerufen am 28.1.2022)

Augenscheinlich geht es bei Erklärvideos zum einen um das Zeigen und Verdeutlichen prozeduraler Tätigkeiten aber zum anderen auch um die Vermittlung konzeptuellen Wissens (Wolf 2015, S. 123).

2.1 Didaktische Prinzipien

In diesem Abschnitt wird auf die Bedeutung des Mediums Video und dessen medienpädagogischen Besonderheiten eingegangen. Darüber hinaus reflektieren wir außerdem Besonderheiten des Erklärens im mathematikdidaktischen Kontext sowie weitere wichtige mathematikdidaktische Prinzipien, die bei der Erstellung der Erklärvideos für PIKAS berücksichtigt worden sind.

2.1.1 Ausgewählte mediendidaktische Prinzipien

Mayer (2010) hat aus der Perspektive der Mediendidaktik untersucht, welche Faktoren einen Einfluss auf das Unterrichten mit digitalen Medien besitzen. Hierunter fallen auch Faktoren, die für die Erstellung und Bereitstellung von Lernvideos relevant sind und somit berücksichtigt werden sollten (ebd., S. 544ff.). Für seine Kategorisierung fasst er die folgenden unter drei übergeordneten Prinzipien zusammen.

Principles for reducing extraneous processing

In diesem Grundsatz geht es darum, dass *irrelevante* bzw. *sachfremde Informationen* wie redundante Grafiken, Abbildungen oder Animationen *vermieden* bzw. eliminiert werden sollten. Relevante Informationen sollten hingegen *hervorgehoben* werden. Hierfür erscheint es wichtig, dass sie bspw. durch Umrundungen, prägnante Überschriften oder Nummerierungen erfolgen. Bei der visuellen Unterstützung von Bildern ist es ebenfalls wichtig, dass diese durch *zentrale Begriffe ergänzt* werden, die *nah an der Entsprechung in der Abbildung platziert* werden (Mayer 2010, S. 547f.).

Principles for managing essential processing

Ebenfalls erscheint es wichtig, dass zentrale *Begriffe*, die für die Aneignung der zu erlernenden Konzepte notwendig sind, im Vorfeld bekannt sind, diese also *vorentlastet* werden. Weiterhin konnte herausgestellt werden, dass es Lernenden leichter fällt, wenn *große Lerneinheiten* in *kleinere Teile unterteilt* werden bzw. vom Lernenden selbstständig eingeteilt werden (Mayer 2010, S. 548).

Principles for fostering generative processing

Die *visuelle Unterstützung* von verbal vorgetragenen Lerninhalten *durch (animierte) Grafiken* führt dazu, dass Lerninhalte besser verstanden und nachvollzogen werden können. Ebenfalls konnte festgestellt werden, dass die Verwendung von *Umgangssprache bzw. die direkte Ansprache* der Lernenden sinnvoller erscheint als die Verwendung von formaler Sprache (Mayer 2010, S. 548).

2.1.2 Ausgewählte mathematikdidaktische Prinzipien

Da wir Erklärvideos in diesem Kapitel unter der Perspektive des Einsatzes im Mathematikunterricht betrachten, werden nun neben einer primär auf das Medium gerichteten Perspektive auch fachdidaktische Überlegungen aufgeführt, die für das Lernen mathematischer Inhalte relevant sind.

Vernetzung von Repräsentationsebenen

In Forschungsarbeiten zum Einsatz digitaler Medien im Mathematikunterricht (z. B. Walter, 2018) wurde das mathematikdidaktische Potenzial digitaler Medien *u. a. Vernetzung und Synchronität der Repräsentationsebenen* herausgearbeitet. Hierbei erscheint insbesondere interessant, dass die einzelnen Repräsentationsebenen gleichzeitig angezeigt und so zueinander in Beziehung gesetzt werden können (Selter & Zannettin, 2018, S. 32, 45 f.), sodass bspw. auch Veränderungen auf einer Ebene gleichzeitig auf weiteren Ebenen vollzogen werden. Dieses kann zu einer besseren Vernetzung der Repräsentationsebenen und somit zu höheren Lernchancen bei den Schülerinnen und Schülern führen (Schmidt-Thieme & Weigand, 2015, S. 469).

Erklären im (Mathematik)Unterricht unter konstruktivistischer Perspektive

Laut Lindl et al. (2019, S. 131) ist „Unterrichtliches Erklären [...] ein komplexer, vorbereiteter oder sich situativ ergebender sowie interaktiver Kommunikationsprozess, der auf eine Fähig- bzw. Fertigkeitsvermittlung sowie die Initiierung eines Verstehensprozesses bei Adressatinnen und Adressaten abzielt.“ Für die Vorbereitung von Erklärungen muss es also neben der inhaltlichen Auswahl immer auch darum gehen, wie diese aufbereitet werden kann, damit Schülerinnen und Schüler zu einem tieferen Verständnis gelangen.

Da es bei Erklärvideos ausschließlich um vorbereitete Produkte geht und spontane ad hoc Erklärungen nicht durch Erklärvideos realisiert werden können, treffen diese offensichtlich lediglich auf den ersten Teil der Definition zu, sodass *interaktive Kommunikationsprozesse* hier nicht realisiert werden können. Für Lernprozesse erscheinen diese dennoch wichtig und sollten aus

unserer Sicht daher nicht ausgespart werden, sondern auf andere Art und Weise in unterrichtliches Lernen mit Erklärvideos einfließen.

Um das Ziel der Vermittlung von mathematischen Fähig- bzw. Fertigkeiten und der Initiierung von entsprechenden Verstehensprozessen durch Erklärungen bzw. Erklärvideos zu realisieren, sollten verschiedene Ebenen des Erklärens in den Blick genommen werden (siehe z. B. in Schmidt-Thieme, 2009; Klein 2009; Wagner & Wörn, 2011; Rink & Walter, 2020).

Ebenen des Erklärens

In Was-Erklärungen werden vornehmlich Fach- oder Alltagsbegriffe genannt, geklärt oder in einen Zusammenhang gebracht, sowie Besonderheiten von didaktischem Material erklärt (Wagner & Wörn, 2011, S. 45). Bei einer Wie-Erklärung wird zum Beispiel erklärt, wie einzelne Handlungen, Rechenregeln oder auch Algorithmen ausgeführt werden, um hier alle Schülerinnen und Schüler auf den gleichen Wissensstand in Bezug auf spezielle Vorgehensweisen etc. zu bringen (ebd.). Warum-Erklärungen stellen (im mathematikdidaktischen Kontext) Beziehungen zwischen Zahlen/Objekten/Mengen in den Mittelpunkt und ähneln damit bereits formalen oder prä-formalen Beweisen (ebd.).

Während Was- und Wie-Erklärungen im Sinne der zuvor gegebenen Definition von Lindl et al. (2019) der Fähig- bzw. Fertigkeitsvermittlung zugeordnet werden können, zielen Warum-Erklärungen eher auf die Initiierung von Verstehensprozessen ab. Mit Blick darauf, dass sowohl Fertig- und Fähigkeiten aber auch Verstehensprozesse durch unterrichtliche Erklärungen initiiert werden sollten, erscheint es sinnvoll, Erklärungen auf allen drei Erklärebenen anzubieten.

2.1.3 Diskussion der didaktischen Prinzipien für Erklärvideos im Mathematikunterricht

Die zuvor dargestellten didaktischen Prinzipien geben einen guten Hinweis darauf, was beachtet werden muss, um Erklärvideos für den Einsatz im Mathematikunterricht zu produzieren. Bei einigen Prinzipien scheint es allerdings, dass es hier nicht ausreicht, Schülerinnen und Schülern lediglich ein Video anzubieten, sondern, dass -wie wir im Folgenden ausführen- weitere Ideen notwendig sind, um diesen Prinzipien gerecht zu werden.

Principles for reducing extraneous processing

Diese Prinzipien lassen sich gut innerhalb eines Videos realisieren. So lassen sich irrelevante Informationen durch eine hinreichende Videovorbereitung vermeiden. Analog dazu lassen sich relevante Informationen gut durch entsprechende Techniken (Umrandung, Überschriften, Nummerierungen) hervorheben.

Principles for managing essential processing

Bei der Realisierung dieser Prinzipien innerhalb eines Videos können jedoch Schwierigkeiten angenommen werden, die neben dem Anbieten eines Erklärvideos noch weitere Überlegungen notwendig machen. Sollen bspw. neue Fachbegriffe in einem Video genutzt werden, so erscheint es sinnvoll, dass diese zuvor geklärt bzw. entlastet werden.

Principles for fostering generative processing

Mit Bezug zu diesen Prinzipien lässt sich feststellen, dass diese innerhalb von Videos gut durch animierte Grafiken realisiert werden können. Auch die Verwendung von direkten Ansprachen an die Lernenden bzw. der Verwendung von einfacher (Umgangs)Sprache, lässt sich einfach bei der Videoerstellung berücksichtigen.

Vernetzung der Repräsentationsebenen

Wird die Vernetzung der Repräsentationsebenen mit Blick auf das Anbieten von Erklärvideos betrachtet, so ist zu vermuten, dass es mit Hilfe des Mediums gut möglich ist, die bildliche, symbolisch schriftliche und sprachliche Ebene miteinander zu verknüpfen und diese sogar synchron darzustellen. Insbesondere bietet das Medium hier die Möglichkeit Prozesse bildlich dynamisch darzustellen, was Interpretationsschwierigkeiten entgegenwirken kann (Walter, 2018).

Erklären im Mathematikunterricht unter konstruktivistischer Perspektive

Mit Blick auf das Wesen von Erklärungen und deren Intention muss berücksichtigt werden, dass dieses nicht gänzlich schlicht durch das Anbieten von Erklärvideos realisiert werden kann. Insbesondere dann, wenn Erklärungen für die Initiierung eines Kommunikationsprozesses genutzt werden sollen. Ein Kommunikationsprozess kann sicherlich genauso gut durch eine in einem

Tabelle 1: Über den Text hinausgehende Übersicht über die Realisierung der mediendidaktischen und mathematikdidaktischen Prinzipien anhand von Erklärvideos

		Überwie- gend mit Videos umsetzbar	Unterricht- liche Einbettung von Videos notwendig
Mediendidaktische Prinzipien			
<i>Principles for reducing extraneous processing</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeiden von irrelevanten/sachfremden Informationen • Relevante Informationen hervorheben • Zentrale Begriffe nah an bildlicher Entsprechung platzieren 	×	
<i>Principles for managing essential processing</i>	<ul style="list-style-type: none"> • (Fach)Begriffe vorenthalten • Lerninhalte segmentieren • Lerninhalt verbal präsentieren 		×
<i>Principles for fostering generative processing</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Visuelle Unterstützung • Umgangssprache bzw. Direkte Ansprache verwenden 	×	
Mathematikdidaktische Prinzipien			
<i>Vernetzung und Synchronität von Repräsentationsebenen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • handelnd • bildlich • schriftlich symbolisch • sprachlich 	×	×
<i>Erklären im Mathe- matikunterricht unter konstruktivistischer Perspektive</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Interaktiver Kommunikationsprozess (aktiv-entdeckendes Lernen) • Fähig- und Fertigkeitsvermittlung • Initiierung von Verstehensprozessen 	×	×
<i>Ebenen des Erklärens</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Was-Ebene • Wie-Ebene • Warum-Ebene 	×	×

Video gegebenen Erklärung initiiert werden wie durch eine Erklärung im Klassenverband.

Hierbei muss in beiden Fällen jedoch berücksichtigt werden, dass diese Erklärung nicht einzeln für sich stehen kann, sondern in einen aktiven Unterrichtsprozess integriert werden muss oder diesen sogar auslösen sollte (Winter, 1989).

Ebenen des Erklärens

Während die Ziele der Was- und Wie-Erklärebene eher auf Verständnis über bestimmte Prozesse oder Inhalte ausgerichtet sind und dieses vermutlich auch durch Erklärvideos aufgebaut werden kann, haben Erklärungen auf der

Warum-Ebene häufig auch die Anregung metakognitiver Prozesse zum Ziel (Wagner & Wörn 2011, S. 45). Hierfür lässt sich vermuten, dass eine unterrichtliche Weiterarbeit unabdingbar ist, um diese Prozesse bei den Schülerinnen und Schülern auch aktiv zu gestalten.

Überblicksartig und zusammenfassend sehen wir in Tabelle 1 über den Text hinausgehend, inwieweit einzelne Aspekte mediendidaktischer und mathematikdidaktischer Prinzipien überwiegend mit Videos umsetzbar sind und inwieweit eine unterrichtliche Einbettung der Videos notwendig erscheint.

3. Beispiel zur Nutzung von Erklärvideos im Mathematikunterricht

Es konnte herausgestellt werden, dass einige didaktische Prinzipien überwiegend mittels Erklärvideos berücksichtigt werden können, es für andere jedoch notwendig erscheint, gute Erklärvideos durch eine sinnvolle unterrichtliche Einbettung zu erweitern. Dies kann zum Beispiel im klassischen Unterrichtsgeschehen, im Sinne eines flipped classroom Konzepts oder auch durch die Strukturierung von Unterricht auf digitalen Pinnwänden gewährleistet werden. Das letzte Beispiel vertiefen wir im Folgenden und gehen auf eine mögliche Einbettung von Erklärvideos in digitalen Pinnwänden ein.

3.1 Umsetzung der Prinzipien bei der Erstellung von Erklärvideos: Beispiele aus PIKAS

Wir zeigen die Umsetzung der Prinzipien exemplarisch an einzelnen Screenshots aus Erklärvideos auf PIKAS².

So wurde bspw. darauf geachtet, dass die *Principles for fostering generative processing* eingehalten wurden. Dafür wurden die Erklärvideos durch adresatengerechte, also konkret durch kindgerechte Sprache hinterlegt. Darüber hinaus werden die zu vermittelnden Inhalte durch computergestützte Animationen visualisiert, die durch Sprache begleitet werden. Zum Beispiel werden im Erklärvideo *Was ist eine Zahlenkette?* die einzelnen Bestandteile einer Zahlenkette (1. Startzahl, etc.) nacheinander eingeblendet und erklärt (siehe Abb. 1).

Ebenfalls wurde im Sinne der *Principles for managing essential processing* darauf geachtet, dass lediglich Objekte abgebildet sind, die für das jeweilige

² <https://pikas.dzlm.de/node/1267> (abgerufen am 28.1.2022)

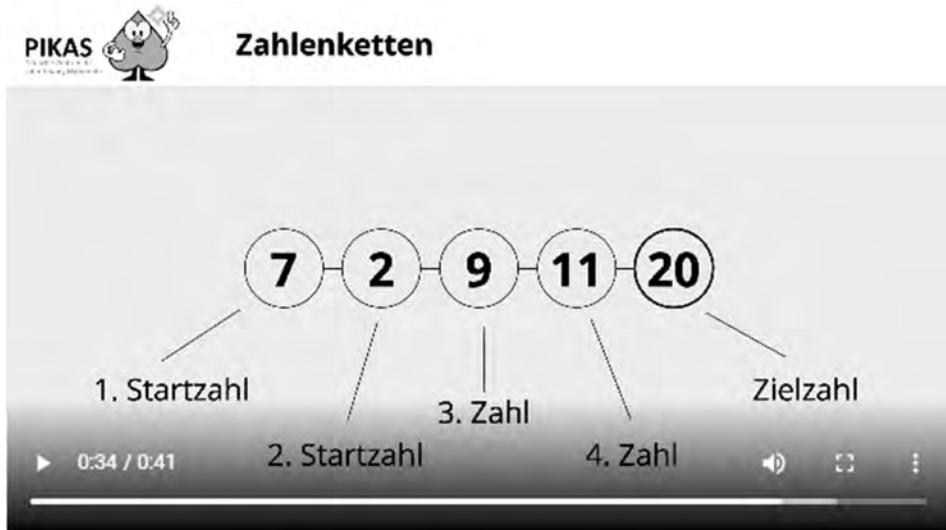


Abbildung 1: Ausschnitt aus dem Video „Was ist eine Zahlenkette?“ zu Zahlenketten (pikas.dzlm.de/node/1315, Minute 0:34)

Thema und den im Video zentralen Inhalt relevant sind. Die Überschrift soll dem Lernenden eine Orientierungshilfe geben. Darüber hinaus wurden zentrale Begriffe (wie bspw. Zielzahl) zum einen grafisch, aber auch durch Text und Sprache (häufig sogar) synchron und im räumlichen Zusammenhang stehend dargestellt (siehe Abb. 1). Für die Darstellung von Hervorhebungen wurden nicht immer Umrandungen oder Nummerierungen genutzt, sondern auch auf Hervorhebungen durch die Reduktion sachfremder Informationen für eine spezielle Szene (z. B. Ausgrauen einzelner Komponenten im Malkreuz, siehe Abb. 2) oder farbige Markierung einzelner Elemente, zurückgegriffen (wie z. B. durch die Pfeile als Forschermittel siehe Abb. 3).

Wir zeigen nun noch exemplarisch auf, wie die einzelnen Erklärebenen in den Erklärvideos wiederzufinden sind. Wie wir bereits oben geschildert haben, werden in Was-Erklärungen vornehmlich Fach- oder Alltagsbegriffe genannt, geklärt oder in einen Zusammenhang gebracht, sowie Besonderheiten von didaktischem Material erklärt (Wagner & Wörn, 2011, S. 45). Dabei geht es z. B. auch um das Einführen neuer Formate (z. B. Zahlenketten, siehe Abb. 1) und Begriffe (z. B. Startzahl etc., siehe Abb. 1).

Im weiteren Schritt wird bei einer Wie-Erklärung zum Beispiel präsentiert, wie einzelne Handlungen, Rechenregeln oder auch Algorithmen ausgeführt werden, um hier alle Schülerinnen und Schüler auf den gleichen Wissensstand in Bezug auf spezielle Vorgehensweisen etc. zu bringen (Wagner & Wörn, 2011, S. 45). Am Beispiel der Videos zu Zahlenmauern werden dort verschiedene

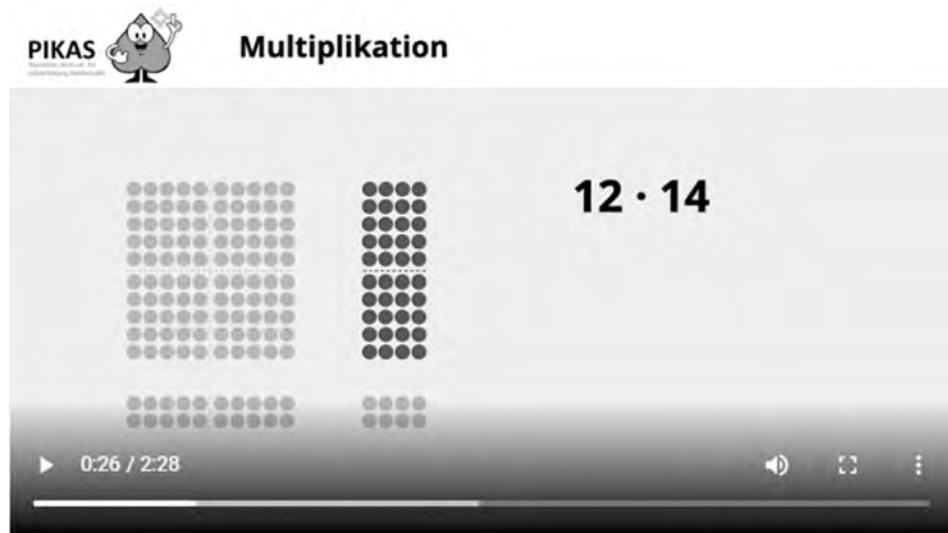


Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Video „Vom Punktefeld zum Malkreuz“ (pikas.dzlm.de/node/1482, Minute 0:26)



Abbildung 3: Ausschnitt aus dem Video „Entdeckerpäckchen Addition“ (pikas.dzlm.de/node/1362, Minute 1:30)

Möglichkeiten aufgeführt, wie sich dort eine fehlende Zahl in der Zahlenmauer berechnen lässt (Abb. 4).

Schließlich folgen die Warum-Erklärungen. Diese Erklärungen sollen häufig auch dazu beitragen, Schülerinnen und Schüler zum selbständigen Denken über den jeweiligen Erklärgegenstand anzuregen (Wagner & Wörn, 2011, S. 45). Ein Beispiel stellt hier der Ausschnitt aus einem Erklärvideo zu Zahlenketten dar, in dem die Lernenden zur Begründung angeregt werden, warum die Zielzahl um 3 größer wird (Abb. 5).

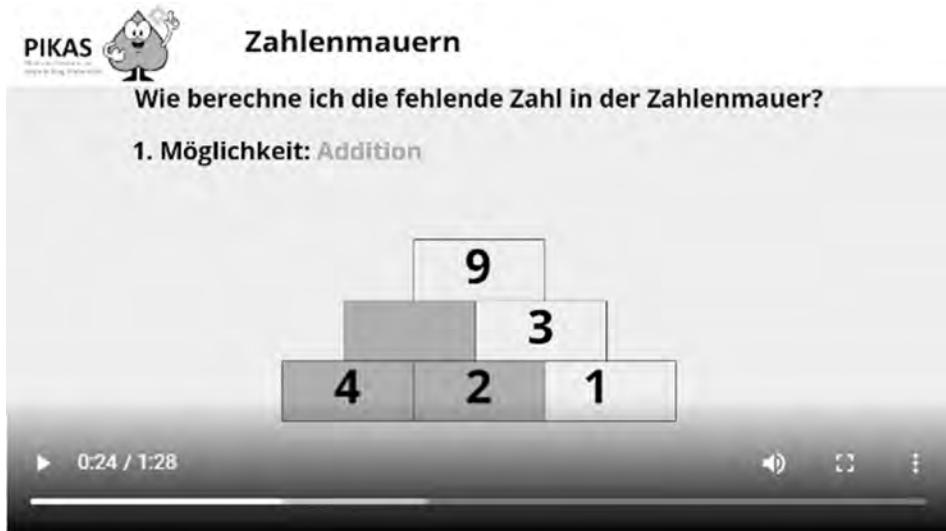


Abbildung 4: Ausschnitt aus dem Video „Fehlende Zahl berechnen“ zu Zahlenmauern (pikas.dzlm.de/node/1336, Minute 0:24)



Abbildung 5: Ausschnitt aus dem Video „Was passiert mit der Zielzahl?“ zu Zahlenketten (pikas.dzlm.de/node/1317, Minute 1:19)

3.2 Digitale Pinnwände: Überlegungen zur Einbettung von Erklärvideos in den Mathematikunterricht

Da wir davon ausgehen, dass einige wichtigen didaktischen Prinzipien nicht ausschließlich durch die Verwendung von Videos gerecht werden kann, stellen wir im Folgenden eine Umsetzung und Implementierung der Erklärvideos in Umgebungen digitaler Pinnwände vor. Unter dem Begriff der digitalen Pinnwand soll im Folgenden Software verstanden werden, mit der verschiedene multimediale Inhalte (Texte, Bilder, Videos, Links, Sprachaufnahmen, pdf-Dokumente, Zeichnungen, ...) geordnet zur Verfügung gestellt und durch Nutzerinnen und Nutzer genutzt, bearbeitet oder erweitert werden können. Im Folgenden stellen wir unsere Überlegungen und Intentionen exemplarisch anhand ausgewählter Kategorien der Tabelle 1 zur Einbettung von Erklärvideos in digitalen Pinnwänden strukturiert dar.

Principles for managing essential processing

(Fach)Begriffe vorentlasten

Es scheint als sei die Vorentlastung der Fachbegriffe auch überwiegend durch Erklärvideos realisierbar, allerdings muss hierbei beachtet werden, dass reines Hören von Fachbegriffen und entsprechenden Satzstrukturen nicht ausreicht, um diese für mathematisches Lernen sinnvoll einzusetzen. Vielmehr sollte auch die Verwendung von Sprache als Anwendungsgegenstand gesehen werden und somit auch diese in den Unterricht integriert werden. Hierzu können digitale Pinnwände einen Beitrag leisten, indem u. a. Sprachspeicher ergänzend zu einzelnen Erklärvideos gemeinsam erarbeitet werden und diese für weitere mathematische Tätigkeiten genutzt werden können.

Segmentierung von Lerninhalten

Zwar ist es durchaus denkbar, dass auch Einteilungen innerhalb von Erklärvideos dazu beitragen, dass Lerninhalte segmentiert werden. Da aus unserer Sicht allerdings davon ausgegangen werden kann, dass lediglich die Einteilung und Segmentierung nicht ausreichen, sollte diese durch sinnvolle vertiefende Denk- und Arbeitsaufträge angereichert werden. Dazu scheint es bspw. sinnvoll, wenn Erklärvideos genutzt werden, um den Lernprozess zu initiieren, indem etwa Erklärungen gegeben und diese durch weiterführende Aufgaben erweitert werden. Hierzu können digitale Pinnwände einen Beitrag leisten, indem entsprechende Aufgaben für Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeiten angeboten und Ergebnisse aus Arbeitsphasen zur Reflexion genutzt werden.

Vernetzung und Synchronität von Repräsentationsebenen

Insbesondere die synchrone Darstellung verschiedener Repräsentationsebenen kann für den Einsatz von Erklärvideos im Mathematikunterricht als ein besonderes Potenzial angesehen werden. Allerdings bleibt zu beachten, dass die Handlungsebene in Videos zwar imitiert, aber nicht von den Schülerinnen und Schülern konkret nachvollzogen werden kann. Hier gilt es also insbesondere für den Einsatz von Erklärvideos im Unterricht zu beachten, dass diese auch Tätigkeiten auf der handelnden Ebene ansprechen. Hierfür können z. B. innerhalb von Erklärvideos Phasen geschaffen werden, in denen die Schülerinnen und Schüler das Erklärte durch Aktivitäten nachvollziehen, anwenden oder vertiefen sollen. Zur Unterstützung können dabei digitale Pinnwände hilfreich sein, wenn u. a. etwa digitales Handlungsmaterial im Sinne einer Lernumgebung angeboten wird.

Erklären im Mathematikunterricht unter konstruktivistischer Perspektive

Interaktiver Kommunikationsprozess

Unter anderem mit Bezug auf die Vernetzung der Repräsentationsebenen kommt auch dem gedanklichen Austausch der Schülerinnen und Schüler untereinander eine besondere Rolle zu. Hierfür ist es sicherlich denkbar, dass diese Kommunikationsprozesse durch Erklärvideos angeregt bzw. initiiert werden können. Eine Realisierung interaktiver Kommunikationsprozesse ist jedoch innerhalb von Erklärvideos von Lehrpersonen an Schülerinnen und Schüler nur schwer vorstellbar. Digitale Pinnwände können hier einen Beitrag leisten, um in Erklärvideos angeregte Kommunikationsprozesse zu strukturieren und festzuhalten, indem bspw. Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse als Bilder, Videos, Audiodateien, etc. hochladen und somit für eine anschließende gemeinsame Reflexion zur Verfügung stellen.

Initiierung von Verstehensprozessen

Neben den zuvor beschrieben eher prozeduralen Kompetenzen kommen natürlich auch Verstehensprozessen im konzeptuellen Sinn große Bedeutung für mathematisches Lernen zu. Hierzu können Erklärvideos sicherlich einen wichtigen Beitrag leisten, indem auch Konzepte im Sinne von Warum-Erklärungen erläutert werden. Aber auch hier bleibt zu vermuten, dass es nicht ausreichen wird, wenn diese Begründungen lediglich von den Schülerinnen und Schülern passiv konsumiert werden. Vielmehr sollten diese im Sinne des aktiv-entdeckenden Lernens durch entsprechende Problementfaltungen konkret angeregt werden. Hierzu bieten sich digitale Pinnwände an, um Unterricht zu struk-

turieren, damit Schülerinnen und Schüler neben den konkreten Erklärungen auch die Möglichkeit erhalten, eigene Erfahrungen durch die Bearbeitung entsprechender Aufgaben zu machen und das aus Erklärungen stammende Wissen konkret anzuwenden.

Es wird offensichtlich, dass auch die Ergänzung durch digitale Pinnwände per se nicht allen Prinzipien gerecht wird. Das ist aus unserer Sicht auch nicht notwendig oder gar wünschenswert, da so die Rolle der Lehrkraft und der aktive Austausch zwischen Schülerinnen und Schülern zunehmend in den Hintergrund gerückt würde. Wir sehen digitale Pinnwände und Erklärvideos daher eher als eine Ergänzung zu bereits situierten Lehr-Lernarrangements, die genauso den Prinzipien guten Unterrichts gerecht werden müssen.

4. Zusammenfassung

Erklärvideos bieten sowohl aus mediendidaktischer als auch aus fachdidaktischer Perspektive viele Potenziale (siehe Abschnitt 2) für die Integration von unterrichtlichen Aktivitäten.³ Ein wichtiger Aspekt dabei ist, dass man die mediendidaktischen und fachdidaktischen Prinzipien bei der Konzeption und Erstellung auch entsprechend berücksichtigt (siehe Tabelle 1). Eine wesentliche Komponente ist aus unserer Sicht, dass alle Erklärebenen vernetzt werden und dass Erklärungen auch ein Warum anzielen. Als Ausblick und aus unterrichtspraktischer Perspektive lässt sich festhalten, dass digitale Pinnwände die Möglichkeit bieten, Erklärvideos in Lehr-Lernumgebungen einzubetten und sowohl für den Präsenz- als auch für den Distanzunterricht bereitzustellen.

Literatur

- Borromeo Ferri, R. & Szostek, K. (2020). Professionalisierung von Lehrkräften für den Einsatz von Erklärvideos im Mathematikunterricht (PRO-VIMA). In H.-S. Siller, W. Weigel & J. F. Wörler (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020 auf der 54. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik* (S. 153–156). WTM. https://doi.org/10.17877/DE290_R-21250
- Feierabend, S., Plankenhorn, T. & Rathgeb, T. (2017). *JIM 2017. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland*. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest.

³ Eine Übersicht über alle Erklärvideos und digitale Pinnwände, die im Rahmen des PIKAS Projekts entwickelt worden sind, findet sich hier: <https://pikas.dzlm.de/node/1267> und hier <https://pikas.dzlm.de/node/1485>.

- Kearney, M. D., & Schuck, S. R. (2004). Authentic learning through the use of digital video. In *Australasian Computing Education Conference*. Australian Council for Computers in Education.
- Klein, J. (2009). ERKLÄREN-WAS, ERKLÄREN-WIE, ERKLÄREN-WARUM. Typologie und Komplexität zentraler Akte der Welterschließung. In R. Vogt (Hrsg.), *Erklären. Gesprächsanalytische und fachdidaktische Perspektiven* (S. 25–36). Stauffenburg.
- Lindl, A., Gaier, L., Weich, M., Frei, M., Ehras, C., Gastl-Pischetsrieder, M., Elmer, M., Aden-Molz, K., Ruck, A.-M., Heinze, J., Murmann, R., Gunga, E. & Röhrl, S. (2019). Eine ‚gute‘ Erklärung für alle?! Gruppenspezifische Unterschiede in der Beurteilung von Erklärqualität – erste Ergebnisse aus dem interdisziplinären Forschungsprojekt FALKE. In T. Ehmke, P. Kuhl & M. Pietsch (Hrsg.), *Lehrer. Bildung. Gestalten. Beiträge zur empirischen Forschung in der Lehrerbildung* (S. 128–141). Belz Juventa.
- Mayer, R. E. (2010). Applying the science of learning to medical education. *Medical Education*, 44 (S. 543–549). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2010.03624.x>
- Morgan, H. (2013). Technology in the classroom: Creating videos can lead students to many academic benefits. *Childhood Education*, 89(1), 51–53. <https://doi.org/10.1080/00094056.2013.757534>
- Rink, R. & Walter, D. (2020). *Digitale Medien im Mathematikunterricht – Ideen für die Grundschule*. Cornelsen.
- Schaumburg, H., Gerick, J., Eickelmann, B. & Labusch, A. (2019). Nutzung digitaler Medien aus der Perspektive der Schülerinnen und Schüler im internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Varenhold (Hrsg.), *ICILS 2018. #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (S. 241–270). Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:18326>
- Schmidt-Thieme, B. (2009). „Definition, Satz, Beweis“. Erklärgewohnheiten im Fach Mathematik. In R. Vogt (Hrsg.), *Erklären. Gesprächsanalytische und fachdidaktische Perspektiven* (S. 123–131). Stauffenburg.
- Schmidt-Thieme, B., & Weigand, H. G. (2015). Medien. In R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 461–490). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8_17
- Schöttler, Ch. (2020). Einsatz interaktiver Lernvideos im inklusiven Mathematikunterricht In H.-S. Siller, W. Weigel & J. F. Wörler (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020 auf der 54. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik* (S. 837–840). WTM. <https://doi.org/10.17877/DE290 R-21542>
- Selter, Ch., & Zannettin, E. (2018). *Mathematik unterrichten in der Grundschule*. Kallmeyer.

- Tulodziecki, G. (2020). Zur Geschichte des Bildungsfernsehens – Entwicklungen, Hoffnungen und Einschätzungen aus heutiger Sicht. In S. Dorgerloh & Karsten D. Wolf (Hrsg.), Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos (S. 12–17). Beltz.
- Wagner, A. & Wörn, C. (2011). *Erklären lernen. – Mathematik verstehen. Ein Praxisbuch mit Lernangeboten*. Kallmeyer.
- Walter, D. (2018). *Nutzungsweisen bei der Verwendung von Tablet-Apps*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-19067-5>
- Winter, H. (1989). *Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht*. Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-91104-9>
- Wolf, K. D. (2015). Video-Tutorials und Erklärvideos als Gegenstand, Methode und Ziel der Medien-und Filmbildung. In A. Hartung, T. Ballhausen, C. Trültzscher-Wijnen, A. Barberi, & K. Kaiser-Müller (Hrsg.). *Filmbildung im Wandel* (S. 121–131). new academic press.

Heike Hagelgans und Jaqueline Simon

„Ingenuity“ – ein Helikopterflug auf dem Mars

Ein Scratchprojekt in der Primarstufe

Abstract

Im Beitrag wird eine Lernumgebung zum Thema Marsrobo ter vorgestellt, die in der Primarstufe zum Lernen über und mit digitale(n) Medien unter Nutzung der Programmiersoftware Scratch (MIT, 2007)¹ durchgeführt wurde. In einer qualitativen Studie wurde diese mittels teil-strukturierten teilnehmenden Beobachtungen sowie qualitativer Befragung evaluiert. In den teilnehmenden Beobachtungen wurde deutlich, dass die Kinder unterschiedliche Vorerfahrungen mit Scratch besitzen. Die meisten Lernenden zeigten im Umgang mit digitalen Medien einen konkreten Lernzuwachs über Medien und eine hohe Motivation beim Programmieren mit Scratch. Zudem deutet die Evaluation der Lernumgebung auf die Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen Problemlösen, Darstellen sowie Kommunizieren und Argumentieren hin.

1. Einführung

Digitale Medien und Informatiksysteme sind längst ein Bestandteil des Alltags und damit auch der Lebenswelt von Kindern. Entsprechend hat die Forderung informatische Kompetenzen bereits in der Primarstufe zu fördern in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Die KMK-Strategie „Bildung in einer digitalen Welt“ (2017) formuliert sechs Kompetenzbereiche, die die zunehmende Digitalisierung und Mediatisierung der Gesellschaft zu einem Ausgangspunkt schulischer Bildungsprozesse macht. Mit dem Kompetenzbereich „Problemlösen und Handeln“ sind explizit solche Kompetenzen angesprochen, die auf eine informative Grundbildung abzielen. Demnach gehört es zu einer digitalen Bildung, Algorithmen zu erkennen und zu formulieren. Konkret

¹ Scratch ist ein Projekt der Scratch Foundation und der Lifelong Kindergarten Group am MIT Media Lab. Es steht kostenlos unter <https://scratch.mit.edu> zur Verfügung.

geht es darum, algorithmische Strukturen zu erkennen, zu formulieren und eine strukturierte algorithmische Sequenz zur Lösung eines Problems zu planen und zu verwenden (KMK, 2017, S. 18). Aussagen dazu finden sich auch in den Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V. ([GI], 2019), die Kompetenzen für eine informatische Bildung im Primarbereich beschreiben.² Algorithmen sind ein zentraler Inhaltbereich. Hierzu findet man Angaben, dass Lernende gegebene oder selbst entwickelte Algorithmen zur Lösung von Problemen verwenden und mit algorithmischen Grundbausteinen arbeiten sollen, um erste Begriffe und Kompetenzen in diesem Bereich zu erwerben (GI, 2019, S. 10). Dafür können anschauliche, blockbasierte Programmiersprachen, wie etwa Scratch, in Lernumgebungen genutzt werden. Anknüpfungspunkte für die Arbeit mit solchen Programmierumgebungen zeigen sich insbesondere für den Mathematik- und Sachunterricht in der Primarstufe. So bezeichnet der Begriff des Algorithmus eine Kernidee der Mathematik. Algorithmisches Denken und Arbeiten sind wesentliche Bestandteile der Mathematik und der Informatik (Kortenkamp & Lambert, 2015). Auch für das Lehren und Lernen im Sachunterricht spielen die Informatik, der Umgang mit Informatiksystemen sowie neue Technologien eine Rolle, da sich durch diese entsprechende lebensweltliche Phänomene näher beschreiben und begreifen lassen (Goecke et al., 2018). Sie können in der technischen Perspektive des Sachunterrichts verortet werden. Entscheidend ist, dass Lernende der Primarstufe nicht nur mit digitalen Medien (Computer, Laptop, Tablet, Smartphone usw.) operieren und diese in Verbindung mit analogen Medien im Unterricht entsprechend nutzen können (*Lernen mit Medien*), sondern auch ein grundlegendes Verständnis zur Funktionsweise dieser Geräte entwickeln (*Lernen über Medien*) (u. a. Goecke et al., 2021; Walter, 2018). Damit sind Aspekte eines Lernens mit Medien sowie eines Lernens über Medien direkt angesprochen (Irion, 2020; Peschel, 2020).

Im Rahmen eines konkreten Unterrichtsentwicklungsprojekts in der Primarstufe wird aufgezeigt, wie ein Lernen mit (digitalen) Medien mit einem Lernen über digitale Medien in fachübergreifenden Lernumgebungen konkret verknüpft und gestaltet werden kann. Das Projekt wird an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in Kooperation mit verschiedenen Grundschulen des PRIME-Netzwerks der Universität in Halle (Saale) durchgeführt. Darin werden aktuell verschiedene Lernumgebungen entwickelt und empirisch erprobt, die vorrangig auf ein Lernen über digitale Medien abzielen (durch das Programmieren mit Scratch). Im Beitrag wird eine solche aus dem Mathema-

2 Die Empfehlungen wurden von dem Arbeitskreis *Bildungsstandards Informatik im Primarbereich* erarbeitet.

tik- und Sachunterricht vorgestellt und exemplarisch gezeigt, wie Kinder unter Nutzung der Programmiersprache Scratch erste Einsichten in die Funktionsweise von Computern gewinnen, eigene Umgebungen in Scratch entwerfen können und welche (über-)fachlichen Lernprozesse dadurch bewusst angeregt und gefördert werden.

2. Theoretische Einordnung

Das Lernen mit und über (digitale) Medien bezeichnet aktuell ein bedeutsames Thema. Es geht um die Frage, wie digitale Medien sinnvoll in den Unterricht der Primarstufe integriert werden können. Der Blick richtet sich insbesondere darauf, wie fachliches Lernen mittels digitaler Medien unterstützt und gefördert werden kann, aber auch darauf, wie ein Lernen im Fach dazu beitragen kann, digitale Kompetenzen zu entwickeln (Eickelmann & Gerick, 2020). Dabei wird stets betont, dass eine digitale Bildung in der Primarstufe ohne die Informatik nicht möglich sei (u.a. Herzig, 2020; KMK, 2017).

Grundlegende Kenntnisse in der Informatik sind von Bedeutung, wenn Lernende erste Einsichten die Funktionsweise von Computern gewinnen sollen. Dies entspricht im Kern einem Lernen über Medien (einem Verständnis von Medien durch das Verstehen der zugrundeliegenden Funktionen). Da digitale Medien auf der Grundlage von Algorithmen arbeiten, kann algorithmisches Denken als eine wichtige Facette informatischer Bildung verstanden werden (GI, 2019). Daraus ergeben sich unterschiedliche Anknüpfungspunkte für die Verbindung eines informatischen Lernens mit fachlichen Aspekten sowohl auf der Inhalts- als auch auf der Prozessebene. Dies trifft insbesondere für den Mathematik- sowie für den Sachunterricht in der Primarstufe zu.

Der Ansatz, mathematische Vorstellungen m.H. des Programmierens zu entwickeln und zu fördern, ist in der Mathematikdidaktik nicht neu (u.a. Bescherer & Fest, 2019; Papert, 1975). Ein wesentliches Ziel des Mathematikunterrichts besteht darin, das algorithmische Denken von Kindern zu fördern (Kortenkamp & Lambert, 2015). Algorithmen bezeichnen eine Kernidee der Mathematik, in der Informatik sind sie für die Funktionsweise von Computerprogrammen entscheidend. Ein Algorithmus kann definiert werden als „eine endliche Folge von eindeutig bestimmten Elementaranweisungen, die den Lösungsweg eines Problems exakt und vollständig beschreiben“ (Ziegenbalg et al., 2016, S. 26). Sie bestehen aus endlich vielen, klar definierten Einzelschritten. Der Folgeschritt muss durch den vorangegangenen Schritt eindeutig festgelegt sein. Algorithmen sind damit sehr präzise beschriebene

Handlungsanweisungen, die sich in unterschiedlichen Sprachen formulieren lassen (Ziegenbalg, 2015). Dazu gehört auch die einfache Programmiersprache Scratch.³ Das eigene Programmieren mit Scratch ist hilfreich, wenn Schülerinnen und Schüler ein entsprechendes Verständnis zum Algorithmusbegriff entwickeln sollen. Weiterhin können erste Grundbegriffe und Kompetenzen in der Programmierung erworben werden (Walter, 2018). Das Programmieren ermöglicht Kindern, die Informatik als kreativen Gestaltungsbereich für das Lösen von Problemen erfahren zu können (GI, 2019). Da die Auseinandersetzung mit Algorithmen stets verknüpft ist mit einem problemlösenden Lernen, sind damit auch prozessbezogene Kompetenzen angesprochen (u. a. auch das Darstellen, Kommunizieren und Argumentieren sowie das Kooperieren). Als überfachliche Kompetenzen können durch die Arbeit mit Scratch auch Kreativität und Sprache gefördert werden (u. a. Förster, 2015). Digitale Medien und Werkzeuge nehmen in der Mathematikdidaktik eine besondere Stellung ein, wenn es um das Lösen von Problemen und Veranschaulichen mathematischer Zusammenhänge geht (Haug, 2012).

Eine Verortung Informatischer Grundbildung im Sachunterricht lässt sich aus dem Bildungsanspruch heraus begründen, nach dem Kinder bei der Erschließung und Mitgestaltung von Welt unterstützt werden sollen (GDSU, 2013, S. 9), u. a. indem lebensweltliche Phänomene ergründet und fachwissenschaftlich gedeutet werden. Die Digitalisierung beeinflusst zunehmend alle Lebensbereiche – und somit die der Kinder. Neue technologische Entwicklungen und damit einhergehende gesellschaftliche Veränderungen werden jedoch im Perspektivrahmen Sachunterricht, der bundesweit Einfluss auf die Gestaltung von Curricula nimmt, wenig berücksichtigt (Goecke & Stiller, 2018). Um aber „eine humane und zukunftsfähige Technik mitdenken, mit verantworten und mitgestalten zu können, braucht jeder Mensch grundlegende Kenntnisse von Technik und ihren Wirkungs- und Bedingungszusammenhängen“ (Goecke & Stiller, 2018, S. 63), wodurch auch die informatische Erschließung von Lebewelt, informative Themen sowie eine Informatische Grundbildung für den Sachunterricht als relevant angesehen werden (z. B. Goecke et al., 2021, S. 118 f.). Informatische Aspekte lassen sich bspw. in der technischen Perspektive des Sachunterrichts verorten (Goecke & Stiller, 2018).

³ Scratch ist eine blockbasierte Programmiersprache. Die einzelnen Blöcke greifen wie bei einem Baukasten ineinander, dabei werden Programme mit Skripten aus den Blöcken zusammengesetzt. Klassische Elemente (z. B. Schleifen und Blöcke) sind ebenso vorhanden wie spielerische Elemente bzw. Blöcke, die für Kinder interessant sind (Musik- und Grafikeffekte).

Informatische Grundbildung wird insofern als ein wichtiger Kompetenzbereich technischer Bildung verstanden, der das Erschließen lebensweltlicher Artefakte in einer von Digitalisierung geprägten Welt ermöglicht. Hieraus folgt, dass auch ein grundlegendes Verständnis von Algorithmen als Teil technischer Grundbildung verstanden wird, indem damit Voraussetzungen für das Verstehen und Bewerten technischer Artefakte heutiger und erst recht zukünftiger Lebenswelten geschaffen werden. (Goecke et al., 2021., S. 121)

3. Forschungsmethodisches Vorgehen

3.1 Beschreibung der Lernumgebung

Das übergeordnete Ziel des fachdidaktischen Entwicklungsprojekts ist es, fächerübergreifende Lernumgebungen für den Mathematik- und den Sachunterricht zu entwickeln und empirisch zu erproben, die vorrangig auf ein Lernen über digitale Medien (Programmieren) abzielen. Die Lernenden sollen Einblicke in die Funktionsweise von Computern gewinnen und mit den grundlegenden Begriffen der Programmierung vertraut werden (z. B. Algorithmus, Anweisungen, Schleifen). Dafür lernen sie in einem projektorientierten Vorgehen zunächst die Programmierumgebung Scratch und algorithmische Grundstrukturen kennen, die sie später für eigene (freie) Programmierungen nutzen können. Das Projekt zielt darauf ab, den Flug des Kleinhelikopters ‚Ingenuity‘ auf dem Mars mit Scratch zu simulieren.

Der Einstieg in die Lernumgebung erfolgte über die technische und geographische Perspektive des Sachunterrichts. Als konkreter Sachkontext wurde die aktuelle NASA-Marsmission 2020 mit dem Teilprojekt ‚Helikopterflug Ingenuity‘ genutzt. Nach einem ersten fragegeleiteten und Vorwissen aktivierenden Impuls lernten die Kinder m.H. analoger und digitaler Medien den Aufbau des Sonnensystems kennen, insbesondere den Planeten Mars und seine Position im Sonnensystem. Dafür wurde die Kinderseite der Europäischen Raumfahrtbehörde ESA im Internet genutzt, auf der der Mars mit der Figur Paxi virtuell erkundet werden konnte.⁴ Anschließend wurde die Marsmission 2020 mit ihren Zielsetzungen u. a. unter Nutzung des Videomaterials der NASA vorgestellt. Die Kinder lernten die technischen Voraussetzungen des Rovers mit seinem Helikopter kennen.

Das Ziel der folgenden Phase war es, ein algorithmisches Grundlagenwissen aufzubauen. Mit der Frage, wie ein Computer arbeitet bzw. funktioniert,

⁴ Das Video „Geheimnisse des Roten Planeten“ ist über die Seite der ESA – Space for Kids (www.esa.int) abrufbar.

wurde der Bezug zur Mathematik und zur Informatik hergestellt. Eine erste begriffliche Annäherung erfolgte durch einen Alltagsbezug: Einfache Handlungsvorschriften, im Sinne einer Schritt-für-Schritt Anleitung, lassen sich z. B. bei der Speisezubereitung und bei Rezepten finden. Diese klassische Analogiebildung wurde genutzt, um den Kindern die Grundidee des Algorithmus zu veranschaulichen. In der Zusammenfassung wurde herausgearbeitet, dass alle Aufgaben, die ein Computer übernimmt, einem bestimmten Algorithmus folgen. Dazu gab es noch weitere Übungen, in denen die Kinder konkrete Wegbeschreibungen in Form von Handlungsanweisungen schreiben sollten (auf analogem Wege).

In der Einführung in Scratch wurden erste Schritte und Befehle mit den Kindern gemeinsam erarbeitet, z. B. wie Figuren und Bühnenbilder aus den entsprechenden Bibliotheken ausgewählt werden können. Die Kinder erprobten dies anschließend selbst, indem sie eigene (komplette) Bilder erstellten. Um den Helikopterflug auf dem Mars weiter vorzubereiten, wurden weitere Elemente aus der Scratchbibliothek genutzt (Bühnenbild Marsoberfläche, Figur Rakete). Dabei war es erforderlich, die Position der Rakete anhand von Koordinaten, wie sie in Scratch konkret vorgegeben sind, exakt zu beschreiben. So wurde das Thema Koordinatensystem und Koordinaten ebenfalls aufgegriffen und durch weitere Vorübungen inhaltlich erarbeitet.⁵ Um die Rakete in dem ausgewählten Bühnenbild auch bewegen zu können, wurden die wesentlichen Grundbausteine mit den Kindern gemeinsam betrachtet. Dazu gehörten die Befehlsblöcke *Bewegung*, *Aussehen*, *Ereignisse*, *Steuerung*, *Fühlen* und ausgewählte *Operatoren*. Um ein Skript zu erstellen bzw. zu schreiben, müssen die einzelnen Befehle (die algorithmischen Grundbausteine) aus der Befehlsbibliothek ausgewählt und im Programmierbereich per Drag and Drop aneinandergesetzt werden. Diese Erprobung führte zu der Erkenntnis, dass mit einer bestimmten Reihenfolge von Befehlen erwünschte Ziele realisiert werden können. Algorithmische Grundstrukturen wie *Sequenzen*, *Schleifen* und bedingte *Anweisungen* waren damit implizit angesprochen.

Im sich anschließenden eigentlichen Marsprojekt sollten die Kinder zuerst das Bühnenbild der Marsoberfläche und die Figur des Helikopters ‚Ingenuity‘ von der NASA-Website herunterladen. Im Folgenden erhielten sie die Aufgabe, den Helikopterflug zu programmieren, wobei folgende Anforderungen umgesetzt werden sollten: Markierung eines identischen Start- und Landeplatzes, Flug des Helikopters und Einfügen des Wortfeldes ‚Hallo‘ zum Start

5 Ein entsprechendes Arbeitsblatt wurde aus den von AppCamps bereitgestellten Materialien genutzt.

und des Wortfeldes ‚erfolgreiche Mission‘ nach der Landung. Die erarbeiteten Lösungen konnten die Kinder anschließend im Plenum präsentieren. Anschließend konnten die Kinder ihre eigenen Ideen in Scratch umsetzen (z. B. eigene Welten oder Spiele programmieren), die ebenfalls im Plenum vorgestellt wurden.

3.2 Empirische Studie

Die vorgestellte Lernumgebung wurde mit 18 Schülerinnen und Schülern der dritten und vierten Jahrgangsstufe der Grundschule Neumarkt Halle (Saale) im Rahmen einer separierenden Begabungsförderung erprobt. Sie bestand aus sechs Unterrichtsstunden, die sich auf zwei Schultage verteilten. Im Rahmen des Scratchprojektes wurde eine qualitative Studie durchgeführt, in der die entwickelte Lernumgebung evaluiert wurde. Die Studie ist im Design-Based-Research-Ansatz (u. a. Collins et al., 2004) angelegt. Im Fokus der Untersuchung stand folgende Forschungsfrage:

Welchen Beitrag kann die Lernumgebung zum Lernen über digitale Werkzeuge konkret zum Programmieren leisten?

Zu deren Beantwortung wurden während des gesamten Projekts teil-strukturierte teilnehmende Beobachtungen durchgeführt und visuelle Daten in Form von Fotos von den Eigenproduktionen der Kinder, wie z. B. programmierte Algorithmen und Zeichnungen, sowie verbale Daten in Form von Feldnotizen zum Arbeits- und Nutzungsverhalten bzgl. des Programms Scratch erhoben. Zudem wurden die Lernenden mittels eines Fragebogeninstruments unmittelbar nach Projektende schriftlich befragt. Das Instrument bestand aus sechs Fragen mit offenem Antwortformat zur Motivation im Projekt sowie hinsichtlich zukünftiger Projektangebote, zu programmierten Kreationen, zum subjektiv eingeschätzten Lernzuwachs, Algorithmusverständnis und zum Wissen über Funktionsmöglichkeiten des Computers. Die Freitextantworten zu den jeweiligen Fragen im Fragebogen wurden qualitativ-interpretativ, kategorienbildend mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2014) ausgewertet und die Beobachtungen aus den Unterrichtsprotokollen zu Einzelaspekten des Arbeits- sowie des Nutzungsverhaltens verdichtet. Die Kombination verschiedener Methoden diente der Triangulation der Ergebnisse.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Auswertung der Fragebögen

Die Befragten schätzen ein, beim Programmieren einen hohen Lernzuwachs erzielt zu haben. Die Antworten auf die Frage zu den programmierten Kreationen bzw. Situationen sind unterschiedlich: Mehrheitlich haben die Lernenden Spiele und auch Animationen, wie z. B. fliegende Gegenstände, programmiert. Die meisten Befragten verbinden Algorithmen (Algorithmusverständnis) mit dem Programmieren in Scratch. Ein Kind bezieht sich auf die Analogiebildung aus der Erarbeitungsphase: ein Algorithmus habe etwas mit Nudelkochen zu tun. Die Auswertung der Frage zu Funktionsmöglichkeiten des Computers zeigt, dass die Befragten nach dem Projekt unterschiedliches Wissen dazu haben. Die gegebenen Antworten reichen von der Aufzählung bestimmter Tätigkeiten (programmieren, bearbeiten, spielen, Videos schauen) über die konkrete Angabe zum Zusammenhang zwischen Algorithmus und Ausführung bis hin zu verallgemeinernden Angaben wie ‚Der Computer kann eine Menge‘ bzw. ‚fast alles‘.

3.3.2 Auswertung der Beobachtungen

Die beobachteten Verhaltensweisen wurden zu Einzelaspekten des Arbeits- sowie des Nutzungsverhaltens bzgl. Scratch verdichtet (siehe Tabelle 1).

Die Kinder arbeiteten unterschiedlich selbstständig mit dem Programm (Aspekt 1): Zwei Lernende, die nach eigenen Aussagen bereits Zuhause in ihrer Freizeit Scratch genutzt haben, erstellten eigenständig mehrere Algorithmen – auch mit den englischsprachigen Tutorials. Die nach eigenen Aussagen scratch-unerfahrenen Kinder baten um Hilfe, um sich z. B. besser auf der Oberfläche zurechtzufinden oder Befehle zu verstehen. Im Projektverlauf erhöhte sich der Grad ihrer Selbstständigkeit, sodass sie am Ende der Einheit eigenständig Algorithmen erstellen konnten. Dies deutet auf die Notwendigkeit ausreichender Übungszeit für das Erstellen und Überprüfen von Algorithmen hin.

Weiter konnte beobachtet werden, dass die Kinder stets abgeglichen haben, ob die Handlung der Figur dem intendierten Ziel entsprach (Aspekt 2). Da Figuren in Scratch die Aktion durchführen, die programmiert worden ist, wirkt die konkrete Aktion als direktes Feedback und die Kinder konnten prüfen, welche Anpassung am Algorithmus nötig ist, um das gewünschte Verhalten zu erreichen (vgl. erfahrungsbasierter Lernzyklus nach Kolb, 1984).

Obwohl das Programmieren zunächst in der Sozialform der Einzelarbeit angedacht war, haben die Kinder bei Auftreten von Problemen selbstgewählt in Kleingruppen gearbeitet (siehe Abbildungen 1 und 2), z. B. um Hilfestellung

in Form von direkten Anweisungen von erfahreneren Mitschülerinnen und -schülern zu erhalten (z. B. zur Wirkung bestimmter Befehle) oder um gemeinsam einen Algorithmus zu erstellen (Aspekt 3). Diese Kooperationsprozesse unterstützten das Kennenlernen neuer Algorithmen. Das Phänomen solch selbstgewählter Kleingruppenarbeit tritt nach Dilling (2020, S. 119) beim Einsatz digitaler Medien häufig auf. Zudem konnten Effekte der Modellwirkung beobachtet werden (Aspekt 4): Die Kinder haben z. T. ihre Algorithmen untereinander abgeglichen sich von den Algorithmen oder Gestaltungen anderer für eigene Projekte inspirieren lassen und diese nachgestellt. Hierdurch und durch Nutzung der Tutorials konnten die Kinder neue Algorithmen kennlernen.

Tabelle 1: verdichtete Einzelaspekte des Arbeits- und Nutzungsverhaltens auf Basis der Beobachtung

Einzelaspekte des Arbeitsverhaltens	Einzelaspekte des Nutzungsverhalten
1) selbstständig/unselbstständig	5) ästhetische Gestaltung
2) erfahrungsorientiert adaptiv	6) freies Programmieren einmaliger Situationen
3) kooperativ	7) freies Programmieren sich wiederholender Situationen
4) nachahmend	8) Programmieren m.H. von Tutorials



Abbildung 1 und 2: Schülerinnen und Schüler unterstützen sich gegenseitig (Fotos: KAB & JS)

Insgesamt ließ sich eine breite Nutzung des Programms beobachten: Die Kinder gestalteten ihre Figur, Bühnenbild(er) und zusätzliche Objekte (siehe Abbildungen 3 und 4), sie erstellten Algorithmen für die Objekte und programmierten Situationen oder Spiele m.H. der im Programm enthaltenen Tutorials (Aspekt 8). Bis zum Ende der Einheit haben die meisten Kinder Umgebungen gestaltet und frei⁶ programmiert. Vier von 18 wendeten zusätzlich Tutorials an.

⁶ „Frei“ bedeutet hier, dass den Lernenden keine konkreten Vorgaben gemacht worden sind. Hierbei wurde auch kein Tutorial genutzt.

Am unterschiedlichen Nutzungsverhalten wird das Potenzial zur natürlichen Differenzierung der Lernumgebung deutlich.



Abbildung 3: Produkt gestalterischer Tätigkeiten (Foto: JS)



Abbildung 4: Umsetzung der Tutorials (Foto: JS)

3.3.3 Auswertung der Eigenproduktionen der Schülerinnen und Schüler

Thematische Analysen der programmierten Elemente ergaben, dass sowohl Figuren, Objekte und Schauplätze passend zum Mars-Projekt gestaltet wurden (z. B. Landebahnen für Sonde, weitere Sonden, Planeten) als auch solche ohne thematischen Bezug (Aspekt 5).

Die Kinder programmierten auch interaktive Anwendungen, wie z. B. einmalige bzw. sich wiederholende Bewegtbilder durch Nutzung des Koordinatensystems und Wenn-Dann-Bedingungen, den sogenannten Schleifen (Loops). Daneben finden sich auch programmierte Dialoge zwischen Figuren (Aspekte 6 und 7). Solche programmierten Handlungen, die in der Realwelt von den Lernenden selbst ausgeführt werden könnten (z. B. sprechen, konkrete Bewegungen), können Impulse zur systematischen Auseinandersetzung mit der Funktionsweise von Algorithmen geben, indem die Lernenden einzelne Komponenten der Handlungen identifizieren und in Befehlsketten übersetzen.

Zusammenfassend wird deutlich, dass die Kinder unterschiedlich mit Scratch umgegangen sind. U.a. lässt sich dies auf unterschiedliche Vorerfahrungen und Kompetenzen in der Nutzung von Laptops sowie im Programmieren selbst zurückführen. So wurden unterschiedliche Nutzungsarten gewählt, ausprobiert und vertieft – selbstständig, oder mit Hilfe von anderen Kindern und den Lehrpersonen.

4. Fazit und Ausblick

Die vorgestellte Lernumgebung verknüpft unterschiedliche Elemente eines Lernens mit und über digitale Medien mit fachdidaktischen Zielstellungen: Erwerb grundlegender Begriffe im Bereich der Mathematik und der Informatik durch das Programmieren in Verbindung mit einer Betrachtung lebensweltlicher Phänomene der Informatik aus technischer Perspektive (u.a. grundlegendes Verständnis zu Algorithmen, Grundbegriffe der Programmierung, Funktionsweise von Computern). Die Ergebnisse aus der Erprobung zeigen, dass die Kombination von analogen und digitalen Medien eine wertvolle Komponente darstellt, um erste Kompetenzen im Feld einer digitalen (informatischen) Grundbildung sowohl fachbezogen als auch fachübergreifend zu entwickeln. Dazu gehörte zum einen *das Lernen mit* klassischen Medien, in der mehrperspektivische Repräsentationen durch klassische Arbeitsmittel, wie Bilder, Texte und Grafiken, ermöglicht wurden und zudem das Lernen mit digitalen Medien durch die Arbeit mit dem Computer sowie dem Internet (Nutzen von Filmen bei YouTube sowie der NASA-Website: Herunterladen vom Marshintergrund und vom Helikopter). Zudem wurde deutlich, dass die Kinder über unterschiedliche Vorerfahrungen in der Nutzung des Internets verfügen, wodurch unterschiedliche Hilfestellungen erforderlich wurden (u.a. Eingabe der Webadressen in eine Suchmaschine, Aufrufen der jeweiligen Seiten, Download und Speichern der Hintergrundbilder). Die verschiedenen Kenntnisse der Lernenden haben eine hohe Relevanz für eine erfolgreiche Nutzung digitaler Medien (Eickelmann & Gerick, 2020, S. 157). Problematisch wurde z.T. die schlechte Internetverbindung und technische Ausstattung der Schule erlebt, da Downloads benötigter Medien zehn Minuten und länger dauerten.

Bezogen auf *das Lernen über* Medien lässt sich anhand der Ergebnisse festhalten, dass die meisten Kinder einen konkreten Lernzuwachs erzielt haben. Die Auswertung der Beobachtungsprotokolle und insbesondere der Fragebogenantworten zeigen, dass z.B. die programmiererfahrenen Kinder Algorithmen entworfen und Spiele m.H. der nur in englischer Sprache vorliegenden Tutorials programmiert und die noch nicht/weniger programmiererfahrenen Kinder eher Figuren und Schauplätze gestaltet haben. Die Lernumgebung bietet hier – in Abhängigkeit von Interessen, Vorerfahrung und Wissen – Raum für individuelle programmierte Projekte, die sich z.B. in der Darstellung und im Komplexitätsgrad unterscheiden, und ermöglicht hierdurch eine natürliche Differenzierung.

In der Lernumgebung standen die prozessbezogenen Kompetenzen Problemlösen, Darstellen sowie Kommunizieren und Argumentieren im Vorder-

grund: So nutzten die Kinder unterschiedliche Algorithmen zur Problemlösung, schätzten die Brauchbarkeit ihrer Lösung ein, bewerteten diese bzgl. des angestrebten Zwecks und verglichen ihre Problemlösestrategien miteinander.

Die vorgestellte Studie liefert erste Einblicke in die Perspektiven der Lernenden und erste Hinweise eines Mehrwertes der Lernumgebung bzgl. des Lernens mit und über digitale(n) Medien – konkret zum Programmieren. Die Studie kann als Grundlage für weitere Untersuchungen in einem ähnlichen Unterrichtskontext angesehen werden. Es ist geplant, solche Lernumgebungen weiterzuentwickeln und empirisch zu überprüfen.

Literatur

- Bescherer, Ch. & Fest, A. (2019). Mathematik und informatische Bildung. Programmieren mit Scratch. In T. Junge & H. Niesyto (Hrsg.), *Digitale Medien in der Grundschullehrerbildung. Erfahrungen aus dem Projekt dileg-SL*. (S. 117–130). kopaed.
- Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15–42. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_2
- Dilling, F. (2020). Das Thema Parkettierung gestalten. Möglichkeit des Einsatzes der 3D-Druck-Technologie im Geometrieunterricht der Grundschule. In B. Brandt, L. Bröll & H. Dausend (Hrsg.), *Digitales Lernen in der Grundschule II: Aktuelle Trends in Forschung und Praxis* (S. 111–122). Waxmann. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871747.0.11>
- Eickelmann, B. & Gerick J. (2020). Lernen mit digitalen Medien. In D. Fickermann & B. Edelstein (Hrsg.), „Langsam vermisste ich die Schule ...“ Schule während und nach der Corona-Pandemie. *Die Deutsche Schule*, Beiheft 16, 153–162. <https://doi.org/10.31244/9783830992318.09>
- Förster, K.-T. (2015). Scratch im Geometrieunterricht. *mathematik lehren*, 188, 20–24.
- GDSU – Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.). (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Klinkhardt.
- GI – Gesellschaft für Informatik e.V. (Hrsg.). (2019). *Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich*. https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Service/Publikationen/Empfehlungen/GI-Empfehlung_2019_Kompetenzen_fuer_informatische_Bildung_im_Primarbereich__Web_.pdf
- Goeke, L., Stiller, J. & Pech, D. (2018). Algorithmische Verständnisweisen von Dritt-klässler/innen beim Explorieren von programmierbarem Material. In U. Franz, H. Giest, A. Hartinger, A. Heinrich-Dönges & B. Reinhoffer (Hrsg.), *Handeln im Sachunterricht* (S. 101–108). Klinkhardt. <https://doi.org/10.35468/5869-07>

- Goecke, L., Stiller, J. & Schwanewedel, J. (2021). Algorithmusverständnis in der Primarstufe. Eine Studie im Kontext des Einsatzes von programmierbarem Material. In B. Landwehr, I. Mammes & L. Murmann (Hrsg.), *Technische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. Elementar bildungsbedeutsam und dennoch vernachlässigt?* (S. 117–132). Klinkhardt.
- Goecke, L. & Stiller, J. (2018). Informatische Phänomene und Sachunterricht. Beispiele für vielperspektivischen Umgang mit einem Einplatinencomputer. In M. Thomas & M. Weigend (Hrsg.), *Informatik und Medien. 8. Münsteraner Workshop zur Schulinformatik. 18. Mai 2018* (S. 9–18). Books on Demand.
- Haug, R. (2012). *Problemlösen lernen mit digitalen Medien. Förderung grundlegender Problemlösetechniken durch den Einsatz dynamischer Werkzeuge*. Vieweg + Teubner Research. <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-8660-6>
- Herzig, B. (2020). Medienbildung in der Grundschule – ein konzeptioneller Beitrag zur Auseinandersetzung mit (digitalen) Medien. *Zeitschrift für Grundschulfor schung*, 13, 99–116. <https://doi.org/10.1007/s42278-019-00064-5>
- Irion, T. (2020). Digitale Grundbildung – zukunftsorientiert und grundschulgerecht. In U. Hecker, M. Lassek & J. Ramseger (Hrsg.), *Kinder lernen Zukunft. Über die Fächer hinaus: Prinzipien und Perspektiven. Beiträge zur Reform der Grundschule* (S. 90–102). Grundschatlverband.
- KMK – Kultusministerkonferenz (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning – Experience as the Source of Learning and Development*. Prentice Hall.
- Kortenkamp, U. & Lambert, A. (2015). Wenn ..., dann ... bis ... Algorithmisches Denken (nicht nur) im Mathematikunterricht, *mathematik lehren*, 188, 2–9.
- Kuckartz, U. (2014). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. (2. Auflage). Beltz Juventa.
- MIT – Massachusetts Institute of Technology. (2007). *Scratch (3.0) [Programmiersprache]*. <https://scratch.mit.edu/>
- Papert, S. (1975). Teaching Children Thinking. *Journal of Structural Language*, 4, 219–229.
- Peschel, M. (2020). Welterschließung als sachunterrichtliches Lernen mit und über digitale Medien als Ausgangspunkt einer umfassenden Sachbildung. In M. Thummel, R. Kammerl & T. Irion (Hrsg.), *Digitale Bildung im Grundschulalter. Grundsatzfragen zum Prinzip des Pädagogischen* (S. 341–355). kopaed.
- Stiller, J. & Goecke, L. (2019). Forschungsbezogene Lehre im Sachunterricht mit Einplatinencomputern. In M. Knörzer, L. Förster, U. Franz & A. Hartinger (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Sachunterricht* (S. 63–69). Klinkhardt.
- Walter, D. (2018). Programmieren! – Auch schon in der Grundschule? *Grundschulunterricht Mathematik*, 1, 8–12.

- Ziegenbalg, J. (2015). Algorithmik. In R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 303–329). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8_11
- Ziegenbalg, J., Ziegenbalg, O. & Ziegenbalg, B. (2016). *Algorithmen von Hammurapi bis Gödel. Mit Beispielen aus den Computeralgebrasystemen Mathematica und Maxima*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-12363-5>

Lernen und Fördern mit E-Books

Förderung individueller Kompetenzen von Schüler:innen im inklusiven Sachunterricht der Grundschule

Abstract

Interaktive E-Books stellen ein großes Angebot an Lerntools zur Verfügung, welche die Schüler:innen gemäß ihren individuellen Kompetenzen nutzen können. Die bedürfnisorientierte Nutzung der E-Books ist für Kinder mit einem Förderbedarf in der emotionalen und sozialen Entwicklung essenziell und eignet sich darüber hinaus auch für eine differenzierte Förderung aller Kinder in inklusiven Unterrichtssettings. Im vorliegenden Beitrag wird eine Studie skizziert, für die ein E-Book zur Förderung von Kindern im inklusiven Unterricht entwickelt wurde. Der Beitrag fokussiert die Vorstellung des E-Books sowie der Ergebnisse aus zwei Pilotstudien, in denen das E-Book im Hinblick auf Gestaltung, Funktionalität und didaktische Einsatzmöglichkeiten im Sachunterricht evaluiert wurde.

1. Einführung

Digitale Medien bieten zufolge zahlreicher Studien neue und vielfältige Möglichkeiten zur Differenzierung und Individualisierung im Unterricht (u.a. Hellwig, 2020, S. 345ff.; McElvany, 2018, S. 100; Schaumburg, 2018, 21ff.; Zorn et al., 2019, S. 21ff.). Insbesondere der inklusive Unterricht¹ bedarf aufgrund seiner Heterogenität eines hohen Maßes an Differenzierung und Individualisierung, um die häufig sehr unterschiedlichen Bedürfnisse und Potenziale der Schüler:innen bestmöglich zu fördern (Dorrance, 2016, S. 273f.). Aufgrund der genannten Differenzierungs- und Individualisierungspotenziale digitaler

¹ Inklusiver Unterricht bedeutet gemeinsamer Unterricht, der eine gleichberechtigte Teilhabe aller Kinder, unabhängig von Beeinträchtigungen, sicherstellt. Ziel ist es, die individuellen Kompetenzen der Kinder durch geeignete Differenzierungsmaßnahmen zu fördern (Dorrance, 2016, S. 273f.).

Medien muss der Nutzen ihres Einsatzes im Kontext inklusiver Unterrichtssettings näher betrachtet werden. Bereits die Grundschule ist dazu verpflichtet, einen Beitrag zum Aufbau von Medienkompetenz zu leisten (KMK, 2017, S. 11ff.). Aufgrund des ihm zugrundeliegenden Anspruchs, an die Lebenswelt der Kinder anzuknüpfen (GDSU, 2013, S. 9), verpflichtet sich besonders der Sachunterricht zur Auseinandersetzung mit digitalen Medien, um die Kinder für eine kritische Auseinandersetzung mit ihrer digitalen Umgebung zu sensibilisieren, sie auf diesbezügliche Herausforderungen vorzubereiten und für eine Teilhabe an der Gesellschaft und deren digitaler Bestandteile zu qualifizieren (GDSU, 2021).

Im Hinblick auf den großen Einfluss emotionaler und sozialer Kompetenzen auf die persönliche Entwicklung sowie den Lernerfolg von Kindern (Lohbeck et al., 2015, S. 2; Taylor et al., 2017, S. 1165ff.), erscheint die Wirkung digitaler Medien im Förderschwerpunkt der Emotional sozialen Entwicklung besonders interessant. Hier fehlen bislang praktikable Herangehensweisen, die Kinder mit und ohne Förderbedarf im inklusiven Unterricht gleichermaßen fördern, Lehrkräfte nicht überfordern und gleichzeitig die Aspekte der Individualisierung und Differenzierung hinreichend berücksichtigen (Harms, 2014, S. 53). Da digitale Medien, wie bereits beschrieben, als Möglichkeit zur Umsetzung dieser Aspekte diskutiert werden, müssen sie als Instrument für die fehlenden praktikablen Herangehensweisen betrachtet werden. Inwiefern sie diesbezüglich jedoch in der Praxis eine positive Wirkung erzielen, ist empirisch nicht erforscht. Generell fehlt es an Erkenntnissen hinsichtlich konkreter Einsatzmöglichkeiten digitaler Unterstützungsangebote im Lehr-Lern-Feld inklusiver Bildungsangebote (Eickelmann, 2016, S. 87f.). Ein Vorschlag für eine solche Einsatzmöglichkeit ist Gegenstand des vorliegenden Beitrags: Digitale, interaktive E-Books werden insbesondere im Umgang mit heterogenen Klassen als wertvolle Differenzierungsmethode hervorgehoben (RND, 2019). Dies ist auf die Möglichkeit der individuellen und bedürfnisorientierten Nutzung vielfältiger Tools wie beispielsweise Text- und Bildelemente sowie Video- und Audiodateien zurückzuführen, die eine große Auswahl an Lernformaten zur Verfügung stellen (ebd.). Lerneinheiten können mithilfe solcher E-Books von der Lehrkraft flexibel angepasst und individualisiert werden (Ott, 2012). Um den tatsächlichen Nutzen des dargestellten E-Books zu überprüfen, soll mithilfe einer kontrollierten Studie untersucht werden, ob das Lernen mit einem für die geplante Studie selbst entwickelten E-Book

- a) die sozialen und emotionalen Kompetenzen von Schüler:innen steigert und

- b) den Lernzuwachs im inklusiven Sachunterricht der Grundschule positiv beeinflusst.

Den Fokus des vorliegenden Beitrags bilden die Vorstellung des E-Books und der Ergebnisse aus zwei Pilotstudien zur Weiterentwicklung des E-Books in Bezug auf die Bedürfnisse der Zielgruppe. Das E-Book wurde dazu im Unterricht erprobt und durch Schüler:innen sowie Lehrkräfte evaluiert.

Zur Nachvollziehbarkeit und zur Einbettung der Pilotstudien in den Gesamtkontext des Forschungsprojekts erfolgt in Kapitel zwei zunächst ein Überblick über das geplante Studiendesign sowie in Kapitel drei über die Inhalte der für die Studie geplanten Intervention. Im Anschluss wird das selbst entwickelte E-Book präsentiert (Kapitel 4) und dessen Erprobung im Rahmen der Pilotstudien vorgestellt (Kapitel 5). Aus den Erkenntnissen werden Handlungs- und Optimierungsbedarfe für die Hauptstudie abgeleitet. Eine Zusammenfassung in Kapitel sechs bildet den Abschluss des Beitrags.

2. Gesamtüberblick

Den Fokus der Studie bildet das E-Book. Dieses wurde entlang der Zielgruppe entwickelt, um es auf deren Bedürfnisse abzustimmen und eine generelle Durchführbarkeit der für die Studie geplanten Reihe zu gewährleisten. Dazu wurde das E-Book im Rahmen von zwei Pilotstudien an zwei verschiedenen inklusiven Grundschulen getestet, evaluiert und für die Hauptstudie optimiert. Im Rahmen der geplanten Hauptstudie wird eine Intervention im Kontrollgruppendesign in der Jahrgangsstufe vier einer inklusiven Grundschule durchgeführt. Das Untersuchungsdesign setzt sich aus einem Zweigruppenplan (2x Experimentalgruppe (EG) und 2x Kontrollgruppe (KG)) mit drei Messzeitpunkten (Prä-, Post-, Follow-up) zusammen. Die Durchführung der Intervention findet zwecks Vergleichbarkeit in beiden Gruppen parallel statt. Um die Wirkung des E-Books zu überprüfen, wird lediglich die Variable *E-Book* in den beiden Gruppen verändert. Die Experimentalgruppe erhält die Intervention mit E-Book und die Kontrollgruppe erhält die gleiche Intervention ohne E-Book. Die Wirkung der Intervention mit und ohne E-Book wird durch vielfältige Erhebungsmethoden überprüft: Mittels standardisierter Verfahren werden die emotionalen und sozialen Kompetenzen im Prä-, Post-, Follow-up-Vergleich beurteilt. Mithilfe des Screeninginstruments *Integrated Teacher Report Form (ITRF)* (Volpe et al., 2018) werden spezifische soziale Verhaltensweisen der Kinder im Unterricht aus Lehrer:innenperspektive erfasst. Diese Beurteilung wird durch das Screeningverfahren *Lehrereinschätzliste (LSL)* (Pe-

termann & Petermann, 2013) zur Bewertung des Sozialverhaltens der Schüler:innen durch die Lehrkräfte ergänzt. Zusätzlich erfolgt eine Einschätzung des eigenen Sozialverhaltens durch die Schüler:innen anhand der *Schülerreinsschätzliste (SSL)* (Petermann & Petermann, 2014). Der fachliche Lernzuwachs wird durch qualitative Interviews anhand eines Leitfadens erhoben. Gleichzeitig wird das Verhalten von mittels *ITRF* als auffällig identifizierten Kindern in Form von Einzelfallanalysen beurteilt. Dies geschieht über die Methode der *Direkten Verhaltensbeobachtung (DVB)* (Casale et al., 2019). Zusammenfassend lässt sich das Design der gesamten Studie durch folgende Übersicht abbilden:

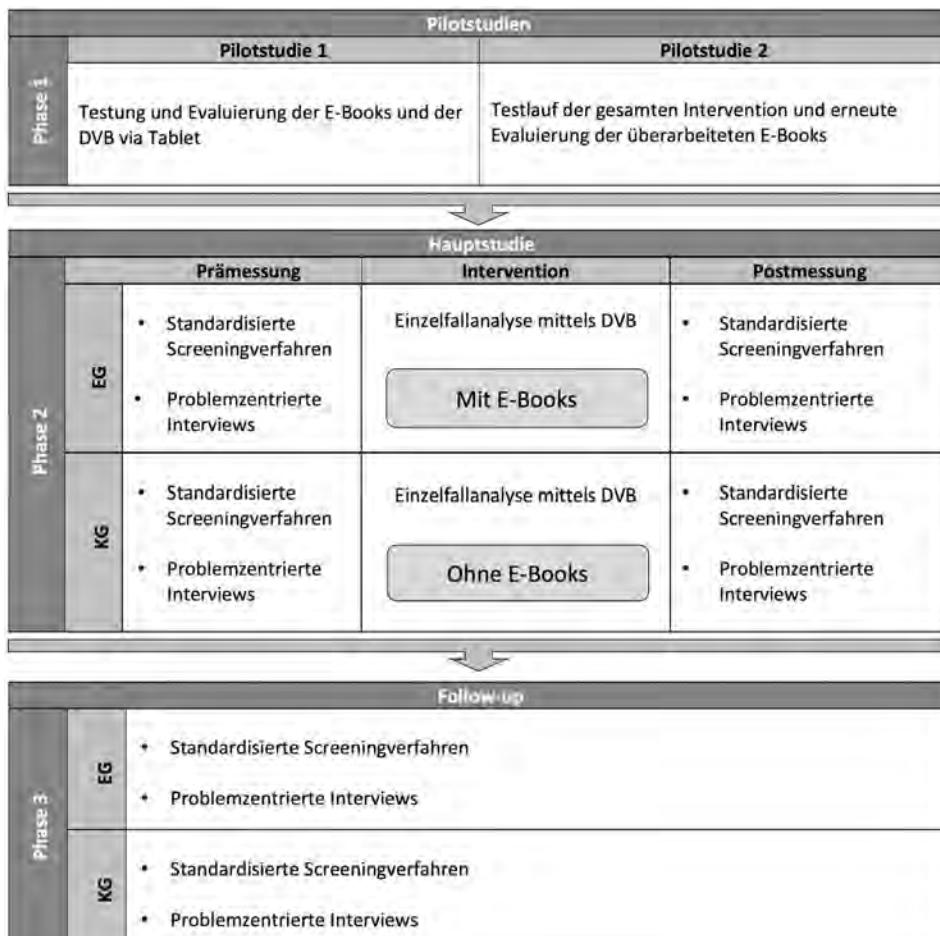


Abbildung 1: Visualisierung des Untersuchungsdesigns

3. Inhalte der Intervention

In der für die Studie geplanten Intervention (vgl. Abbildung 1) werden zwei Lernbereiche aufgriffen. Im Bereich der emotional-sozialen Entwicklung werden Elemente des evidenzbasierten Ben & Lee-Trainings (Urban, 2015) für die geplante Unterrichtsreihe adaptiert und mithilfe des E-Books digital umgesetzt. Das Ben & Lee-Training setzt sich aus drei Bausteinen zusammen und eignet sich zur Förderung emotionaler und sozialer Kompetenzen (ebd.). Daher werden im Rahmen der geplanten Intervention drei Bereiche aus zwei Bausteinen zur Förderung der emotionalen und sozialen Kompetenzen fokussiert: Das Erkennen von Gefühlen (Baustein 1), soziales Handeln und die Emotionsregulation (Baustein 2). In Bezug auf sachunterrichtsrelevante Fachinhalte wird mit dem Thema *Klimawandel* eines der „drängendsten Themen unserer Zeit“ (DBS, 2021) gewählt. Die Auswirkungen des Klimawandels sind bereits für Kinder spürbar und beeinflussen ihren Alltag (ebd.). Der daraus resultierende Lebensweltbezug und die Verantwortung, die bereits Kinder im Bereich *klimafreundliches Handeln* tragen, verdeutlichen die Notwendigkeit einer frühen Thematisierung des Klimawandels in der Grundschule, insbesondere im Sachunterricht (BMU, 2017, S. 1f.; GDSU, 2013, S. 9). Zusätzlich erfordert das Thema *Klimawandel* die Auseinandersetzung mit den Bedürfnissen Anderer sowie einen achtsamen Umgang mit jenen (DBS, 2021). Es eignet sich daher besonders gut, um soziales und emotionales Denken anzuregen. In der geplanten Intervention werden die Folgen des Klimawandels anhand der Auswirkung des anthropogenen Treibhauseffektes auf den Lebensraum der Eisbären veranschaulicht. Die Intervention ist in einem Umfang von sieben Doppelstunden geplant.

4. Vorstellung des E-Books

Im Rahmen der geplanten Studie erhält jedes Kind ein eigenes E-Book-Template. *Template* bedeutet, dass die Kinder ein E-Book erhalten, in dem bestimmte Inhalte wie Layout und Aufgabenstellungen bereits vorgegeben sind. In diesem Rahmen bearbeiten die Kinder die Inhalte der Intervention. Dies hat den Zweck, dass die Schüler:innen in einer vordefinierten Struktur arbeiten und die Tools des E-Books selbstständig nutzen. Somit sind sie frei in ihrer Gestaltung und arbeiten trotzdem entlang eines roten Fadens. Die App *Book Creator* (Tools for Schools Limited, 2011–2022) wurde als geeignetes Medium zur Erstellung der E-Book-Templates gewählt, da sie über eine sehr intuitive Bedienbarkeit verfügt und bereits von Schulen im Unterricht genutzt wird.

4.1 Rahmenhandlung des E-Books

Die Rahmenhandlung der Intervention und elementarer Bestandteil des E-Books ist eine selbst konzipierte Geschichte über die beiden Freunde Mia und Finn. Die beiden Kinder stehen in der Geschichte vor zahlreichen Problemen, bei deren Lösung sie auf die Hilfe der Schüler:innen angewiesen sind. Dieses unter dem Buddy-Prinzip bekannte Vorgehen (Schell, 2011, S. 138) ist eine bewährte Methode des Sachunterrichts und hat sich insbesondere als förderlich für die Motivation der Kinder sowie als effektiv in inklusiven Settings erwiesen (Hennemann et al., 2012, S. 133). Als Rahmenhandlung hat sie sich außerdem im Ben & Lee-Training bewährt (Urban, 2015). Daher wurde dieses Vorgehen für die Studie adaptiert. Die Geschichte von Mia und Finn erhalten die Kinder als separates digitales Buch, so dass sie jederzeit darauf zugreifen können. Die Geschichte liefert die Impulse für die Fragen- und Aufgabenstellungen in den Bereichen *Emotionen* und *Klimawandel*.

4.2 Gestaltung des E-Books

Die Gestaltung des E-Book-Templates orientiert sich an Vorgaben für multimediale Lernmedien, die beruhend auf Erkenntnissen aus dem Instruktionsdesign empfohlen werden (Vath et al., 2001, S. 29 ff.). Die nachfolgenden Kriterien werden für die Entwicklung des E-Book-Templates genutzt: *Die Nutzung des jeweiligen Lernmediums sollte den Schüler:innen Spaß machen, mithilfe überraschender Situationen und Darstellungen kann ihr Interesse geweckt werden* (ebd.). Dieser Vorgabe wird unter Einbezug der Nutzung verschiedener Medien wie Recherchelinks und Erklärvideos nachgegangen. Illustrationen der Geschichte wecken zusätzlich das Interesse der Kinder. Insbesondere in Bezug auf die individuellen Bedürfnisse der Schüler:innen kann durch *Zusatzinformationen, die ein Thema ergänzen oder vertiefen, differenziert werden* (ebd.). Diesbezüglich werden in den E-Books Zusatzaufgaben zur Verfügung gestellt, die von denjenigen Kindern bearbeitet werden können, die die obligatorischen Aufgaben bereits fertiggestellt haben. Indem die Kinder verschiedene Medien nutzen, um Informationen zu sammeln (Recherche, Video, Text) und verschiedene Medienprodukte erstellen, um ihre Ergebnisse zu präsentieren (Text, Video, Audio, Bilder, Zeichnungen), werden die E-Books auch dem Kriterium des *Abwechslungsreichtums* (ebd.) gerecht. Falls die Kinder Schwierigkeiten mit der Bedienung der E-Books haben, können sie auf eine Tippkarte zur Nutzung der Funktionen des E-Books zurückgreifen. Dadurch wird das Kriterium *der instruktionalen, kontextorientierten Unterstützung* (ebd.) berücksichtigt. Als

wichtig hat sich außerdem *ein stabiles Layout erwiesen, welches sich durch eine einheitliche Struktur charakterisieren lässt* (ebd.). Jede Doppelstunde folgt dem gleichen Schema: Stundenziele, Einstiegsritual, Geschichte, Aufgaben, Reflexion. Dadurch können sich die Schüler:innen schnell an die Bearbeitung der Aufgaben mittels E-Book gewöhnen. Somit, sowie mithilfe von Inhaltsübersichten und den Illustrationen der Geschichte wird gleichzeitig die Forderung nach *ausreichend Orientierung* berücksichtigt (ebd.).

Die Stundenziele können die Schüler:innen jederzeit wieder aufrufen, falls sie sich neu orientieren möchten. Sie dienen der Stundentransparenz und sind ein wichtiges Mittel im Sinne des *Classroom Managements*, welches insbesondere in inklusiven Klassen essenziell für die Förderung aller Schüler:innen ist (Werning, 2016, S. 232). Die Aufgabenstellungen werden durch Bearbeitungshinweise ergänzt. Die Seiten sind mit Seitenzahlen nummeriert. Dies dient ebenfalls der Orientierung und ermöglicht der Lehrkraft, konkret auf einzelne Seiten zu verweisen. Um die Möglichkeiten des digitalen Lernens mit den E-Books auszuschöpfen, werden den Kindern auch digitale Hilfestellungen zur Verfügung gestellt. Beispielsweise können sie für die Bearbeitung von Fragen digital hinterlegtes Bildmaterial sowie digitale Hilfekarten nutzen. Auf diese können sie über die App *Book Creator* (Tools for Schools Limited, 2011–2022) schnell und einfach zugreifen.

Zusammenfassend ist die Gestaltung darauf ausgelegt, den Schüler:innen so viel Freiraum wie möglich zu lassen, ihnen aber notwendige Hinweise zu geben, wenn sie diese benötigen. Im nachfolgenden Kapitel wird der Einsatz des E-Books im Rahmen der Pilotstudie konkretisiert.

5. Vorstellung der Pilotstudien

Die Evaluation des E-Books im Rahmen von zwei Pilotstudien dient wie bereits beschrieben der Überprüfung der Machbarkeit der Intervention mit dem E-Book sowie der Beseitigung möglicher Störvariablen für die Hauptstudie. Die in der ersten Pilotstudie gewonnenen Erkenntnisse wurden dazu genutzt, das E-Book inhaltlich und funktional zu überarbeiten. Diese Weiterentwicklung wurde in einer weiteren Pilotstudie überprüft. Nachfolgend werden beide Pilotstudien und daraus resultierende Erkenntnisse sowie Handlungsschritte präsentiert.

5.1 Pilotstudie 1

In der ersten Pilotstudie wurden drei Bereiche der geplanten Intervention für die Durchführung in der Hauptstudie evaluiert: 1. Das selbst entwickelte E-Book im Hinblick auf Benutzerfreundlichkeit, Gestaltung, Verständlichkeit und didaktische Einsatzmöglichkeiten, 2. Material und Inhalt aus drei fertig geplanten Unterrichtsstunden zu den Themen *Emotionen erkennen* und *Klimawandel* sowie 3. Die direkte Verhaltensbeobachtung via Tablet. Insgesamt wurden die drei Unterrichtsstunden an zwei Tagen in zwei dritten Klassen mit jeweils 25 und 27 Kindern einer inklusiven Grundschule in Köln durchgeführt. Mithilfe von Befragungen der Schüler:innen wurden die Perspektiven der Kinder hinsichtlich des Lernens mit dem E-Book erhoben. Durch die Befragungen konnten die Wirkung des E-Books bei den Kindern sowie die Komplexität und Machbarkeit der Aufgabenstellungen und Inhalte eingeschätzt werden. Für die Befragungen wurden problemzentrierte Interviews (Aeppli et al., 2016, S. 182 ff.) geführt, die per Video aufgezeichnet wurden. Zusätzlich wurde das Diagnoseinstrument *DVB* via Tablet eingesetzt. Dabei ging es insbesondere um die Testung der Funktionalität einer digitalen Beurteilung im Rahmen der DVB. Die Ergebnisse wurden zur Optimierung des E-Books und dessen Inhalte für die Planung weiterer Bestandteile der für die Hauptstudie geplanten Intervention genutzt.

5.2 Pilotstudie 2

Die zweite Pilotstudie fand in einer jahrgangsübergreifenden Klasse drei/vier mit 25 Schüler:innen in einer weiteren inklusiven Grundschule in Köln statt. Insgesamt wurden sechs Doppelstunden über eine Gesamtdauer von drei Wochen durchgeführt. Hierbei wurde die gesamte für die Hauptstudie geplante Intervention durchgeführt. Folglich diente die zweite Pilotstudie als Testlauf für die Hauptstudie. Pro Woche fanden jeweils zwei Doppelstunden in der Klasse statt. Während die erste Pilotstudie in einer sehr homogenen Gruppe stattfand, wurde die zweite Pilotstudie in einer stark heterogenen Gruppe durchgeführt. Insgesamt waren mit den Bereichen *Emotional soziale Entwicklung* (EsE), *Lernen* (LE), *Deutsch als Zweitsprache* (DaZ), *Sprache* (SQ) und *Sehen* (SE) fünf Förderschwerpunkte vertreten. Folglich konnte das E-Book in seiner Wirkung für verschiedenste Bedarfe eingeschätzt werden. Unmittelbar vor Beginn der Durchführung wurden Vertonungen der Aufgabenstellungen und Texte für ausgewählte Kinder vorgenommen, um für diese eine größtmögliche Selbständigkeit zu garantieren und die Vorteile des multimedialen

Mediums (E-Book) voll auszuschöpfen. Die Durchführung wurde durch Protokolle und Gespräche mit den Lehrkräften sowie anhand eines abschließenden Beobachtungsbogens, der von den Lehrkräften ausgefüllt wurde, dokumentiert und evaluiert. Nachfolgend werden die wichtigsten Ergebnisse aus beiden Pilotstudien zusammengefasst.

5.3 Ergebnisse der Pilotstudien

Die Ergebnisse beider Pilotstudien beruhen auf Beobachtungen während der Durchführungen, Gesprächen mit den Lehrkräften, Beurteilungen durch den Beobachtungsbogen sowie auf den Aussagen der Schüler:innen in den problemzentrierten Interviews.

Bezüglich des Einsatzes des Erhebungsinstruments *Direkte Verhaltensbeurteilung via Tablet* ließ sich feststellen, dass das Tablet die Dokumentation erleichtert, indem das zu beurteilende Verhalten (Item) schnell und einfach erfasst und somit zusätzlicher Papieraufwand vermieden werden kann. Jedoch wurde deutlich, dass eine gleichzeitige Durchführung der Intervention und Dokumentation mittels DVB durch eine einzelne Person nicht möglich ist. Der hohe Personalschlüssel innerhalb der zweiten Pilotstudie, der aus einer Lehrkraft, einem Sonderpädagogen und der Versuchsleitung bestand, hat sich diesbezüglich als sehr positiv erwiesen und wäre somit auch für die Hauptstudie wünschenswert. Auf Basis der Erfahrungen aus Pilotstudie 1 wurden der Zeitrahmen erweitert und Inhalte stärker selektiert. Der erweiterte Zeitrahmen erwies sich trotz reduzierter Inhalte in Pilotstudie 2 weiterhin als zu knapp bemessen. Um den Schüler:innen mehr Zeit für die Präsentation ihrer Ergebnisse, kritische Nachfragen und Reflexionen zu geben, werden die ursprünglich geplanten sechs Doppelstunden auf eine Interventionsdauer von sieben Doppelstunden erweitert. Insgesamt riefen die E-Books in beiden Pilotstudien eine hohe Motivation bei den Schüler:innen hervor, dies wurde durch die Lehrkräfte bestätigt. In den Befragungen wurden die unterschiedlichen kreativen Gestaltungsmöglichkeiten positiv hervorgehoben.

Schwierigkeiten gab es in Pilotstudie 1 insbesondere durch die Lautstärke im Klassenraum. Aufgaben, in denen es darum ging, Videos oder Audiodateien anzuschauen, abzuhören oder selbst zu erstellen, konnten nicht befriedigend bearbeitet werden. Dies äußerte sich in zunehmender Lautstärke sowie diesbezüglichen Anmerkungen der Lehrkraft gegenüber. In der zweiten Pilotstudie wurde diese Problematik zu einem Großteil durch den Einsatz von Kopfhörern beseitigt. Dies hat sich nicht nur auf die Lautstärke positiv ausgewirkt, sondern auch für Kinder mit Defiziten in den Bereichen LE, DaZ, SE und SQ als sehr

förderlich erwiesen: Die Schüler:innen hatten die Möglichkeit, Aufgabenstellungen individuell mit Kopfhören abzuhören und waren somit nicht auf ihre individuelle Lesefähigkeit oder eine externe Unterstützung angewiesen. Bezuglich der Bedienbarkeit und Bearbeitung des E-Books in der App *Book Creator* (Tools for Schools Limited, 2011–2022) wurde im Rahmen der ersten Pilotstudie deutlich, dass die Kinder die Funktionen intuitiv und richtig nutzen. Die Bearbeitung der einzelnen Seiten erforderte jedoch viel Interaktion, da häufig nicht klar war, welche Seiten bearbeitet werden sollen. Im Rahmen der zweiten Pilotstudie kam es diesbezüglich zu weniger Problemen, da das E-Book parallel am Beamer im Klassenraum präsentiert wurde und die zu bearbeitende Seite inklusive Seitenzahl zu jeder Zeit für die Kinder einsehbar war.

In Bezug auf die Sozialformen ließ sich feststellen, dass die Einzelarbeit im E-Book sehr gut funktioniert hat, während die Partnerarbeit unter Einbindung des E-Books in beiden Pilotstudien weniger erfolgreich war: Das E-Book hat die Kinder dazu verleitet, Aufgaben alleine zu bearbeiten. Diesbezüglich haben sich in der zweiten Pilotstudie konkrete Anweisungen (z. B. Murmelphase) zu der Partnerarbeit bewährt. Aufgrund der Rückmeldung der Lehrkräfte soll für die Hauptstudie eine gezieltere Zusammensetzung der Schüler:innen in Tandems aus leistungsstarken und -schwachen Kindern erfolgen. Diese erweist sich insbesondere auch in sehr heterogenen Gruppen als förderlich (Harms, 2014, S. 54f.). Eine der wichtigsten Erkenntnisse aus beiden Pilotstudien bezieht sich auf die Bearbeitung des E-Books mit Blick auf die individuellen Voraussetzungen der Schüler:innen, die Hauptgegenstand der geplanten Hauptstudie sind. In Pilotstudie 2 konnten diesbezüglich wichtige Beobachtungen gemacht werden. Beispielsweise betonten die Lehrkräfte, dass schwächere Kinder im Anschluss an die individuelle Arbeit im E-Book vermehrt an Diskussionen im Plenum teilnahmen. Insbesondere im Verlauf von Pilotstudie 2 nutzten die Kinder bei der Aufgabenbearbeitung zunehmend mehr Funktionen und Tools im E-Book. Dabei wurden diese sehr unterschiedlich und auch in Abhängigkeit der jeweiligen Fähigkeiten der Kinder bearbeitet. Dies bestätigt, zumindest in der Beobachtung, die diesem Projekt zugrundeliegende Hypothese, dass der Vorteil der E-Books in der großen Auswahl an Bearbeitungsmöglichkeiten und somit in den Aspekten der Differenzierung und Individualisierung liegt. Da die beiden Kinder mit dem Förderschwerpunkt in der emotionalen und sozialen Entwicklung an einigen Doppelstunden nicht teilgenommen haben, ließen sich hier nur wenige Beobachtungen machen. Grundsätzlich haben beide Kinder aber mit großem Interesse an der Reihe teilgenommen. Durch das nachträgliche und individuelle Anhören der Geschichte von Mia und Finn konnten die betroffenen Kinder wieder leicht in das Thema einsteigen. Dementspre-

chend besteht auch hier weiterhin die Hoffnung, Kinder mit Defiziten in der Emotional sozialen Entwicklung mit der Intervention fördern zu können. Die Pilotstudie 2 zeigt, dass sowohl die Funktionen als auch die inhaltliche Umsetzung des E-Books keinen weiteren Optimierungsbedarf erfordern. Lediglich an dem Umfang und an ausgewählten didaktischen Überlegungen müssen einige wenige Anpassungen vorgenommen werden. So können weitere Störvariablen in Bezug auf die Durchführbarkeit der Intervention im Rahmen der Hauptstudie minimiert werden.

6. Fazit und Ausblick

Zusammenfassend wurden durch die mehrfache praktische Erprobung und Evaluation des selbst gestalteten E-Books die Anforderungen an und Herausforderungen von Forschung im Feld der Schule deutlich. Diese bedarf eines hohen Maßes an Flexibilität. Durch die praktische Erprobung des E-Books im Schulkontext kann eine bestmögliche Durchführung der Hauptstudie gewährleistet werden und somit den Schüler:innen und Lehrkräften ein für den Unterricht funktionales Tool – in diesem Fall das E-Book – an die Hand gegeben werden. Eine wichtige Erkenntnis der Pilotstudien ist insbesondere auch die positive Reaktion der Kinder mit und ohne Förderbedarf sowie ihre hohe Motivation, die die Relevanz der hier vorgestellten Studie unterstreichen und die ihr innewohnende Hoffnung bestärken: Wege zu finden, die persönlichen und fachlichen Kompetenzen aller Schüler:innen, unabhängig ihrer individuellen Ausgangslagen, bestmöglich zu fördern und dem Gedanken, aber insbesondere der Umsetzung von Inklusion ein Stück näherzukommen. Die dafür notwendige empirische Überprüfung des E-Books erfolgt im nächsten Schritt in der Hauptstudie.

Literatur

- Aeppli, J., Gasser, L., Gutzwiller, E. & Tettenborn Schärer, A. (2016). *Empirisches wissenschaftliches Arbeiten: Ein Studienbuch für die Bildungswissenschaften* (4. Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt. <https://doi.org/10.36198/9783838546957>
- BMU [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit] (2017). *Klimawandel. Bildungsmaterial für die Grundschule. Informationen für Lehrkräfte*. Verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Bildungsmaterialien/gs_klima_lehrer_bf.pdf [11.02.2021].

- Casale, G., Huber, C., Hennemann, T. & Grosche, M. (2019). *Direkte Verhaltensbeurteilung in der Schule. Eine Einführung für die Praxis*. München: Ernst Reinhard.
- DBS [Deutscher Bildungsserver] (2021). *Umwelterziehung im Schulunterricht*. Verfügbar unter: <https://www.bildungsserver.de/Umwelterziehung-706-de.html> [08.09.2021].
- Dorrance, C. (2016). Primarstufe. In I. Hedderich, G. Biewer, J. Hollenweger & R. Markowetz (Hrsg.), *Handbuch Inklusion und Sonderpädagogik* (S. 272–277). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Eickelmann, B. (2016). Eine Bilanz zur Integration digitaler Medien an Grundschulen in Deutschland aus international vergleichender Perspektive. In M. Peschel & T. Irion (Hrsg.), *Neue Medien in der Grundschule 2.0. Grundlagen – Konzepte – Perspektiven* (S. 79–91). Frankfurt am Main: Grundschulverband e. V. 2016.
- GDSU [Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts] (Hrsg.) (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (vollst. überarb. u. erweit. Ausg.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- GDSU [Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts] (2021): *Positionspapier Sachunterricht und Digitalisierung. Erarbeitet von der AG Medien & Digitalisierung der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts – GDSU (Markus Peschel, Friedrich Gerveé, Inga Gryl, Thomas Irion, Daniela Schmeinck, Philipp Straube)*. Verfügbar unter: <http://www.gdsu.de> [22.04.2021].
- Harms, U. (2014). *Besondere Schüler – Was tun? Rund um den Förderschwerpunkt emotionale und soziale Entwicklung: Hintergrundinformationen – Fallbeispiele – Strategien*. Mülheim an der Ruhr: Verlag an der Ruhr.
- Hellwig, S. (2020). Förderung von Kindern im inklusiven Sachunterricht durch kooperatives Lernen mit digitalen Medien. In K. Kaspar, M. Becker-Mrotzek, S. Hofues, J. König & D. Schmeinck (Hrsg.), *Bildung, Schule, Digitalisierung* (S. 345–350). Münster: Waxmann.
- Hennemann, T., Hillenbrand, C., Franke, S., Hens, S., Grosche, M., Pütz, K. (2012). Kinder unter erhöhten emotional-sozialen und kognitiven Risiken als Herausforderung für die Inklusion. Evaluation einer selektiven Präventionsmaßnahme in der schulischen Eingangsstufe. *Empirische Sonderpädagogik*, 4 (2), 129-146.
- KMK [Kultusminister Konferenz] (2017). *Bildung in der digitalen Welt, Strategie der Kultusministerkonferenz*. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf [06.11.2019].
- Lohbeck, A., Petermann, F. & Petermann, U. (2015). Selbsteinschätzungen zum Sozial- und Lernverhalten von Grundschulkindern der vierten Jahrgangsstufe. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 47, 1–13. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000118>.
- McElvany, N. (2018). Digitale Medien in den Schulen: Perspektive der Bildungsforschung. In N. McElvany, F. Schwabe, W. Bos & H.G. Holtappels (Hrsg.), *Digitalisierung in der schulischen Bildung. Chancen und Herausforderungen* (S. 99–107). Münster: Waxmann.

- Ott, O. (2012). *Das Lehrbuch der Zukunft*. Verfügbar unter: <https://www.digital-lernen.de/nachrichten/technik/einzelansicht/artikel/das-lehrbuch-der-zukunft.html> [09.09.2021].
- Petermann, U. & Petermann, F. (2013). *Lehrereinschätzliste für Sozial- und Lernverhalten* (2. überarb. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Petermann, F. & Petermann, U. (2014). *Schülereinschätzliste für Sozial- und Lernverhalten. Manual*. Göttingen: Hogrefe.
- RND [Redaktionsnetzwerk Deutschland] (2019). *Buch oder Bildschirm? Digitale Medien können beim Lernen helfen*. Verfügbar unter: <https://www.rnd.de/wissen/buch-oder-bildschirm-digitale-medien-kennen-beim-lernen-helfen-FLASS24EG73CJ264IYQTB63FR4.html> [08.09.2021].
- Schaumburg, H. (2018). Empirische Befunde zur Wirksamkeit unterschiedlicher Konzepte des digital unterstützten Lernens. In N. McElvany, F. Schwabe, W. Bos & H.G. Holtappels (Hrsg.), *Digitalisierung in der schulischen Bildung. Chancen und Herausforderungen* (S. 27–40). Münster: Waxmann.
- Schell, A. (2011). *Die Förderung emotionaler und sozialer Kompetenzen im Vorschulalter. „Lubo aus dem All!“ Entwicklung, Implementierung und Evaluation eines Trainingsprogramms zur Prävention von Gefühls- und Verhaltensstörungen*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Taylor, R. D., Oberle, E., Durlak, J. A. & Weissberg, R. P. (2017). Promoting Positive Youth Development Through School-Based Social and Emotional Learning Interventions: A Meta-Analysis of Follow-Up Effects. *Child Development*, 88(4), 1156–1171. <https://doi.org/10.1111/cdev.12864>.
- Tools for Schools Limited (2011–2022). Book Creator for iPad (Version 5.5.3) [Mobile app]. App Store. <https://apps.apple.com/de/app/book-creator-for-ipad/id442378070>.
- Urban, M. (2015). *Konzeption & Evaluation eines Trainings zur Prävention von Gefühls- und Verhaltensstörungen durch Förderung sozialer und emotionaler Kompetenzen unter Berücksichtigung fachbezogener Lerninhalte des Deutsch- und Sachunterrichts in 3./4. Klassen (inklusiver) Grundschulen*. Dissertation, Universität zu Köln.
- Vath, N., Hasselhorn, M. & Lüer, G. (2001). *Multimedia-Produkte für das Internet*. München: Oldenbourg. <https://doi.org/10.1515/9783486808582>.
- Volpe, R.J., Casale, G., Mohiyeddini, C., Grosche, M., Hennemann, T., Briesch, A.M. & Daniels, B. (2018). A universal behavioral screener linked to personalized classroom interventions: psychometric characteristics in a large sample of German schoolchildren. *Journal of School Psychology*, 66, 25–40. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2017.11.003>.
- Werning, R. (2016.). Lernen. In I. Hedderich, G. Biewer, J. Hollenweger & R. Markowitz (Hrsg.), *Handbuch Inklusion und Sonderpädagogik* (S. 229–234). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Zorn, I. Schluchter, J.R. & Bosse, I. (2019). Theoretische Grundlagen inklusiver Medienbildung. In I. Bosse, J.R. Schluchter & I. Zorn (Hrsg.), *Handbuch Inklusion und Medienbildung* (S. 16–34). Weinheim: Beltz Juventa.

Im Spektrum analoger und digitaler Medien

Darstellen, Darstellungen und Darstellungstransferprozesse

Abstract

Der eigenständig vorzunehmende Darstellungstransfer ist beim Mathematiklernen ein wesentlicher Indikator für Verstehen. Digitale Medien haben die Möglichkeiten des Darstellens, des Lernens mit Darstellungen und der Darstellungstransferprozesse enorm erweitert. Damit eröffnet sich ein neues Spektrum, in dem Darstellen, Darstellungsebenen und Darstellungstransferprozesse sowie damit verbundene (kognitive) Anforderungen erfasst, analysiert und aus mathematikdidaktischer Perspektive bewertet werden müssen. Für diesen Charakterisierungsprozess haben wir ein theoretisches Modell entwickelt, mit dem wir ausgehend von der Charakterisierung von Möglichkeiten, die im Medium implementiert sind, erforschen, welche Wirklichkeiten bei der Aufgabenbearbeitung mit dem Medium identifiziert werden können.

1. Mathematiklernen durch Darstellen, Darstellungen und Darstellungstransferprozesse

Ein weit verbreitetes und grundlegendes Verständnis zum Lernen von Mathematik ist durch eigenes Tun und aktives Entdecken geprägt (Freudenthal, 1973; Krauthausen, 2018; Kühnel, 1954; Winter, 2016; Wittmann, 1981). In diesem Sinne wird auch das eigenständige Transferieren von Darstellungen innerhalb gleicher sowie zwischen unterschiedlichen Darstellungsebenen als ein wesentlicher Indikator für Verstehenskonstruktionsprozesse angesehen (Lorenz, 1992; Winter, 1972; Wittmann, 1981). „Wissen, das in verschiedenen Darstellungen erworben wurde und verfügbar ist, kann leichter behalten werden und die Fähigkeit, Wissen nach Bedarf in die eine oder andere Form zu transportieren, erhöht die Flexibilität und den Erfolg beim Problemlösen.“ (Wittmann, 1981, S. 91) Auch aus kognitionspsychologischer Perspektive wird dieser für das Lernen bedeutsame Zusammenhang als enge Wechselbeziehung

von deskriptionalen und depiktionalen sowohl externen als auch internen Repräsentationen grundsätzlich betont (Schnotz, 2005; Schnotz & Bannert, 2003). Arbeiten Lernende mit verschiedenen externen Darstellungen und deren deskriptionalen sowie depiktionalen Elementen, so entwickeln sie ihre bereits vorliegenden internen Repräsentationen weiter. Sind sie gefordert, ihre Erkenntnisse und Erkenntniswege zu kommunizieren, müssen ihre internen Repräsentationen extern darstellen und diese unterschiedlichen Darstellungen durch Darstellungstransferprozesse in Beziehung setzen.

2. Darstellen, Darstellungen und Darstellungstransferprozesse

Entsprechend der Forderungen der KMK (2004) nach einer grundsätzlichen Aufwertung der prozessbezogenen Kompetenzen, betonen sämtliche Bundesländer mit ihren aktuellen Bildungsplänen (DIPF, 2021) diesen Kompetenzbereich, und darin u.a. die bildungsbiographisch prozessbezogen zu entwickelnde allgemeine mathematische Kompetenz ‚Darstellen‘. Eine Analyse der Bildungsplanteexte zeigt hinsichtlich einer näheren Charakterisierung: ‚Darstellen‘ umfasst konkrete und mentale Wahrnehmungs- und Handlungs-Anforderungen im Kontext des *eigenständigen Darstellens*, des *eigenständigen Entwickelns und Umgehens mit Darstellungen* sowie der *eigenständig zu leistenden Darstellungstransferprozesse*. Nachfolgend werden die einzelnen Begrifflichkeiten in ihrer jeweiligen Bedeutung genauer in den Blick genommen.

2.1 Darstellen

Darstellen fokussiert auf den Prozess, auf die Tätigkeit des Einzelnen. Etwas darzustellen verfolgt das übergeordnete Ziel, das eigene Denken *für sich selbst* und *für andere* zu veräußern (Krauthausen, 2018) und visuell erfassbar zu machen. *Darstellen für sich selbst* erfolgt, um den eigenen Denkprozess durch das (visuell) Dargestellte zu entlasten und zu unterstützen, um sich in dem eigenen Denken zu orientieren und den weiteren Denkprozess zu gestalten. In diesem eng verwickelten Prozess zwischen eigenem Denken und Darstellen werden im Kontext des mathematischen Entdeckens und Begründens Erkundungs- und Analyseprozesse durch Ordnungs-, Sortier- und Strukturierungsprozesse vollzogen (Aebli, 1980; Freudenthal, 1973). Der entstandene Austausch zwischen den eigenen Gedanken und der Sache kann durch den Prozess des Darstellens festgehalten, zu einem späteren Zeitpunkt nachvollzogen und wieder aufgenommen werden (Dedekind, 2012; Duval, 2006; Gallin & Ruf, 1998; PIKAS, o.J.).

Darstellen für andere erfolgt, um den eigenen Denkprozess durch das (visuell) Dargestellte zu kommunizieren. Es hilft auch dort zu erklären, wo Worte für sich und für andere fehlen. Die (visuellen) Informationen können unterstützen, um in den Austausch mit anderen zu kommen, über die eigenen Gedankengänge zu kommunizieren und Erkenntnisse über Beziehungen und Gesetzmäßigkeiten mit Hilfe des Dargestellten zu begründen. Durch das Veräußern der eigenen Gedanken können Fragwürdigkeiten und (fehlerhafte) Vorstellungen sichtbar werden. Erkenntnisse werden in dem Prozess des Darstellens für andere nochmals hinterfragt, konkretisiert und gegebenenfalls auch neu gewonnen (Duval, 2006; Krauthausen, 2018; Selter, 2021). Darüber hinaus kann die Tätigkeit Darstellen den nach Selter (2021) beschriebenen Funktionsweisen zum Arbeiten mit Forschermitteln zugeschrieben werden: Darstellen als Instrument (darstellen, um zu entdecken) und Darstellen als Dokument des Bearbeitungsprozesses (darstellen, um zu begründen, um sich und anderen erklären zu können, wo Worte fehlen). Nach Bruner (1971) kann Wissen grundlegend handelnd, ikonisch und symbolisch auf diesen Darstellungsebenen dargestellt werden. So müssen Lerngegenstände bezüglich ihrer Darstellungsebene und -form didaktisch aufbereitet werden, um Lernende bezo gen auf die damit verbundenen kognitiven Anforderungen zu fordern und nicht zu über- oder unterfordern (Bruner, 1971; Wittmann, 1981). Darstellen durch Operatives Wahrnehmen und Handeln stellt den primären Zugang zur Erschließung der Umwelt dar (Bruner, 1972; Piaget, 1972). Durch konkret ausgeführte Bewegungen können Erfahrungen zu fundamentalen Ideen der Mathematik auch mit Hilfe der Sinne gemacht und als Handlungsdynamiken verinnerlicht werden (Fischbein, 1969; Wittmann, 1981). Hierbei sind die Handlungen, die Lernende eigenständig, aktiv entdeckend (Freudenthal, 1973; Krauthausen, 2018; Kühnel, 1954; Winter, 2016; Wittmann, 1981) mit einem Objekt durchführen, besonders bedeutsam. Die Handlungsobjekte sind manipulierbar, d.h. sie können bezüglich ihrer räumlichen Lage und ihrer Teilelemente verändert werden. Darstellen durch ikonische Elemente fasst Situationen und Handlungen in Bildern zusammen und dokumentiert diese. Dadurch können Vergleichs- und Analyseprozesse angeregt werden, da verschiedene Situationen und Handlungen nun simultan erfasst werden können, die zuvor nur nacheinander und unabhängig voneinander wahrgenommen und durchgeführt werden konnten. Im Gegensatz zu Handlungen sind Bilder nicht in sich manipulierbar. Durch vorhandene Strukturen in den Abbildungen liefern sie Informationen, die weitere Einblicke und Erkenntnisse ermöglichen. Darstellen durch symbolische Elemente umfasst die Verwendung von Zeichen als Bedeutungsträger. Hierzu gehört die schriftliche und mündliche Sprache.

Die mündliche Sprache ist mitunter einer der ersten und wesentlichen Zugänge, die uns einen Austausch mit anderen ermöglicht (Wittmann, 1981).

2.2 Darstellungen

Darstellungen sind Werkzeuge, um die Auseinandersetzung mit einer Sache festzuhalten, der Darstellungsflüchtigkeit des Denkens, Handelns und Sprechens entgegenzuwirken (Huhmann, 2013; Wollring, 2006) und das Verstandene zu einem gewissen Grad sichtbar zu machen. Darstellungen enthalten Tiefenstrukturen von individuellen Wissenskonstrukten, vermögen in ihrer Komplexität jedoch das Bewusstsein des Individuums nicht zu erreichen, geschweige denn äußerlich sichtbar zu machen. Sie basieren demnach immer auf subjektiven Eindrücken und Erfahrungen, was sie höchst individuell macht. Sie sind die „Medien des Denkens“ (Aebli, 1980). Für einen Austausch mit sich selbst und insbesondere für den Austausch mit anderen müssen Darstellungen aber auch auf Grundlage von kulturellen Konventionen und Normierungen gestaltet sein, sodass sie gemäß der Intentionen des Darstellenden interpretiert und verstanden werden können (Duval, 2006; Piaget, 1967; PIKAS, o.J.). Betrachtet man die historische Entwicklung von Medien, so haben sich diese von verbalen Lauten und gesprochener Sprache über Gesten und Zeichen hin zu niedergeschriebenen Zeichen und der Schriftsprache in ihrer jeweiligen grundsätzlichen Wesensstruktur nicht verändert. Demgegenüber haben sich jedoch die Möglichkeiten, wie mit diesen Darstellungen gehandelt werden kann und wie sie präsentiert werden können erheblich verändert – und dies wird auch zukünftig sehr dynamisch bleiben. Darstellungen sind nicht immer nur einer Darstellungsebene zuzuordnen. Enthalten Darstellungen Elemente aus verschiedenen Darstellungsebenen – z. B. ikonische Elemente (Depiktio-nen) und zugleich symbolische Elemente (Deskriptionen) (Schnotz & Bannert,

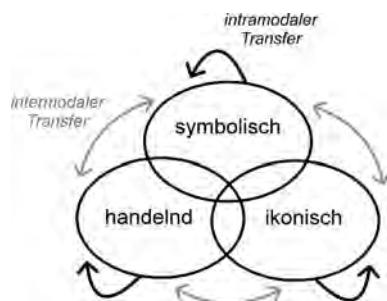


Abbildung 1: Darstellungsebenen
(eigene Darstellung)

2003) – so sind sie in die entsprechende Schnittmenge zu verorten. Aus diesem Grund verstehen wir unter Darstellungsebenen auch die Schnittmengen.

2.3 Darstellungstransferprozesse

Unterschiedliche Darstellungen bieten unterschiedliche Informationen, die uns tiefergehende und umfassendere Einblicke in die Strukturen und Zusammenhänge von mathematischen Begrifflichkeiten ermöglichen (Kuhnke, 2013). Werden Beziehungen zwischen unterschiedlichen Darstellungsebenen hergestellt, verdichtet dies das individuelle Wissenskonstrukt. Die in Abbildung 1 dargestellten Pfeile sollen diesen Wissenstransfer zwischen unterschiedlichen Darstellungsebenen (intermodaler Transfer) und innerhalb derselben Darstellungsebene (intramodaler Transfer) sichtbar machen. Im Sinne des „Prinzips der Interaktion der Darstellungsformen“ (Wittmann, 1981) müssen unterschiedliche Zugänge zu Wissen miteinander verknüpft und kontinuierlich durch Sprache begleitet werden. Ebenso hebt auch die Kognitionspsychologie die Bedeutung eines engen Wechselspiels von sowohl äußerem Darstellungen als auch mentalen Vorstellungen besonders hervor: „Neuere Ansätze zum Verstehen von Texten und Bildern oder Diagrammen sowie zum kreativen Denken und Problemlösen gehen [...] davon aus, dass erfolgreiches Denken und Problemlösen grundsätzlich in einer engen Wechselbeziehung von deskriptionalen und depiktionalen (externen und internen) Repräsentationen besteht.“ (Schnottz, 2014, S. 48) So kann das eigenständige Transferieren von Darstellungen innerhalb gleicher sowie zwischen unterschiedlichen Darstellungsebenen im Lernprozess als ein wesentlicher Indikator für Verstehenskonstruktionsprozesse identifiziert werden.

3. Zur modelltheoretischen Erfassung des Darstellens, der Darstellungen und der Darstellungstransferprozesse beim Lernen mit Medien

Digitale Medien durchziehen tiefgreifend die heutige Gesellschaft. Durch ihre immer stärker werdende Präsenz auch in den Grundschulen dürfen die aus der Lehr-Lernpsychologie und der Fachdidaktik generierten grundlegenden Prinzipien und Erkenntnisse nicht außer Acht gelassen werden. Insbesondere in jüngerer Zeit konnten mathematikdidaktische Forschungsergebnisse digitale Potentiale sowie Potentiale digitaler Medien identifizieren (Chandler & Sweller, 1991; Huhmann, 2013; Sarama & Clements, 2016; Schmid-Thieme

& Weigand, 2015; Walter, 2018). Bedeutsam ist in diesen Zusammenhängen, (i) ob, (ii) unter welchen Lehr-Lernbedingungen und (iii) wie sich theoretisch identifizierte Potentiale beim Lernen mit digitalen Medien tatsächlich Mehrwert orientiert entfalten. Mit Blick auf die thematische Ausrichtung des vorliegenden Beitrags beschränken und fokussieren wir uns auf das Potential ‚Synchronität und Vernetzung von Darstellungsebenen‘: Verschiedene Darstellungsformen lassen sich mittels (digitaler) Medien (fast) gleichzeitig erzeugen und interaktiv (durch eigenes Handeln) miteinander verknüpfen (Schmidt-Thieme & Weigand, 2015). Diesbezüglich eröffnen sich uns folgende Fragen: Inwiefern verändern sich durch digitale Medien Darstellungsmöglichkeiten? Welche Darstellungen werden wofür bedeutsam sein? Welche Darstellungstransferprozesse müssen Lernende leisten (können)? Welche Darstellungen und damit einhergehende Darstellungstransferprozesse sind in welcher Weise lernförderlich? Es besteht also die Notwendigkeit, digitale Medien bezüglich ihrer Darstellungen, ihrer Darstellungsebenen sowie den damit verbundenen Darstellungstransferprozessen zu erfassen, zu analysieren und fachdidaktisch zu bewerten. Zur Erfassung und Analyse lassen sich ausgehend von den Modellen des Aneignens und Darstellens von Wissen (Bruner, 1971; Piaget, 1972) weiterentwickelte Modelle identifizieren: Lesh et al. (1987) fokussieren in ihrem Fünfsterne-Modell auf realistische, manipulative, bildliche, symbolische und sprachliche Darstellungsformen. Durch Wechselpfeile zwischen und innerhalb der Darstellungsformen nehmen sie auch Darstellungstransferprozesse in den Blick. Johnson (2018) erweitert das Modell durch eine technologische Darstellungsform, mit der digitale Medien grundsätzlich erfasst werden. Allerdings bleiben weitere Unterscheidungen und insbesondere spezifische Besonderheiten von Darstellungen mit digitalen Medien sowie zum Lernen mit digitalen Darstellungen außer Betracht. Mit dem Sechseck-Modell der multiplen externen Repräsentationen nach Ladel (2009) werden gemäß der Darstellungsebenen nach Bruner (1971) für die enaktive bzw. ikonische Ebene zusätzlich zwischen analog-echt-aktiv bzw. analog-ikonisch und schematisch-echt-aktiv bzw. schematisch-ikonisch unterschieden. Außerdem wird auf der ikonischen Ebene mit dem Grad der Dynamik zwischen dynamischen sowie statischen Abbildungen und auf der analogen symbolischen Ebene zwischen nonverbal sowie verbal unterschieden. Diese drei Ebenen mit ihren Unterteilungen und Darstellungsmöglichkeiten werden zudem für die digitale Umsetzung erfasst. Die Erfassung und Analyse von Darstellungstransferprozessen sind dabei allerdings nicht im Fokus. Insgesamt bleibt bei den hier aufgeführten Modellen außer Betracht, welche (kognitiven) Anforderungen mit analogen und digitalen Medien beim Darstellen, beim Lernen mit Darstellun-

gen sowie bei Darstellungstransferprozessen an Lernende gestellt bzw. durch Medien ersetzt werden. Resümierend sehen wir ein Forschungsdesiderat in der modelltheoretischen Erfassung und Analyse des Darstellens, der Darstellungen und der Darstellungstransferprozesse beim Lernen mit analogen und digitalen Medien.

4. Das Darstellungs-Transfer-Spektrum

Das Modell der Darstellungsebenen analoger Medien in Anlehnung an Bruner (1971), erweitert um die *Schnittmengen* analoger Medien (s. Abbildung 1) muss um Darstellungen, Darstellungsebenen und den damit verbundenen Anforderungen bei Darstellungstransferprozessen von digitalen Medien sowie um die Anforderungen des Darstellens mit Hilfe von digitalen Medien erweitert werden (s. Abbildung 2). In dem erweiterten Modell verbindet ein Spektrum mit analog-digitalen Variabilitäten den analogen und den digitalen Bereich. Darstellungstransferprozesse können innerhalb und zwischen Darstellungsebenen, sowohl im analogen, digitalen und analog-digitalen Bereich als auch zwischen Bereichen stattfinden und müssen erfasst werden. In den Darstellungsebenen des entwickelten Modells sehen wir die im Modell von Lesh et al. (1987) vorgenommene Detaillierung der Darstellungsformen ebenso wie die im Modell von Ladel (2009) bezeichneten Repräsentationsformen integriert. Ziel der Modellentwicklung ist es, Darstellen, Darstellungen und Darstellungstransferprozesse von und mit Medien hinsichtlich der Darstellungsebenen und -bereiche sichtbar zu machen. Dabei sollen auch Anforderungen erfasst werden, die von Lernenden zu leisten bzw. von Medien ersetzt sind.

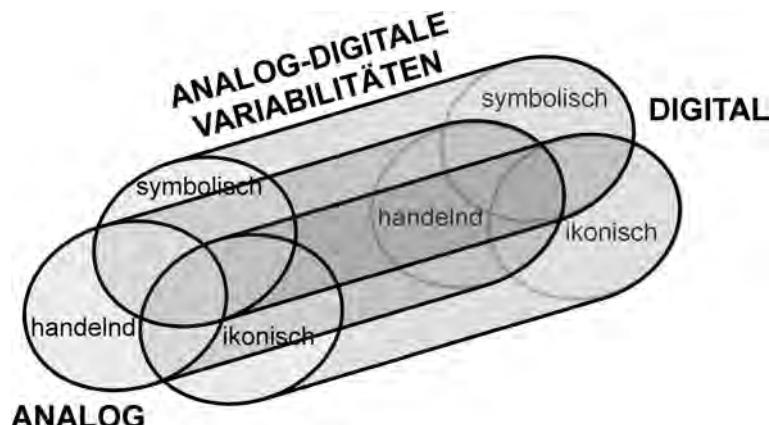


Abbildung 2: Darstellungs-Transfer-Spektrum (Huhmann & Müller, 2022 i.Dr., S. 1473)

4.1 Darstellungsebenen

Im Folgenden werden die einzelnen Bereiche mit ihren Darstellungsebenen und jeweiligen Schnittmengen charakterisiert.

Analoger Bereich: Aufbauend auf den Darstellungsebenen nach Bruner (1971) stellen die Schnittmengen der Darstellungsebenen neue Modellelemente dar. Werden ausgeführte Handlungen verbal begleitet, verbale Ausführungen durch Gesten unterstützt oder wird mit symbolischen Darstellungen gehandelt, so stellen diese Situationen Darstellungen der handelnd-symbolischen Ebene dar. Darstellungen, die sowohl Depktionen als auch Deskriptionen beinhalten (z.B. Tabellen, Diagramme, Funktionsgraphen) sind der ikonisch-symbolischen Ebene zuzuordnen. In die handelnd-ikonische Schnittmenge werden Handlungen mit *in sich unveränderbaren Abbildungen* verortet. Dies können Ordnungs-, Sortier- und Vergleichsprozesse von Abbildungen sein. Der handelnd-ikonisch-symbolischen Schnittmenge werden Handlungen z.B. Ordnungs-, Sortier- und Vergleichsprozesse mit ikonisch-symbolischen Abbildungen zugeordnet.

Digitaler Bereich: Die Modellerweiterung durch den digitalen Bereich ist in seiner Struktur dem analogen Bereich identisch, er unterscheidet sich jedoch in spezifischen Charakteristika. Auf der handelnden Ebene besteht die grundlegende Eigenschaft der Manipulierbarkeit von Handlungsobjekten. Diese *in sich veränderbaren Objekte* sind jedoch nicht mehr haptisch erfahrbar, sie werden lediglich durch Wisch- und Tippbewegungen manipuliert und bewegt. Objekte, die als *in sich unveränderbare ikonische Abbildungen* digital dargestellt sind, werden der ikonischen Ebene zugeordnet. Objekte, die als Audio- oder geschriebene Texte rein symbolisch auf digitaler Ebene dargestellt sind, werden der symbolischen Ebene zugeordnet. Die handelnd-ikonische Schnittmenge erfasst sowohl das eigene digitale Handeln mit *in sich unveränderbaren ikonischen Abbildungen* als auch Darstellungen von digitalen *in sich unveränderbaren Handlungen* in Form von Animationen und Filmen, die auf ikonischen Abbildungen basieren. Die handelnd-symbolische Schnittmenge erfasst das eigene Erstellen, Manipulieren und Handeln mit rein symbolischen Darstellungen. Dies betrifft Audiotexte und geschriebene Texte, die mit digitalen Medien beliebig und wiederholt bearbeitet, vervielfältigt und miteinander kombiniert werden können. Die ikonisch-symbolische Schnittmenge erfasst *in sich unveränderbare Darstellungen*, die sowohl Depktionen als auch Deskriptionen beinhalten. Die handelnd-ikonisch-symbolische Schnittmenge erfasst das eigene Handeln mit manipulierbaren Darstellungen als auch Darstellungen

von digitalen in sich unveränderbaren Handlungen in Form von Animationen und Filmen, die sowohl Depiktionen als auch Deskriptionen beinhalten.

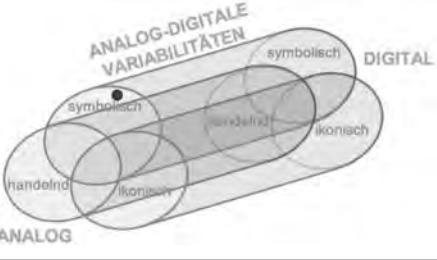
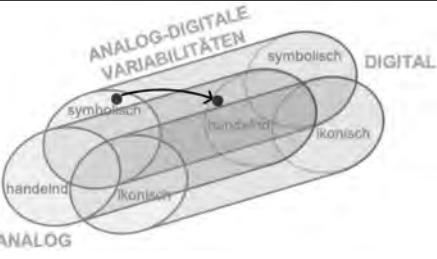
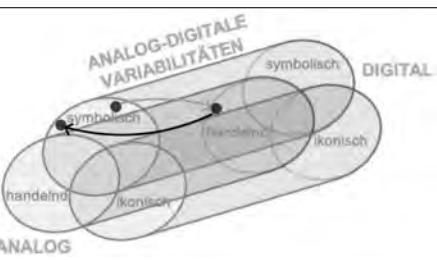
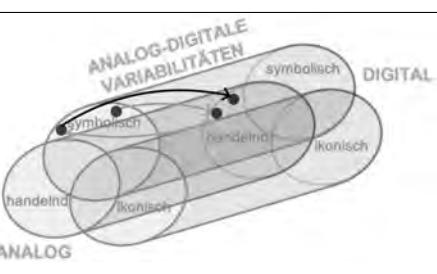
Analog-Digitaler Bereich: Der analog-digitale Bereich bildet ein Spektrum zwischen der analogen und der digitalen Ebene. Dieser Bereich ist bezüglich der Darstellungen von Lerngegenständen und Aktivitäten mit ihnen hinsichtlich ihrer Eigenschaften und Möglichkeiten zu beforschen. Dabei geht es um die Erfassung und Analyse analog-digitaler Variabilitäten – im Sinne variabler Anteile näher an der analogen oder digitalen Ebene sowie mit variablen Schwerpunkten in oder zwischen den drei Durchmessern der jeweiligen Bereiche. In diesem Bereich sind zukunftsorientiert unter anderem Augmented Reality- und Virtual Reality-Anwendungen mitzudenken.

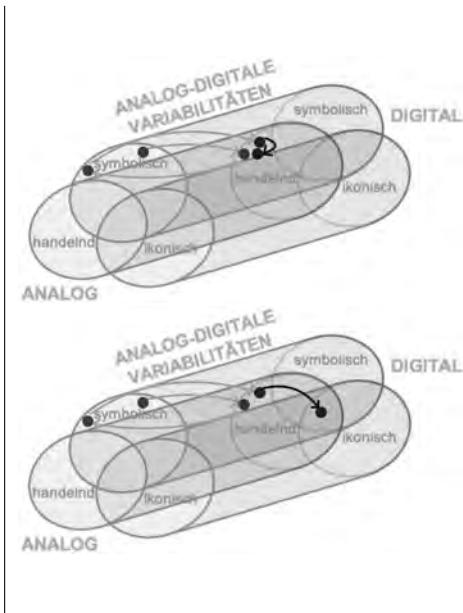
4.2 Darstellungstransferprozesse

Darstellungstransferprozesse sind immer dann erforderlich, wenn auf einer oder auf unterschiedlichen Darstellungsebenen mindestens zwei Darstellungen vorgegeben und verglichen werden müssen oder ausgehend von einer gegebenen Darstellung eine neue Darstellung konstruiert werden muss. In beiden Fällen müssen vorgegebene Elemente einer Darstellung mit vorgegebenen oder zu konstruierenden Elementen einer anderen Darstellung in Beziehung gesetzt werden. In dem Darstellungs-Transfer-Spektrum werden Darstellungen durch Punkte, und Darstellungstransferprozesse je nach Situation innerhalb sowie zwischen den einzelnen Darstellungsebenen durch Richtungspfeile sichtbar gemacht.

4.3 Darstellen, Darstellungen und Darstellungstransferprozesse erfassen und analysieren

Nachfolgend wird zu der Lernumgebung Würfelgebäude die Aktivität „Architekt und Maurer“ (Thöne & Spiegel, 2003) vorgestellt: Person 1 baut ein Würfelgebäude mit Holzwürfeln und beschreibt dieses Person 2 verbal. Ohne das Würfelgebäude zu sehen, muss Person 2 ein Würfelgebäude auf Grundlage dieser Beschreibung bauen. Anschließend werden beide Würfelgebäude miteinander verglichen. Diese Aktivität lässt sich auch mit der App *Klötzchen* (Etzold, 2015) digital umsetzen: Daran illustrieren wir, wie mit Hilfe des Darstellungs-Transfer-Spektrums Darstellungen auf den entsprechenden Darstellungsebenen und die jeweiligen Darstellungs(transf)prozesse erfasst und sichtbar gemacht werden.

	<p>Die Aufgabenstellung <i>Baue ein Würfelgebäude mit 8 Würfeln</i> wird Lernenden von der Lehrperson auf symbolischer Ebene im analogen Bereich verbal oder schriftlich präsentiert.</p>
	<p>Lernende bauen unter Verwendung der App ein Würfelgebäude als 3D Modell. Dabei muss ein Darstellungstransfer von der symbolisch präsentierten Aufgabenstellung im analogen Bereich auf die handelnde Ebene in den digitalen Bereich vollzogen werden.</p>
	<p>Das Würfelgebäude wird nun verbal beschrieben. Dabei leisten Lernende von der handelnden Ebene im digitalen Bereich in die symbolische Ebene im analogen Bereich einen intermodalen Darstellungstransfer.</p>
	<p>Diese verbale Beschreibung dient nun weiteren Lernenden, um das Würfelgebäude auf einem eigenen Tablet unter Verwendung der App nachzubauen. Sie leisten hier einen Darstellungstransfer von der symbolischen Ebene im analogen Bereich auf die handelnde Ebene in den digitalen Bereich.</p>



Die Würfelgebäude der Lernenden können nun auf unterschiedliche Weise miteinander verglichen werden. Vergleich beider Würfelgebäude in der 3D Ansicht auf den Tablets: Die Würfelgebäude sind in dieser Darstellung als Ganzes rotierbar. Da zudem die einzelnen virtuellen Würfel manipulierbar sind, findet der Vergleich auf der handelnden Ebene im digitalen Bereich statt. Vergleich beider Würfelgebäude über die bewerteten Grundrisse auf den Tablets: Da die bewerteten Grundrisse manipulierbar sind, findet der Vergleich auf der handelnd-ikonisch-symbolischen Ebene im digitalen Bereich statt. Hierbei ist hervorzuheben: Die intermodale Transferleistung im digitalen Bereich zwischen 3D Ansicht auf handelnder Ebene und bewertetem Grundriss auf handelnd-ikonisch-symbolischer Ebene wird nicht von den Lernenden, sondern durch das digitale Medium geleistet.

Im Vergleich zu dem hier ausgeführten Beispiel müssen bei einer Bearbeitung der Aktivität *Architekt und Maurer* mit ausschließlich analogen Medien alle Darstellungstransferprozesse von Lernenden eigenständig geleistet werden. Die analogen Medien können dabei keine Unterstützung bezüglich der eigenständig zu leistenden Darstellungstransferprozesse und der damit verbundenen kognitiven Anforderungen liefern. Übergeordnet stellt sich die grundsätzliche Frage, welche in der Applikation implementierten Manipulationsmöglichkeiten und welche bei der individuellen Aufgabenbearbeitung mit Hilfe der Applikation realisierten Manipulationswirklichkeiten sind tatsächlich identifizierbar? Mit Hilfe des Modells sollen Nutzungs-Möglichkeiten und Nutzungs-Wirklichkeiten erfasst und sichtbar gemacht werden.

Zusammenfassend: Im Zusammenhang mit digitalen Medien müssen Lerngegenstände bezüglich neuer Darstellungsformen, neuer Darstellungsebenen sowie jeweiliger Kombinationsmöglichkeiten und Darstellungstransferprozesse charakterisiert werden. Bedeutsam sind hierbei die kognitiven Anforderungen an den Lernenden. Darstellungen, ihre Darstellungsebenen sowie damit verbundene Darstellungstransferprozesse müssen erfasst, analysiert und fachdidaktisch bewertet werden.

5. Perspektiven für Unterricht und Forschung

Das Darstellungs-Transfer-Spektrum ist ein theoretisches Modell, welches sich in einem Entwicklungsstatus befindet und der weiteren Beforschung bedarf. Nach den auszugsweisen dargestellten Erprobungen halten wir es für gut geeignet, um Darstellen, Darstellungen und Darstellungstransferprozesse mit analogen und digitalen Medien hinsichtlich der in den Medien implementierten *Möglichkeiten* und der bei der individuellen Bearbeitung realisierten *Wirklichkeiten* sichtbar zu machen und damit verbundene kognitive Anforderungen zu erfassen. Forschungsbedarfe zur Erprobung und Weiterentwicklung des Modells sehen wir auf den Ebenen Unterricht und Forschung: Für die Planung und Reflexion von Unterricht ist das Modell als Denk- und Analysemodell zu beforschen, um hinsichtlich eines zielgerichteten Orchestrerens und Nutzens unterschiedlicher Medien zu verschiedenen Inhaltenbereichen fachdidaktische Entscheidungen zur Planung und Gestaltung von Unterricht zu treffen. Für Forschung ist das Darstellungs-Transfer-Spektrum als ein Denk- und Analysemodell zu beforschen: (1) Zur Charakterisierung von entwickelten und im Entwicklungsprozess stehenden Applikationen, (2) zur Erfassung und Analyse von Anforderungen, Vorgehensweisen und insgesamt – Nutzungswirklichkeiten beim Lernen mit analogen und digitalen Medien und (3) zur Erfassung, Analyse und Weiterentwicklung von analogen und digitalen, auch neuen Darstellungs- und Nutzungsmöglichkeiten. Das beiden Ebenen übergeordnete Ziel ist ‚Fachdidaktische Mediensensibilität‘: Darunter verstehen wir potentialorientierte Analysen zur Auswahl analoger und digitaler Medien, um sie in Lehr-Lernsituationen mehrwertorientiert zu orchestrieren. Last but not least steht zukunftsorientiert in Frage, welche fachdidaktische Bedeutung dem Darstellungs-Transfer-Spektrum als Denk- und Analysemodell in Zusammenhängen des Lernens und Lehrens mit analogen und digitalen Medien, auch in anderen Fachdidaktiken, zukommen kann.

Literatur

- Aebli, H. (1980). *Denken – das Ordnen des Tuns*. Klett.
- Bruner, J. S. (1971). Über kognitive Entwicklung. In *Studien zur kognitiven Entwicklung* (S. 21–53). Klett.
- Bruner, J. S. (1972). *Der Prozess der Erziehung*. Berlin Verlag.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2

- Dedekind, B. (2012). „Darstellen in der Mathematik“ als Kompetenz aufbauen. *Handreichungen des Programms SINUS an Grundschulen*, 3–28.
- DIPF. (2021). Deutscher Bildungsserver – Lehrpläne für die Grundschule. <https://www.bildungsserver.de/Lehrplaene-fuer-die-Grundschule-1660-de.html>
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1/2), 103–131. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-0400-z>
- Etzold, H. (2015). Klötzchen. <https://apps.apple.com/de/app/klötzchen/id1027746349>
- Fischbein, E. (1969). Enseignement mathématique et développement intellectuel. <http://www.jstor.org/stable/3482083>
- Freudenthal, H. (1973). *Mathematik als pädagogische Aufgabe*. Klett.
- Gallin, P., & Ruf, U. (1998). *Sprache und Mathematik in der Schule*. Kallmeyer.
- Huhmann, T. (2013). *Einfluss von Computeranimationen auf die Raumvorstellungsentwicklung*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-03805-1>
- Huhmann, T., & Müller, C. (2020). Zur Synchronität und Vernetzung von Darstellungsebenen für den Darstellungstransfer. In H.-S. Siller, W. Weigel, & J. F. Wörler (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020* (S. 1473). WTM. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871402.0>
- Huhmann, T., & Müller, C. (2022 i. Dr.). Learning mathematics with media – representing, representations and representation transfer processes. CERME12.
- Johnson, E.L. (2018). A New Look at the Representations for Mathematical Concepts: Expanding on Lesh's Model of Representations of Mathematical Concepts. Forum on Public Policy Online. https://eric.ed.gov/?q=source%3A%22Forum+on+Public+Policy+Online%22&ff1=dtySince_2017&id=EJ1191692
- KMK. (2005). Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich. Beschluss vom 15.10.2004. (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, Hrsg.). Wolters Kluwer.
- Krauthausen, G. (2018). *Einführung in die Mathematikdidaktik – Grundschule* (4. Auflage). Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54692-5>
- Kühnel, J. (1954). *Neubau des Rechenunterrichts*. Julius Klinkhardt.
- Kuhnke, K. (2013). *Vorgehensweisen von Grundschulkindern beim Darstellungswechsel. Eine Untersuchung am Beispiel der Multiplikation im 2. Schuljahr*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-01509-1>
- Ladel, S. (2009). *Multiple externe Repräsentationen (MERs) und deren Verknüpfung durch Computereinsatz. Zur Bedeutung für das Mathematiklernen im Anfangsunterricht*. Dr. Kovač.
- Lesh, R., Post, T. R., & Behr, M. (1987). Representations and Translations among Representations in Mathematics Learning and Problem Solving. In C. Janiver (Hrsg.), *Problems of Representation in the Teaching and Learning of Mathematics* (S. 33–40). Lawrence Erlbaum.

- Lorenz, J. H. (1992). *Anschauung und Veranschaulichungsmittel im Mathematikunterricht*. Hogrefe. <https://doi.org/10.1007/BF03338759>
- Piaget, J. (1967). *Psychologie der Intelligenz*. Klett-Cotta.
- Piaget, J. (1972). *Theorien und Methoden der Erziehung*. Fischer Taschenbuch.
- PIKAS. (o. J.). Haus 1: Entdecken, Beschreiben, Begründen. Forschermittel-Plakat. Abgerufen von <https://pikas.dzlm.de/node/556>
- Sarama, J., & Clements, D. H. (2016). Physical and Virtual Manipulatives: What is „Concrete“? In P. S. Moyer-Packenham (Hrsg.), *International Perspectives on Teaching and Learning with Virtual Manipulatives* (S. 71–94). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32718-1_4
- Schmidt-Thieme, B., & Weigand, H.-G. (2015). Medien. In R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme, & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 461–490). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8_17
- Schnitz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13, 141–156. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00017-8)
- Schnitz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 72–103). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.006>
- Schnitz, W. (2014). Visuelle kognitive Werkzeuge beim Mathematikverstehen. In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht* (S. 45–52). WTM.
- Selter, C. (2021). Forschermittel im Arithmetikunterricht der Primarstufe. In A. Pilgrim, M. Nolte & T. Huhmann (Hrsg.), *Mathematiktreiben mit Grundschulkindern – Konzepte statt Rezepte. Festschrift für Günther Krauthausen* (S. 163–174). WTM. <https://doi.org/https://doi.org/10.37626/GA9783959871624.0.13>
- Thöne, B., & Spiegel, H. (2003). „Kisten stapeln“ Raumvorstellung spielerisch fördern. *Die Grundschulzeitschrift*, 167, 12–19.
- Walter, D. (2018). *Nutzungsweisen bei der Verwendung von Tablet-Apps. Eine Untersuchung bei zählend rechnenden Lernenden zu Beginn des zweiten Schuljahres*. Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-658-19067-5_5
- Winter, H. (1972). Vorstellungen zur Entwicklung von Curricula für den Mathematikunterricht in der Gesamtschule. In *Beiträge zum Lernzielproblem*. Henn.
- Winter, H. W. (2016). *Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht. Einblicke in die Ideengeschichte und ihre Bedeutung für die Pädagogik* (3., aktual). Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-10605-8>
- Wittmann, E. C. (1981). *Grundfragen des Mathematikunterrichts* (6., neubearb.). Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-91539-9>
- Wollring, B. (2006). Kindermuster und Pläne dazu – Lernumgebungen zur frühen geometrischen Förderung. In M. Grüßing & A. Peter-Koop (Hrsg.), *Die Entwicklung mathematischen Denkens in Kindergarten und Grundschule: Beobachten – Fördern – Dokumentieren* (S. 80–102). Mildenberger.

Adaptiv – Synchron – Online

Digitale Lernpfade mit MathCityMap@home

Abstract

Was bleibt von den temporären Schulschließungen im Zuge der COVID-19-Pandemie? Welche Konsequenzen ergeben sich für den Mathematikunterricht der Primarstufe? Im Beitrag wird auf Basis der Lehr- und Lernsituation im Frühjahr 2020 das MathCityMap@home-Konzept zur Umsetzung des mathematischen Distanzlernens vorgestellt. Nach Vorstellung von MathCityMap@home werden Aufgabenbeispiele für Themen der Primarstufe gegeben und darüber hinaus Erfahrungen aus dem Praxiseinsatz diskutiert.

Die COVID-19-Pandemie stellte Lehrpersonen und Lernende gleichermaßen vor eine unvorhergesehene Herausforderung: Durch die pandemiebedingten Schulschließungen im Frühjahr 2020 konnte der Unterricht nicht länger im gemeinsamen Lernort *Schule* stattfinden, sondern wurde in die Kinderzimmer verlagert. In dieser Situation sollte zunächst eine schnelle und temporäre Lösung zur Aufrechterhaltung des Unterrichts trotz räumlicher Trennung geschaffen werden. Diese Neuorganisation des Lernsettings wird als *Emergency Remote Teaching (ERT)* (Hodges et al., 2020) bezeichnet.

Im folgenden Beitrag wird die Lehr- und Lernsituation in Deutschland im Frühjahr 2020 skizziert (Kapitel 1). Anschließend wird mit MathCityMap@home ein digitales Konzept zur Umsetzung des mathematischen Distanzlernens vorgestellt (Kapitel 2). Nachdem in Kapitel 3 zwei digitale Lernpfade exemplarisch vorgestellt wurden, werden zuletzt die Nutzungsweisen des MathCityMap@home-Systems auf Basis eines Praxiseinsatzes untersucht. Zuletzt werden die Befunde abschließend eingeordnet (Kapitel 4).

1. Emergency Remote Teaching in Deutschland

In Deutschland erfolgte die Kommunikation zwischen Lehrpersonen und Lernenden in der ERT-Phase im Frühjahr 2020 schulformübergreifend vorrangig asynchron, also durch Materialien, die zeitunabhängig zugänglich waren (forsa, 2020). Hierbei wurde hauptsächlich auf Arbeitsblätter, Lernvideos oder digitale Lernplattformen zurückgegriffen (Drijvers et al., 2021). Die Lehrpersonen benannten – evtl. durch die Nutzung asynchroner Elemente bedingt – den Mangel an persönlichem Kontakt, das Diagnostizieren und die individuelle Unterstützung als Herausforderung (Barlovits et al., 2021). Folglich kam es zu einer Fokussierung auf Standard- und Reproduktionsverfahren (ebd.) bzw. auf das Wiederholen und Einüben bereits bekannter Themengebiete (Drijvers et al., 2021). Im Umkehrschluss traten Aufgabenformate, welche auf eine Verständnisprüfung des Lerninhalts abzielten, in den Hintergrund (ebd.).

Aus technischer Sicht gaben im Frühjahr 2020 mehr als 80 % der Lehrpersonen in Grundschulen an, dass die eigene Schule nur unzureichend auf das Distanzlernen vorbereitet gewesen sei; wohl auch deshalb, weil vor dem Schullockdown digitale Medien in den Grundschulen nur relativ selten eingesetzt wurden (forsa, 2020). Probleme bereitete den Lernenden die Aufrechterhaltung der Motivation sowie das eigenständige Arbeiten Zuhause (Wacker et al., 2020). Zudem berichteten Schülerinnen und Schüler und ihre Eltern einen Mangel an Kommunikation, Rückmeldungen und Feedback durch die Lehrpersonen (ebd.; Wößmann, 2020).

Insgesamt können das Fehlen einer festen Unterrichtsstruktur, Probleme beim Diagnostizieren und individuellen Fördern sowie die inhaltliche Passung von Aufgaben als Herausforderungen des Distanzlernens in der ERT-Phase angesehen werden. Hinzu kommen unter anderem technische Hürden beim Lernen Zuhause.

2. Das MathCityMap@home-System

Als ein System, welches jene Herausforderungen durch synchronen Distanzunterricht adressiert, wird im zweiten Abschnitt das MathCityMap@home-Konzept (kurz: MCM@home) vorgestellt. Hierbei wird insbesondere auf das Echtzeitmonitoring im sogenannten *Digitalen Klassenzimmer* eingegangen.

2.1 Die MathCityMap-Idee

Mathematische Wanderpfade, sogenannte Mathtrails, bestehen aus einer festgelegten Route, auf welcher Lernende mehrere Mathematikaufgaben an realen Objekten ihrer Umgebung, z. B. auf dem Schulhof, bearbeiten. MathCityMap (kurz: MCM) verbindet diese Idee mit den Potentialen moderner Technik (Ludwig et al., 2013): In der kosten- und werbefreien MCM-App können Lernende einen Mathtrail via Code abrufen. Die App führt Lernende per GPS-Navigation zum Aufgabenort und zeigt die Aufgabenstellung. Bei Bedarf können die Lernenden bis zu drei gestufte Hinweise aufrufen, welche beispielsweise die Aufgabenstellung paraphrasieren, Teilziele definieren oder Vorwissen aktivieren (Franke-Braun et al., 2008). Nach der Ergebniseingabe validiert die App unmittelbar die Lösung der Lernenden durch Punkte. Anschließend kann eine Musterlösung angesehen werden. Ein solcher Bearbeitungsprozess ist in Abbildung 1 dargestellt. Lehrpersonen können im Webportal (www.mathcitymap.eu) bereits bestehende Mathtrails auswählen oder eigene mathematische Wanderpfade erstellen.

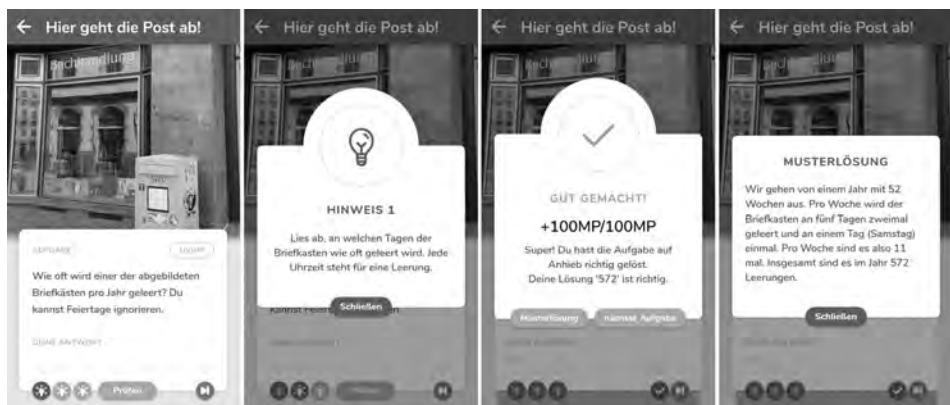


Abbildung 1: Bearbeitung einer MCM-Aufgabe (von links nach rechts): Aufgabenstellung, Hinweis, Ergebnisvalidierung und Musterlösung

2.2 Das MCM@home-Konzept

Die Möglichkeit zur geführten Bearbeitung von Aufgaben mit der MCM-App hat im Frühjahr 2020 zur Entwicklung des MCM@home-Konzepts geführt: Lernende bearbeiten im Rahmen der MCM-App digitale Lernpfade von Zuhause statt Mathtrails im Freien. Als digitale Lernpfade gelten nach Roth (2015) internetbasierte Lernumgebungen, welche Schülerinnen und Schüler eine Sequenz aufeinander abgestimmter Arbeitsaufträge präsentieren. Diese können

von den Lernenden eigenständig bearbeitet werden. Zudem stehen Hinweise und Ergebniskontrollen zur Verfügung (ebd.), was bei MCM@home durch die genannten Funktionalitäten (Abb. 1) realisiert wird.

Damit die MCM@home-Aufgaben von Zuhause aus gelöst werden können, sind in der Aufgabenstellung oder im -bild alle notwendigen Informationen gegeben (Abb. 2, links), während beim Outdoor-Lernen mit der MCM-App Daten vor Ort gesammelt werden müssen (Abb. 1, links). Für das Erstellen von Aufgaben steht ein breites Spektrum an Aufgabenformaten zur Verfügung (siehe Abb. 2): Neben klassischen Rechenaufgaben können Lückentexte, Problem- oder Anwendungsaufgaben gestellt werden.



Abbildung 2: Mögliche Aufgabenformate rund die Grundrechenarten

Wie beim Outdoor-Lernen mit MCM können Lehrpersonen auch bei MCM@home auf bestehende Aufgabensammlungen zurückgreifen oder selbst Aufgaben für ihre Lerngruppe entwickeln. Insbesondere die Nutzung von Unteraufgaben kann im Sinne einer grundlegenden adaptiven Unterrichtsgestaltung genutzt werden: Mit ihrer Hilfe können komplexere Probleme in überschaubare, angeleitete Teilschritte zerlegt werden. Auf Basis ihres individuellen Leistungsstandes können die Lernenden eigenständig entscheiden, ob sie die Aufgabe als Ganzes oder angeleitet durch kleinschrittigere Teilaufgaben bearbeiten. Somit können leistungsstarke Lernende durch komplexe Aufgaben gefordert und zugleich leistungsschwache Schülerinnen und Schüler durch eine schrittweise Anleitung gefördert werden.

2.3 Das Digitale Klassenzimmer

Zusätzlich zu den beschriebenen asynchronen App-Funktionalitäten steht mit dem *Digitalen Klassenzimmer* ein Echtzeit-Unterstützungssystem zur Verfügung. Dieses besteht aus drei Features:

Das *E-Portfolio* ermöglicht ein synchrones Monitoring auf Klassenebene sowie auf individuellem Level. Auf Klassenebene kann die Lehrperson den Arbeitsfortschritt (inkl. Punktestand) aller Schülerinnen und Schüler in Echtzeit beobachten (Abb. 3, links). Im *Event-Log* werden alle getätigten App-Interaktionen, wie z. B. eingegebene numerische Lösungen oder das Aufrufen von Hinweisen, gespeichert (Abb. 3, Mitte). Somit bietet das *Digitale Klassenzimmer* auf individueller Ebene die Möglichkeit, den Arbeitsprozess einzelner Lernender nachzuvollziehen

Für individuelle Hilfestellungen oder allgemeine organisatorische Mitteilungen steht zudem eine *Chatfunktion* bereit, welche Eins-zu-Eins-Nachrichten zwischen Lernendem und Lehrperson ermöglicht. Im Chat können neben Text- auch Bild- und Audionachrichten verschickt werden. So können Lernende beispielsweise ihren aktuellen Lösungsweg skizzieren, auf dessen Basis die Lehrperson individuelle Rückmeldung geben kann.

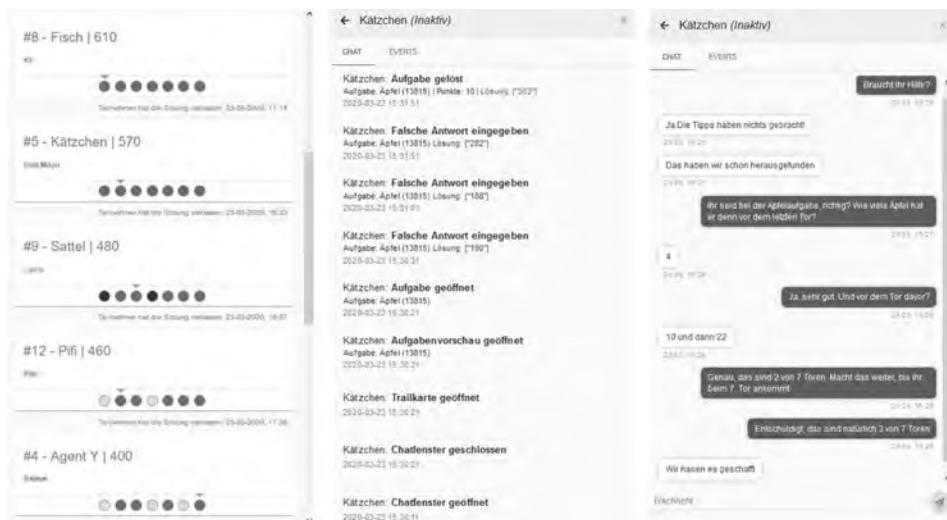


Abbildung 3: Das *Digitale Klassenzimmer* mit E-Portfolio auf Klassenbasis und individueller Ebene sowie Chatfunktion

2.4 Einordnung des MCM@home-Konzepts

In Kapitel 1 wurden technische Hürden, das Fehlen einer festen Unterrichtsstruktur, Probleme beim Diagnostizieren sowie der inhaltlichen Passung von Aufgaben als Herausforderungen des Distanzlernens identifiziert.

Aus technischer Sicht bietet MCM@home eine niedrigschwellige Möglichkeit zur Teilnahme am synchronen Distanzunterrichts: Die Lernenden benötigen lediglich ein Smartphone (iOS oder Android) mit installierter MCM-App sowie einer Internetverbindung – auf Basis der KIM-Studie (mpfs, 2018) kann von einer Vollausrüstung an Smartphones sowie Internetzugang in deutschen Haushalten ausgegangen werden.

Die Idee des digitalen Lernpfades adressiert aus organisatorischer Perspektive die gefühlte Überforderung durch das eigenständige Lernen im Schullockdown (Wacker et al., 2020), indem die Lernenden in einer strukturierten Umgebung arbeiten. Hierzu kommt der feste zeitliche Rahmen durch das *Digitale Klassenzimmer*. Ferner bietet das *Digitale Klassenzimmer* die Möglichkeit zur direkten Kommunikation zwischen Lehrperson und Lernendem.

Aus didaktischer Sicht wird somit individuelles Feedback durch die Lehrperson realisiert. Durch das unmittelbare und automatisierte Feedback im Rahmen der App sowie die Möglichkeit zur persönlichen Rückmeldung durch die Lehrperson kann der empfundene Mangel an Feedback im Lockdown (Wacker et al., 2020; Wößmann et al., 2020) adressiert werden. Somit bietet das *E-Portfolios* des *Digitalen Klassenzimmer* die Möglichkeit zum Diagnostizieren und zum individuellen Fördern.

Inhaltlich wird es durch die Vielzahl an Aufgabenformaten sowie die Unteraufgaben-Funktion des MCM-Systems ermöglicht, komplexere Aufgaben zu stellen, womit eine übermäßige Reduktion des Aufgabenniveaus und die Fokussierung auf Standardaufgaben im Distanzunterricht (Wößmann et al., 2020; Drijvers et al., 2021) vermieden werden kann. Hingegen können Aufgabentypen wie Argumentationsaufgaben nur schwerlich mit dem System automatisiert validiert werden.

Insgesamt adressiert MCM@home wesentliche Herausforderungen und Probleme des Distanzlernens, weshalb es aus theoretischer Perspektive als ein vielversprechendes Tool für den Onlineunterricht angesehen werden kann.

3. Präsentation der Lernpfade *Folgen und Reihen* und *Zahlenrätsel*

Im Folgenden werden exemplarisch zwei Lernpfade für die Grundschule vorgestellt und curricular eingeordnet. Es handelt sich um die Lernpfade *Folgen und Reihen* (via Code 012519 in der MCM-App aufrufbar) und *Zahlenrätsel* (Code 192515). Anschließend wird der Einsatz der Lernpfade im Rahmen des Enrichmentprogramms *Junge Mathe-Adler Frankfurt* (siehe Jablonski & Ludwig, 2020) für mathematisch begabte Kinder vorgestellt.

3.1 Der Lernpfad *Folgen und Reihen*

Der Lernpfad *Folgen und Reihen* besteht aus sechs Aufgaben, in denen die Kinder Muster und Strukturen entdecken sollen. Exemplarisch wird die Aufgabe *Äpfel* nach Bruder et al. (2005) vorgestellt (Abb. 4, links).



Abbildung 4: Die Aufgabe *Äpfel* in der MCM-App (von links nach rechts): Aufgabenstellung, Hinweis, Ergebnisvalidierung und Musterlösung

Gesucht wird die Anzahl Äpfel, die ein Mann zu Beginn seines Weges hatte, wobei er beim siebenmaligen Passieren von Toren einen gewissen Anteil abgeben muss. Es ist bekannt, mit wie vielen Äpfeln er am Ziel ankommt. Inhaltlich zielt die Aufgabe auf das Erstellen einer Zahlenfolge ab, die durch Erkennen einer Gesetzmäßigkeit und durch strategisches Rückwärtsarbeiten erarbeitet werden kann. Jenes Rückwärtsarbeiten wird durch Hinweis 1 angeleitet (Abb. 4, Mitte links).

Die Aufgabe kann nach Bildungsstandards Mathematik im Primarbereich (KMK, 2004) der Leitidee *Muster und Strukturen* zugeordnet werden. Insbe-

sondere zielt die Aufgabe auf das Erkennen von Gesetzmäßigkeiten (Abnahme der Anzahl der Äpfel an jedem Tor) und deren Fortsetzung z.B. in Form einer Zahlenfolge. Durch die Anzahl der Tore und die sprachliche Komplexität scheint die Aufgabe im Sinne des gezielten Förderns und Forderns für das Enrichmentprogramm geeignet zu sein.

Auch die anderen fünf Aufgaben des Lernpfades passen zur Leitidee *Muster und Strukturen*. Ihre inhaltliche Zuordnung erfolgt übersichtsartig in Tabelle 1. Zudem wird die jeweilig nötige Anzahl an Denkschritten zur Aufgabenlösung anhand des Additionsmodells (Reit, 2016) analysiert. Mit steigender Anzahl von Denkschritten steigt auch die Komplexität der Aufgabe, sprich die Aufgabenschwierigkeit. Durch ihre geringere Komplexität im Vergleich zur Äpfel-Aufgabe sind die weiteren Aufgaben Beispiele für den Einsatz des Systems unabhängig vom Enrichmentprogramm.

Tabelle 1: Aufgaben aus dem Lernpfad Folgen und Reihen

Aufgabenstellung	Curriculare Zuordnung zur Leitidee „Muster und Strukturen“	Anzahl Denkschritte
Aufgabe Äpfel (siehe Abb. 4, links)	Strukturierten Aufgabenfolgen erkennen und fortsetzen	7
Überlege dir, wie das Muster fortgesetzt wird. Wie viele Kreise kommen immer hinzu? 	Geometrische und arithmetische Muster erkennen und beschreiben	2
Führe die Buchstabenfolge fort: A, D, G, J, _	Strukturierte Aufgabenfolgen erkennen und fortsetzen	4
Überlege dir, wie das Muster fortgesetzt wird. Aus wie vielen Kreisen besteht die 7. Figur? 	Geometrische Mustern erkennen und fortsetzen	5
Die Fibonacci-Folge setzt sich immer aus ihren beiden Vorgängern zusammen: 1, 1, 2, 3, 5, 8, ... Um eine neue Zahl zu bilden, werden die beiden vorherigen Zahlen addiert, also + genommen, z.B. $3+5=8$. Welche der nachfolgenden Zahlenfolgen gehören zur Fibonacci-Folge? Wähle ALLE richtigen Lösungen aus! <input type="checkbox"/> 5, 8, 13, 21 <input type="checkbox"/> 35, 56, 91 <input type="checkbox"/> 12, 20, 32 <input type="checkbox"/> 34, 55, 89	Arithmetischen Muster (z.B. in Zahlenfolgen) erkennen und fortsetzen	4
Führe die Buchstabenfolge fort: B, C, E, H, L, _	Strukturierte Aufgabenfolgen erkennen und fortsetzen	5

Die Aufgaben lassen sich gemäß KMK (2004) dem Erkennen von Gesetzmäßigkeiten und darin den Anforderungsbereiche II und III zuordnen. Sie unterscheiden sich hinsichtlich der Thematik (geometrisch/arithmetisch), der Arbeitsweise (vorwärts/rückwärts), der Darstellungsform (geometrisches Muster/Zahlenfolge/strukturierte Aufgabenfolge) sowie der Aktivität (erkennen/beschreiben/fortsetzen). Demnach können im Rahmen des Lernpfades verschiedene Kontexte erarbeitet und das Thema ganzheitlich erschlossen werden.

3.2 Der Lernpfad Zahlenrätsel

Der Lernpfad *Zahlenrätsel* besteht aus acht Aufgaben, in denen versprachlichte Rechenaufgaben gelöst werden sollen. Beispielsweise wird gefragt: *Wenn ich zu meiner Zahl 250 addiere und die Summe durch 7 dividiere, so erhalte ich 50. Wie heißt meine Zahl?*

Bei diesem Zahlenrätsel, welches in Abbildung 2 (Mitte links) dargestellt ist, wird eine unbekannte Anfangszahl gesucht. Gegeben sind die einzelnen Rechenschritte, die zu einem bekannten Ergebnis führen. Um die Aufgabe zu lösen, ist es einerseits nötig, die in Sätzen formulierte Aufgabe in die bekannte symbolische Schreibweise einer Rechenaufgabe zu übersetzen und andererseits rückwärts – vom Ergebnis ausgehend – zur gesuchten Startzahl vorzugehen. Entsprechend müssen die Rechenoperationen invertiert werden. Im Falle dieser Aufgabe ist das bekannte Ergebnis 50. Dieses wird mit 7 multipliziert und von den resultierenden 350 werden 250 subtrahiert. Damit ist das gesuchte Ergebnis 100.

Der Lösungsprozess wird durch optional aufrufbare Hinweise unterstützt, welche zunächst auf die Entwicklung einer Strategie (Übersetzung der Aussage in mathematische Zeichensprache) und anschließend inhaltlichen auf den symbolischen Übersetzungsvorgang (z. B. Dividieren: \div und Subtrahieren: $-$) abzielen. Der dritte Hinweis ist wiederum strategischer Natur und fordert die Kinder auf, rückwärts zu arbeiten: *Bei dieser Aufgabe musst du rückwärts arbeiten. Du kennst schon das Ergebnis. Wir suchen die Startzahl.*

Die weiteren Aufgaben des Lernpfades *Zahlenrätsel* sind bezüglich Aufgabenstellung, Vorgehensweise und Hinweisgebung ähnlich aufgebaut. Sie beinhalten verschiedene Kombinationen und Ausdrucksweisen der vier Grundrechenoperationen (z. B. dividieren und siebter Teil, addieren und Summe). Darüber hinaus nimmt die Anzahl der notwendigen Rechenschritte im Lernpfad zu, d. h. die Komplexität der Aufgaben steigt von zwei auf bis zu vier Denkschritte (Reit, 2016). Alle Aufgaben lassen sich der Leitidee *Zahlen und Operationen* (KMK, 2004) zuordnen. Schwerpunktmaßig behandeln sie den

Bereich *Rechenoperationen verstehen und beherrschen*. Weiterhin stehen Umkehroperationen und der Wechsel der Repräsentationsform Sprache zur symbolischen Ebene im Fokus.

4. Analyse der Nutzungsweise von MCM@home

Die präsentierten Lernpfade wurden mit Grundschulkindern aus dem Enrichmentprogramm *Junge Mathe-Adler Frankfurt* für mathematisch begabte Kinder eingesetzt. Aufgrund der COVID-19-Pandemie wurden die sogenannten Forscherstunden digital durchgeführt – die Kinder bearbeiteten die Lernpfade in einer Distanzlernsituation. Insgesamt wurde der Lernpfad *Folgen und Reihen* von 23 Kinder der dritten Klasse und von 15 Kindern der vierten Klasse absolviert. Den Lernpfad *Zahlenrätsel* bearbeiteten 20 Kinder der dritten Klasse und 20 Kinder der vierten Klasse.

In der Vorbereitung wurde eine Anleitung zur Installation und zum Start der MCM-App mit dem jeweiligen Code des *Digitalen Klassenzimmers* per E-Mail versandt. Alle Lernpfade wurden in einem festgelegten Zeitraum von 90 Minuten bearbeitet, wobei einige Kinder bereits nach 60 Minuten die Bearbeitung abschließen konnten. Während der Bearbeitungszeit wurde das *Digitale Klassenzimmer* betreut, sodass die Lehrperson bei Bedarf bzw. auf Nachfrage mit den Kindern im Chat interagieren konnte.

Im Folgenden werden die Nutzung der MCM-App durch die Kinder analysiert. Insbesondere werden hierbei das Aufrufen von Hinweisen und Musterlösung (asynchrone Elemente) und die Nutzung des Chats (synchrone Element) herangezogen.

4.1 Nutzung der Hinweise und Musterlösung

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Nutzung asynchroner Features für die beiden vorgestellten Lernpfade.

Aus Tabelle 2 geht hervor, dass ein Großteil der Aufgaben ohne die asynchronen Elemente korrekt gelöst wird. Dies könnte einerseits auf einfache Aufgaben – zumindest im Kontext des Enrichmentprogramms – hindeuten. Durch die verschiedenen Schwierigkeitsgrade und eine konsistente Nutzungsweise vieler Kinder scheint dies allerdings nicht der Fall zu sein. Vielmehr scheinen die Kinder zunächst (hypothetisch aus Gewohnheit) auf die Hinweise zu verzichten und die Aufgabe ohne Hilfestellung lösen zu wollen. Jener Eindruck verstärkt sich insbesondere dadurch, dass die Kinder die Hinweise

Tabelle 2: Übersicht der quantitativen Analyse

Aufgaben	Fokus	Folgen und Reihen	Zahlenrätsel
Bearbeitete Aufgaben	gesamt	226	252
	Anzeige von Hinweisen	51 22,6 %	32 12,7 %
	Anzeige der Musterlösung	19 8,4 %	31 12,3 %
Ergebnis: Korrekt gelöste Aufgaben	gesamt ... davon mit Hinweis	165 31 18,7 %	177 11 6,2 %
Lösungsprozess: Falsche Lösungeingabe	gesamt ... führt zu Hinweisnutzung	191 21 11,0 %	115 18 15,7 %

überwiegend im Falle einer (oder mehrerer) falscher Ergebniseingaben nutzen. Dieses Verhalten lässt sich in beiden Lernpfaden und zu allen Einsätzen beobachten. Mit der Zielsetzung der Hinweise beim Lösen der Aufgabe – insbesondere bei Schwierigkeiten – zu helfen, ist diese Nutzungsweise von Hinweisen wünschenswert. Dennoch zeigt die geringe Hinweisnutzung nach einer Falscheingabe (11,0% beim Lernpfad *Folgen und Reihen* und 15,7% beim Lernpfad *Zahlenrätsel*) die Grenzen des asynchronen Lernformates auf.

Ein ähnlicher Eindruck entsteht bei der Nutzung der Musterlösung, die zwar in den wenigen Fällen des Abbruchs einer Aufgabe angesehen wird, aber in einem Großteil der Aufgabenbearbeitungsprozesse keine Rolle spielt. Die automatische Aufgabenväldierung scheint die Ansicht einer Musterlösung aus Sicht der Kinder überflüssig zu machen. Eine Besprechung der Lösungen bzw. Vorgehensweisen kann durch das System dementsprechend nicht ersetzt werden.

4.2 Nutzung des Chats

Der synchrone Chat des *Digitalen Klassenzimmers* stellt aus theoretischer Sicht (Kapitel 2.4) eine wichtige Ergänzung zur asynchronen Nutzungsweise dar. Ob diese Hypothese einer empirischen Untersuchung Stand hält, soll durch die Analyse von drei Einsätzen bei den *Jungen Mathe-Adlern Frankfurt* untersucht werden. Hierzu werden drei *Digitale Klassenzimmer* (ein Lernpfad zu *Folgen und Reihen* und zwei zu *Zahlenrätsel*) ausgewählt, da der Chat bei den weiteren Forscherstunden nur eingeschränkt betreut werden konnte.

In den drei Sitzungen wurden insgesamt 61 Nachrichten über den Chat gesendet. Pro Sitzung wurden zwischen 17 und 26 Nachrichten verschickt, was

im Schnitt einer bis drei Nachrichten pro Kind entspricht. Allerdings wurde der Chat nicht von allen Kindern genutzt. Da es zum Zeitpunkt der Untersuchung noch keine Möglichkeit gab, Audio- und Bilddateien zu versenden, beschränken sich die 61 Nachrichten auf Textnachrichten. 40 der Nachrichten wurden durch die Lehrperson versendet, 21 durch die Schülerinnen und Schüler. Um einen solchen Dialog zu illustrieren, sei auf das Beispiel in Abbildung 3 (rechts) verwiesen.

Um die Intention der Chatnachrichten zu erfassen, werden diese in Tabelle 3 kategorisiert und nach ihrem Vorkommen quantifiziert. Im Rahmen dieser qualitativen Inhaltsanalyse werden die Kategorien aus Barlovits et al. (2021) verwendet:

- Organisation: Der Nachrichteninhalt bezieht sich auf die Organisation der Sitzung
- Technische Hilfe: Die Nachricht enthält technische Fragen.
- Inhaltliche Unterstützung: Die Nachricht beinhaltet mathematische Inhalte und zielt darauf ab, den Lösungsprozess zu unterstützen.
- Persönliche Kommunikation: Der Inhalt der Nachricht ist auf einem persönlichen Level, z. B. zur Motivation.

Wie in Tabelle 3 dargestellt, dient etwa die Hälfte aller Nachrichten der persönlichen Kommunikation. Diese Nachrichten gehen überwiegend von der Lehrperson aus und würdigen den Fortschritt der Kinder bei der Bearbeitung einzelner Aufgaben bzw. des gesamten Lernpfades. Etwa ein Viertel der Nachrichten dient der Unterstützung bei technischen Problemen, die in der Regel von den Kindern angefragt wird und durch die Lehrperson beantwortet wird. Diese Fragen sind insbesondere in der ersten Sitzung mit dem System relevant. Chatnachrichten, in denen inhaltliche Unterstützung durch die Lehrperson angeboten (siehe Abb. 3, links) oder durch die Schülerinnen und Schüler angefordert wird, sind mit 16,4% relativ selten. Lediglich 8,2% der Nachrichten werden genutzt, um organisatorische Fragen zu stellen bzw. zu beantworten.

Tabelle 3: Übersicht zur Nutzungsweise des Chats

Kategorie	Beispiel	Häufigkeit
Persönliche Kommunikation	L: Klasse, nur noch eine Aufgabe!	31 50,8 %
Technische Unterstützung	S: Wo finde ich die letzte Aufgabe? Ich sehe kein Kreuz mehr.	15 24,6 %
Inhaltliche Unterstützung	L: Ihr seid bei der Apfelaufgabe, richtig? Wie viele Äpfel hat er denn vor dem letzten Tor?	10 16,4 %
Organisatorisches	S: Wir sind fertig, was sollen wir tun?	5 8,2 %

Die im Chat häufiger genutzten Kategorien *persönliche Kommunikation* und *technische Unterstützung* finden im asynchronen Teil des Systems, u. a. Hinweise und Musterlösung, keinerlei Beachtung.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Im Beitrag wurde mit MCM@home ein digitales Konzept zur Umsetzung des mathematischen Distanzunterrichts präsentiert, welches im Rahmen der ERT-Phase im Frühjahr 2020 entwickelt wurde. MCM@home zeichnet sich durch drei Schlagworte aus:

1. **Adaptiv:** Das System erlaubt es Lehrpersonen eigene Lernpfade für die Kinder zu erstellen und somit auf ihren Leistungsstand und die curriculare Passung einzugehen. Darüber hinaus bieten Hinweise, Unteraufgaben und die Chatfunktion individuelle Hilfestellungen und Fördermöglichkeiten.
2. **Synchron:** Durch eine festgelegte Zeit und den im System integrierten Chat bietet das System die Möglichkeit, zur gleichen Uhrzeit gemeinsam zu arbeiten und die Unterrichtsstruktur im Klassenzimmer zu einem gewissen Grad beizubehalten.
3. **Online:** Durch die Nutzung des Smartphones reiht sich MCM@home in eine Vielzahl digitaler Tools zur Überbrückung und Kompensation der räumlichen Trennung ein.

Auf theoretische Ebene scheint MCM@home damit vielversprechend für den Mathematikunterricht zu Hause. Auch die empirische Analyse kann zunächst bestätigen, dass das System eigenständiges Lernen ermöglicht. Nahezu 75 % der Aufgaben konnten mit dem System von den Kindern gelöst werden, obwohl insbesondere die Aufgaben im Lernpfad *Folgen und Reihen* eine Vielzahl von Denkschritten erfordern und somit nach Reit (2016) eine erhöhte Schwierigkeit aufweisen. Grundsätzlich sind diese Beobachtungen im Kontext des Enrichmentprogramms, also im Kontext der Förderung von mathematischer Begabung, zu betrachten. Dennoch zeigt sich bei der Nutzung von Hinweisen und der jeweiligen Musterlösung, aber auch bei der Häufigkeit der Chatnutzung, weiteres Potenzial für die didaktische Eingliederung des Systems im Unterricht einerseits und für technische Weiterentwicklungen andererseits. Auf beide Aspekte soll abschließend eingegangen werden:

MCM@home wurde im Frühjahr 2020 ohne längerfristige Einführungsphase und Vorbereitung genutzt. Die Kinder des Enrichmentprogramms erhielten im Frühjahr eine schriftliche Anleitung und konnten sich anschlie-

ßend mit dem System vertraut machen. Während es nahezu keine technischen Schwierigkeiten gab, scheint es im Hinblick auf Hinweise, Musterlösung und Chat dennoch fraglich, ob alle Funktionen der App bekannt waren. Es scheint demnach sinnvoll – mit diesem Wissenstand und den heutigen Vorbereitungsmöglichkeiten – das System gemeinsam mit den Kindern auszuprobieren und ihnen die Möglichkeiten der App aktiv zu zeigen. Weiterhin scheint es sinnvoll, an einer gemeinsame Nachbesprechung der Aufgaben festzuhalten: Wird die Aufgabe korrekt gelöst, so schauen sich nur wenige Kinder die Musterlösung an und es steht das Endprodukt im Fokus der Aufgabe. Zudem stellt sich die Frage, welche Impulse die Lehrperson über die Chatfunktion geben kann, um das gewünschte Lösungsverhalten zu initiieren. Dies wird Forschungsgegenstand weiterer Untersuchungen mit dem System sein.

Jene Befunde werden in der technischen Weiterentwicklung des MCM@home-Konzepts aufgegriffen: Im Rahmen der Erasmus + Strategischen Partnerschaft ASYMPTOE wird MCM@home von März 2021 bis Februar 2023 zu einem eigenständigen System weiterentwickelt. Technisch wird es hierbei um eine systemische Adaptivität ergänzt, d. h. eine Aufgabenzuweisung auf Basis des individuellen Leistungsniveaus. Hinzu kommt für Lehrpersonen ein Langzeitanalyse-Tool, welches den individuellen Lernprozess von Schülerrinnen und Schüler über mehrere Einheiten hinweg aufbereitet. Neben einem Gruppenarbeitsmodus werden zudem Features zur Senkung partizipativer Barrieren, u. a. eine Vorlesefunktion, implementiert. Nicht zuletzt wird im Rahmen des Projekts eine breite, öffentlich zugängliche Datenbank für Aufgaben und digitale Lernpfade erstellt. Damit soll das System nicht nur für das Distanzlernen, sondern auch für den Regelunterricht an weiterer Relevanz gewinnen.

Literatur

- Barlovits, S., Jablonski, S., Lázaro, C., Ludwig, M. & Recio, T. (2021). Teaching from a distance – math lessons during covid-19 in Germany and Spain. *Education Sciences*, 11(8), 406. <https://doi.org/10.3390/educsci11080406>
- Barlovits, S., Jablonski, S., Milicic, G. & Ludwig, M. (2021). Distance learning in mathematics education: synchronous and asynchronous learning with MathCity-Map@home. In L. Gómez Chova, A. López Martínez & I. Candel Torres (Hrsg.), *EDULEARN Proceedings* (S. 10179–10189). <https://doi.org/10.21125/edulearn.2021.2101>
- Bruder, R., Büchter, A. & Leuders, T. (2005). Die „gute“ Mathematikaufgabe – ein Thema für die Aus- und Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern. In G.

- Graumann (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2005* (S. 139–146). Franzbecker.
- Drijvers, P., Thurm, D., Vandervieren, E., Klinger, M., Moons, F., van der Ree, H., Mol, A., Barzel, B. & Doorman, M. (2021). Distance mathematics teaching in Flanders, Germany and the Netherlands during COVID-19 lockdown. *Educational Studies in Mathematics* 108, 35–64. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10094-5>
- forsa (Hrsg.). (2020, 15. April). *Das Deutsche Schulbarometer Spezial. Corona-Krise*. Deutsches Schulportal. <https://deutsches-schulportal.de/unterricht/lehrer-umfrage-deutsches-schulbarometer-spezial-corona-krise-april-2020/>
- Franke-Braun, G., Schmidt-Weigand, F., Stäudel, L. & Wodzinski, R. (2008). Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. In Kasseler Forschungsgruppe (Hrsg.): *Lernumgebungen auf dem Prüfstand* (S. 27–42). Kassel University Press.
- Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T. & Bond, A. (2020). The difference between emergency remote teaching and online learning. *Educause Review*, 27, 1–12.
- Jablonski, S. & Ludwig, M. (2020). „...weil ich es schön finde, wenn man was anderes als in der Schule macht“ – Evaluation des außerschulischen Enrichmentprogramms Junge Mathe-Adler Frankfurt. *Erziehung und Unterricht*, 9+10/2020, 912–919.
- Kultusministerkonferenz (2004). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich*. Wolters Kluwer.
- Ludwig, M., Jesberg, J. & Weiß, D. (2013): MathCityMap – faszinierende Belebung der Idee mathematischer Wanderpfade. *Praxis der Mathematik in der Schule* (53), 14–19.
- Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest (mpfs) (Hrsg.). (2018, 17. Mai). *KIM-Studie 2018. Kindheit, Internet, Medien*. <https://www.mpfs.de/studien/kim-studie/2018/>
- Reit, X.-R. (2016). *Denkstrukturen in Lösungsansätzen von Modellierungsaufgaben*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-13189-0>
- Roth, J. (2015). Lernpfade – Definition, Gestaltungskriterien und Unterrichtseinsatz. In J. Roth, E. Süss-Stepancik, & H. Wiesner (Hrsg.), *Medienvielfalt im Mathematikunterricht* (S. 3–26). Springer.
- Wacker, A., Unger, V. & Rey, T. (2020). „Sind doch Corona-Ferien, oder nicht?“ In D. Fickermann & B. Edelstein (Hrsg.), „Langsam vermisste ich die Schule ...“ (S. 79–94). Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830992318.04>
- Wößmann, L., Freundl, V., Grewenig, E., Lergetporer, P., Werner, K. & Zierow, L. (2020). Bildung in der Coronakrise: Wie haben die Schulkinder die Zeit der Schulschließungen verbracht, und welche Bildungsmaßnahmen befürworten die Deutschen? *Ifo Schnelldienst*, 73(9), 25–39.

Praxisideen für Augmented Reality (AR) im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht

Abstract

Im Rahmen dieses Beitrags werden Beispiele für den praktischen Einsatz von Augmented Reality (AR) im Sachunterricht der Primarstufe skizziert. Sie dienen sowohl der Veranschaulichung des pädagogisch-didaktischen Potenzials von AR als auch der Veranschaulichung des Transfers zwischen dem fachdidaktischen Einsatz von AR in den Sekundarstufen und dem sachunterrichtsdidaktischen Einsatz von AR in der Primarstufe. Es werden daher auch notwendige bzw. wünschenswerte Entwicklungen von Modellierungen Medialen Lernens – insb. bzgl. AR – aufgezeigt, die eine theoretische Verortung von AR im sachunterrichtsdidaktischen Verständnis von Lehren und Lernen ermöglichen.

1. Einführung

Im Rahmen dieses Beitrags werden Praxisvorschläge für den Einsatz von Augmented Reality (AR) in der Primarstufe aus dem aktuellen Forschungs- und Entwicklungsstand zu fachdidaktischen AR-Anwendungen skizziert. Die dargestellten Beispiele dienen der Exemplifizierung grundsätzlicher Schwierigkeiten beim Transfer zwischen dem fachdidaktischen Einsatz von AR in den Sekundarstufen und dem sachunterrichtsdidaktischen Einsatz von AR in der Primarstufe. Dabei werden Anforderungen, Notwendigkeiten und Hürden für den Einsatz von AR in schulischen Lehr-Lernsituationen für den Sachunterricht spezifiziert und – neben Aspekten der Vielperspektivität – die Besonderheiten des Lernens *mit* und *über* Medien (Peschel, 2020, S. 341) erläutert.

Zunächst werden zentrale Positionen bezüglich des (generellen) Einsatzes digitaler Medien in Lehr-Lernsituationen aus der Sicht der Didaktik des Sachunterrichts dargestellt sowie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zur vornehmlich fachbezogenen Sekundarstufendidaktik herausgestellt. Anschließend wird AR als digitales Medium spezifiziert und definiert. Da es nur wenige Studien speziell zu AR in der Primarstufe gibt, folgt anschließend eine

Darstellung des (vornehmlich sekundarstufen-bezogenen) Forschungsstandes zum Einsatz von AR in Lehr-Lernsituationen mit Fokus auf naturwissenschaftlichen Fachbezug. Aus diesem Forschungsstand werden für den Sachunterricht geeignete Umsetzungen für Lehr-Lernangebote mit AR zu naturwissenschaftlichen Fachbezügen abgeleitet, die als Grundlage für zukünftige forschungs- bzw. praxisbezogene Überlegungen zur Evaluation oder praktischen Umsetzung genutzt werden können. Die Beispiele werden bezüglich der zugrundeliegenden Fachinhalte und möglicher adressierter Kompetenzen eingeordnet und die fachdidaktische Funktion der AR wird skizziert. Zum Schluss wird resümiert, dass es zwar zahlreiche fachdidaktisch gut aufbereitete (Ideen für) Einsatzmöglichkeiten von AR zu isolierten Fachinhalten für den Sachunterricht der Primarstufe gibt, aber bislang noch keine bzw. kaum Forschungen oder technische Entwicklungen, welche dem sachunterrichtlichen Verständnis im Sinne eines Lernens *mit* und *über* AR (Lauer et al., 2020a, S. 385) gerecht werden. Es werden daher notwendige bzw. wünschenswerte Entwicklungen von Modellierungen Medialen Lernens – insb. bzgl. AR – aufgezeigt, die eine theoretische Verortung von AR im sachunterrichtsdidaktischen Verständnis von Lehren und Lernen ermöglichen, sowie Forschungs- und Entwicklungsdesiderate für eine vielperspektivische Auseinandersetzung mit AR in sachunterrichtlichen Lehr-Lernsituationen.

2. Theoretischer Hintergrund

In diesem Kapitel werden zunächst die theoretischen Grundlagen zum Einsatz digitaler Medien im (Sach-)Unterricht beschrieben. Anschließend wird Augmented Reality begrifflich verortet und als neues Medium in unterrichtlichen Situationen charakterisiert. Aus dem Forschungsstand zum Einsatz von AR in Lehr-Lernsituationen wird das Desiderat zur Erforschung des Einsatzes von AR in Lehr-Lernsituationen des Sachunterrichts abgeleitet.

2.1 Digitale Medien im (Sach-)Unterricht

Digitale Medien zeichnen sich in Lehr-Lernsituationen durch charakteristische, didaktisch-methodische Möglichkeiten der Gestaltung aus (Peschel, 2016, S. 7). Fachgesellschaften wie die Gesellschaft für Informatik (GI) (2016, S. 1), die Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD) (2018, S. 1–3), die Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2021, S. 2–4) und Gremien wie die Kultusministerkonferenz (KMK) (2016, S. 3–10) vertreten verschiedene Posi-

tionen bzgl. des Einsatzes digitaler Medien in Lehr-Lernsituationen. Ergänzend dazu fordert die Fachdidaktik (GFD, 2018, S. 1f.), dass neben der medialen Unterstützung fachlichen Lernens auch gleichzeitig die fachliche Grundlegung medialen Lernens erfolgen muss. Insgesamt sollte also eine fach-medien-didaktische (Re-)Konstruktion im Sinne einer Erweiterung der didaktischen (Re-)Konstruktion (Duit et al., 2012, S. 21; Reinfried et al., 2009, S. 406) von Fachinhalten um einen fach-medialen Aspekt stattfinden.

Mit Blick auf die rasante Entwicklung im Bereich der digitalen Technologien und den damit verbundenen Entwicklungen ist festzustellen, dass der didaktische Einsatz innovativer Medien im Sachunterricht der Primarstufe bislang kaum erforscht ist (Irion & Eickelmann, 2018, S. 8). Die Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2021, S. 2–4) stellt in ihrem Positionspapier ‚Sachunterricht und Digitalisierung‘ klar, dass neben dem vielperspektivischen, welterschließenden Verständnis des Lernens (im Allgemeinen) bezogen auf digitale Medien eine gleichzeitige Adressierung des Lernens *mit* und *über* Medien (Peschel, 2020, S. 341) im Sinne der ‚kindlichen Welterschließung‘ (GDSU, 2013, S. 9) von Bedeutung ist. Unter dem Pramat des Didaktischen sollen digitale Medien also stets nicht nur als Werkzeug, sondern auch als Gegenstand des Lernens verstanden werden (Peschel, 2016, S. 12). Eine Problematik derzeitiger Modellierungen des Einsatzes digitaler Medien in Lehr-Lernsituationen besteht allerdings darin, dass sie sich stets auf Aspekte der Medienpädagogik bzw. -didaktik beziehen und nur begrenzt der Vielperspektivität des Sachunterrichts genügen (Lauer et al., 2020a, S. 383). Eine entsprechende Weiterentwicklung dieser Modellierungen, die die Unterstützung fachlichen Lernens mit digitalen Medien und *gleichzeitig* die fachliche Grundlegung des Lernens über digitale Medien erlaubt, findet sich in aktuellen Ansätzen (GDSU, 2021, S. 3).

2.2 Augmented Reality als *neues Medium in Lehr-Lernsituationen*

Durch die digitale Technik Augmented Reality (AR) kann die Wahrnehmung der realen Umgebung durch digitale Inhalte angereichert werden (Azuma et al., 2001, S. 34). Ursprünglich wurde AR hauptsächlich als Assistenzsystem im Flugzeugcockpit entwickelt, um Echtzeit-Informationen zur Umgebung im unmittelbaren Sichtfeld einzublenden und dadurch Ablenkungen durch Änderung des Blickfeldes zu reduzieren (Feiner et al., 1992, S. 60). Im Gegensatz zu Technologien wie Virtual Reality (VR) zeichnet sich AR durch eine Verschmelzung von Realität und Digitalität aus, wobei die Hauptbezugsebene, die reale Umgebung, durch digitale Inhalte erweitert wird (Milgram & Kishino,

1994, S. 4). Digitale Abbilder der Realität (z.B. die Kamerasicht in einem mobilen Displaygerät) werden dabei – aus technischer Perspektive – als ‚real‘ definiert (Demarmels, 2012, S. 38) und somit sind in diesem Verständnis nur die digitalen Objekte, die ohne ein AR-fähiges Gerät nicht wahrgenommen werden können, ‚virtuell‘. Die virtuellen Informationen (visueller oder auditoriver Art) können räumlich, zeitlich oder semantisch mit den realen Objekten verschränkt sein (Milgram & Kishino, 1994, S. 4).

Aufgrund der beschriebenen Charakteristika von AR ergeben sich spezifische pädagogisch-didaktische Gestaltungsmöglichkeiten in Lehr-Lernsituationen: AR ermöglicht das Wahrnehmen der realen Umgebung und die gleichzeitige Echtzeit-Interaktion mit virtuellen Objekten, daher kann AR als eigenständiges Medium im fach-medien-didaktischen Sinn bezeichnet werden. Eine Verknüpfung fach- und medienbezogener Aspekte durch die Gleichzeitigkeit des Lernens an realen und virtuellen Objekten erfordert die Überarbeitung des gegenwärtigen Verständnisses des medialen Lernens (Lauer et al., 2020a, S. 383). Das deAR-Modell von Seibert et al. (2020, S. 453) liefert speziell für den Einsatz von AR in Lehr-Lernsituationen einen ersten Vorschlag für eine solche Erweiterung und Konkretisierung für die Praxis. Es beschreibt die Planung, Konzeption, Durchführung und Reflexion von AR im naturwissenschaftlichen Unterricht unter Berücksichtigung von technischen Spezifika, sowie medienpädagogischen, medien- und fachdidaktischen Aspekten von AR in Lehr-Lernsituationen.

Neuere Forschung zur Wirkung von AR in Lehr-Lernsituationen adressieren inzwischen neben den Sekundarstufen auch die Primarstufe (ebd., S. 18). Dabei zeigt sich, dass AR in allen Stufen den Wissens- und Fertigkeitserwerb fördern kann (Garzón & Acevedo, 2019, S. 256) und dass durch den Einsatz von AR Motivation und Interesse positiv beeinflusst werden können (Zhang et al., 2020, S. 218). In Lehr-Lernsituationen animiert AR zur Erkundung der realen Welt nach virtuellen Informationen und regt zur Interaktion mit virtuellen Objekten an (Dunleavy, 2014, S. 32). Durch die Möglichkeit zur Echtzeit-Interaktion mit virtuellen Objekten eröffnen sich neue Möglichkeiten der Individualisierung von Lehr-Lernprozessen durch Echtzeit-Anpassung der Lehr-Lernumgebung an die Handlungen der Lernenden (Anderson & Anderson, 2019, S. 85). Meistens wird AR (nur) genutzt, um in der realen Welt Zusatzinformationen einzublenden (Dede, 2009, S. 68). Mittels spezieller Visualisierungen an Realobjekten können neben Zusatzinformationen zudem Prozesse oder Phänomene sichtbar(er) gemacht werden (Dunleavy, 2014, S. 32). Dennoch wird der praktische Einsatz von AR oft durch technische Probleme erschwert (Munoz-Cristobal et al., 2015, S. 86). Bislang gebräuchliche AR-Lehr-Lernan-

wendungen adressieren vornehmlich Fachinhalte der MINT-Fächer (Majeed & Ali, 2020, S. 26), wobei es Hinweise darauf gibt, dass AR – im Vergleich zu anderen digitalen Medien – insbesondere das Lernen von Technik-Themen positiv beeinflussen kann (Wu et al., 2013, S. 43).

Aufgrund der beschriebenen Forschungen zum Einsatz von AR in Lehr-Lernsituationen der Primarstufe im internationalen Raum besteht insbesondere für den Sachunterricht in Deutschland ein erhebliches Forschungsdesiderat. Darüber hinaus scheint es, dass nicht die Technologie AR selbst über den Lernerfolg entscheidet, sondern deren (fach-)didaktische Implementierung (Wu et al., 2013, S. 47f.). Angesichts der Vielzahl an Entwicklungen von AR-Lehr-Lernanwendungen mit naturwissenschaftlichen Fachbezügen bietet es sich daher an, entsprechende Anwendungen für den Sachunterricht zu konzipieren und zu beforschen. Außerdem muss für den Einsatz von AR in Lehr-Lernsituationen (neben medienpädagogischen und mediendidaktischen Gesichtspunkten) eine fach-medien-didaktische Rekonstruktion des Fachinhalts erfolgen (Lauer & Peschel, 2021, S. 64). Angesichts des vielperspektivischen Verständnisses der Didaktik des Sachunterrichts und der Auffassung von digitalen Medien (auch AR) als *Werkzeug und Gegenstand* des Lernens ist noch zu klären, inwieweit bestehende Modellierungen zum Einsatz von AR, z. B. das deAR-Modell (Seibert et al., 2020, S. 453), begrifflich und konzeptionell auf Lehr-Lernsituationen des Sachunterrichts angewandt werden können.

3. Praxisideen für AR im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht

Die hier skizzierten Praxisbeispiele sind aus dem Stand der Forschung zu AR mit naturwissenschaftlichem Bezug entstanden. Die Beispiele behandeln spiralcurricular bedeutsame naturwissenschaftliche Themen der Physik, adaptiert als Fachinhalte der naturwissenschaftlichen Perspektive des Sachunterrichts, die im späteren Fachunterricht der Sekundarstufen im Sinne eines spiralcurricularen Verständnisses wiederkehren. Jedes Praxisbeispiel beschreibt konzeptionelle Überlegungen für den konkreten Einsatz einer technischen AR-Entwicklung. Diese können als Grundlage für forschungs- oder praxisbezogene Überlegungen zur empirischen Evaluation oder praktischen Umsetzung verstanden werden.

3.1 Visualisierung von modellhaften Lichtstrahlen

Zum Fachthema ‚Optik‘ ist nach einer Idee von Teichrew & Erb (2020, S. 988) die Visualisierung virtueller modellhafter Lichtstrahlen im Längsschnitt optischer Geräte (z. B. Periskop, Abb. 1) denkbar. Die AR erfüllt dabei die Funktion der Visualisierung schwer beobachtbarer Wege des Lichts durch die Apparatur. Der Weg des Lichts kann dabei ‚sichtbar‘ gemacht werden, ohne Hilfsmittel wie Nebel oder Rauch. Durch diese Visualisierung kann das Verständnis über die Funktionsweise optischer Geräte verbessert werden, weil es keiner Zusatzhandlungen bedarf und damit der Fokus auf den Lerngegenstand gerichtet werden kann. Es bietet sich also eine grundlegende Möglichkeit zur phänomenologischen Anbahnung des Reflexionsgesetzes, welches in der Sekundarstufe weiter behandelt wird.

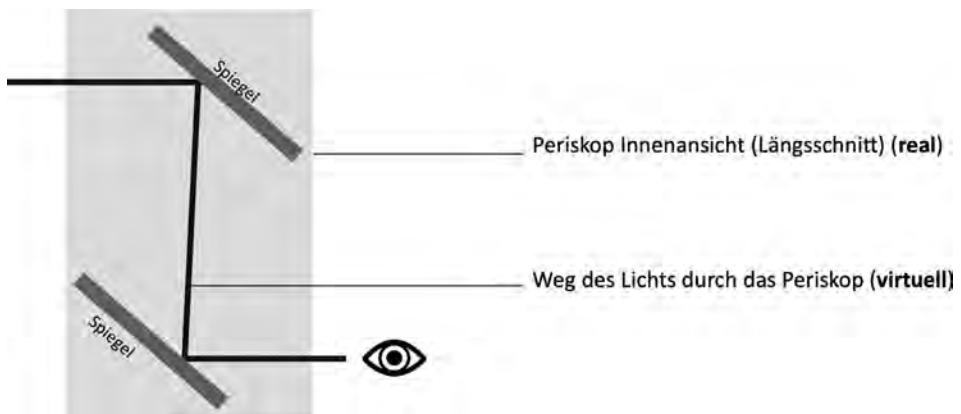


Abbildung 1: Visualisierung modellhafter Lichtstrahlen im Periskop mittels AR

3.2 Visualisierung von elektrischen Schaltsymboliken

Zum Fachthema ‚Elektrik‘ wurde nach einer Idee von Kapp et al. (2019, S. 53) ein Experimentier-Set zur Visualisierung von Schaltsymboliken (Symbole und Schaltskizzen) an elektrischen Bauteilen und Schaltungen (Abb. 2) entwickelt (Lauer et al., 2020b). Die AR erlaubt hierbei eine räumliche und semantische Echtzeit-Verknüpfung der Bauteile und Schaltungen als enaktive Repräsentation mit den passenden Symboliken als ikonische bzw. symbolische Repräsentation (Bruner et al., 1971, S. 29).

Während es bereits (vorwiegend) Steck-Bauteile gibt, mit denen man die Symbole und eine schematische Schaltskizze anbahnen kann, bietet diese AR-Entwicklung die Möglichkeit, entsprechende Symboliken und schematische Schaltpläne in räumlicher Nähe zu konkreten Schaltungen mit elektrischen Bauteilen anzuwenden.

ischen Bauteilen – samt Kabelverbindungen – unabhängig von der räumlichen Anordnung der Teile in Echtzeit zu visualisieren. Dies kann den Abstraktionsprozess von der Schaltung zum Schaltplan unterstützen (E-I-S-Prinzip (Zech, 2002, S. 117)). Elektrische Schaltungen kehren curricular in der Sekundarstufe wieder, wobei dann z. B. weitergehend zwischen Reihen- und Parallelschaltungen unterschieden wird. Eine technische Weiterentwicklung dieses Sets zum Gebrauch in der Sekundarstufe (inkl. Unterscheidung von Reihen- und Parallelschaltung) ist leicht möglich.



Abbildung 2: Visualisierung von Schaltsymboliken mittels AR

3.3 Visualisierung der Kraftübersetzung

Zum Fachthema ‚Mechanik‘ kann nach der Idee von Enyedy et al. (2012, S. 354–356) und Liu et al. (2011, S. 2–7) die Bewegungsrichtung von Zahnräderkomplexen bei mechanischen Apparaturen, z. B. bei einem Uhrwerk (Abb. 3), visualisiert werden. Die Kraftübertragung wird durch ein modellhaftes Fließband symbolisiert, sodass die unterschiedlichen Drehrichtungen der Zahnräder erklärt werden können. Auch die unterschiedlichen Drehgeschwindigkeiten (und Drehmomente) verschieden großer Zahnräder könnten in dieser modellhaften Analogie begründet werden (weil die gleichbleibende Bewegungsgeschwindigkeit des Bandes aufrechterhalten werden muss). Die Kraftübertragung kann sichtbar gemacht werden, ohne eine Kette oder ähnliches in die Apparatur einspannen zu müssen. Hierdurch könnte die Erlangung von phänomenologischem Verständnis über mechanische Zahnräderapparaturen gefördert werden. Expliziert und erklärt wird die Funktionsweise von Zahnrädern in der Sekundarstufe durch die Newtonsche Mechanik.

3.4 Visualisierung der Temperatur

Zum Fachthema ‚Thermodynamik‘ kann nach der Idee von Strzys et al. (2018, S. 376) die Temperatur aus Echtzeit-Messdaten, z. B. bei der Erwärmung zweier unterschiedlicher Stoffe in heißem Wasser (Metall-Löffel und Plastik-Löffel) visualisiert werden. Die farbliche Codierung der Temperatur erfolgt aus-

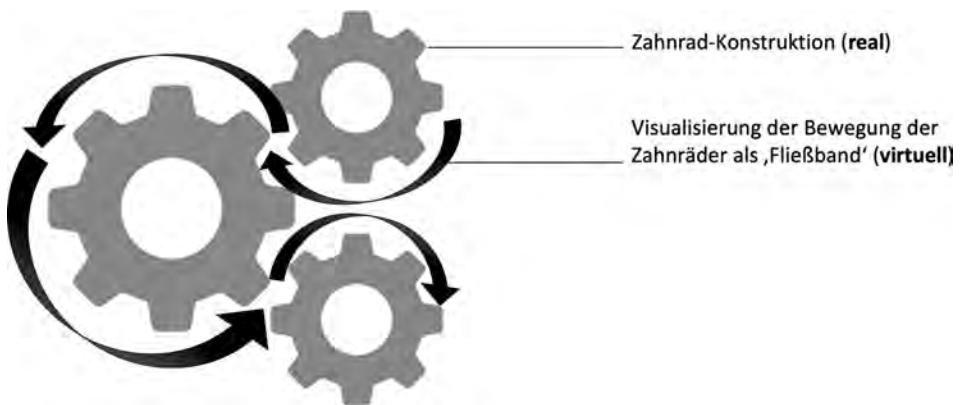


Abbildung 3: Visualisierung der Kraftübersetzung an Zahnräder mittels AR

schließlich am zu beobachtenden Objekt (im Gegensatz zum Einsatz einer Wärmebildkamera, bei der die gesamte Versuchsanordnung ohne Spezifizierung farblich codiert erscheint). Die reale Umgebung bleibt damit visuell weitgehend erhalten und der Fokus wird auf den Lerngegenstand der verschiedenen Stoffe gelenkt. So könnte das phänomenologische Grundverständnis über Stoffeigenschaften angebahnt werden. Die zentrale Eigenschaft, hinsichtlich derer sich die Löffel in dem Beispiel unterscheiden, ist die curricular in der Sekundarstufe wiederkehrende Wärmeleitfähigkeit.

3.5 Visualisierung der Magnetisierung

Zum Fachthema Magnetismus (als Teil der Elektrik) könnte nach der Idee von Abdusselam & Karal (2020, S. 7–9) und Buesing & Cook (2013, S. 226), der Magnetismus (z. B.) farblich in Echtzeit visualisiert werden. Dies ermöglicht die Differenzierung zwischen Permanentmagneten, Elektromagneten und magnetisierbaren Metallen, bevor die Codierung für die Pole eingeführt wird. Verschiedene metallische Gegenstände, die selbst NICHT gefärbt sind, werden in Echtzeit mit der zugehörigen Magnetisierung farblich mittels AR überlagert. So kann erkannt werden, dass bei Magneten der Magnetismus dauerhaft beständig ist und sich bei Metallen in Gegenwart von Magneten ändert. Dieser Unterschied wird in der Sekundarstufe bzgl. des Zustandekommens von Magnetismus erklärt.

4. Diskussion und Fazit

Im vorigen Kapitel wurden Skizzen für den Einsatz von AR im Sachunterricht der Primarstufe vorgestellt, welche für den (naturwissenschaftlich-orientierten) Sachunterricht bedeutsam sein könnten und curricular in der Sekundarstufe aufgegriffen werden können. Die Beispiele adressieren (isierte) monoperspektivische Fachthemen und können als Anhaltspunkte für weitere fachdidaktische Forschung und Entwicklung zu AR im Sachunterricht der Primarstufe angesehen werden. Allerdings muss der Nutzen dieser möglichen Einsatzbeispiele für Kinder im Grundschulalter – vor allem bzgl. des Verständnisses der visualisierten modellhaften Repräsentationen (Kopp & Martschinke, 2010, S. 198) – in AR weitergehend untersucht werden. Bezuglich der Anwendbarkeit von Modellierungen des Einsatzes von AR in Lehr-Lernsituationen, wie dem deAR-Modell (Seibert et al., 2020, S. 453) muss vor allem der Unterschied zwischen dem *fachbezogenen* Einsatz von AR im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufen und dem *sachunterrichtlichen* Einsatz in der Primarstufe beachtet werden. Neben den im deAR-Modell beschriebenen medienpädagogischen, mediendidaktischen, fachdidaktischen und technischen Aspekten der Implementation von AR könnte aus sachunterrichtsdidaktischer Sicht der Aspekt des Mediums (AR) und seiner Bedeutung für bzw. seiner Wirkung auf die Erschließung der Lebenswelt mit einbezogen werden. Auf diese Weise könnten sich zukünftig auch insbesondere Forschungen zum Lernen *über* AR im Sinne einer vielperspektivischen Auseinandersetzung mit den Wirkungen von Augmentierungen im Alltag auf Modellierungen zum Mediale Lernen beziehen.

Literatur

- Abdusselam, M. S., & Karal, H. (2020). The effect of using augmented reality and sensing technology to teach magnetism in high school physics. *Technology, Pedagogy and Education*, 29 (4), 407–424. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1766550>
- Anderson, C. L., & Anderson, K. M. (2019). Wearable Technology: Meeting the Needs of Individuals with Disabilities and Its Applications to Education. In I. Burchem, R. Klamma, & F. Wild (Hrsg.), *Perspectives on Wearable Enhanced Learning (WELL)* (S. 59–77). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64301-4_3
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21 (6), 34–47. <https://doi.org/10.1109/38.963459>

- Bruner, J. & Oliver, R. & Marks Greenfield, P. (1971). *Studien zur kognitiven Entwicklung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Buesing, M., & Cook, M. (2013). Augmented Reality Comes to Physics. *The Physics Teacher*, 51 (4), 226–228. <https://doi.org/10.1119/1.4795365>
- Dede, C. (2009). Immersive Interfaces for Engagement and Learning. *Science*, 323 (5910), 66–69. <https://doi.org/10.1126/science.1167311>
- Demarmels, S. (2012). Als ob die Sinne erweitert würden... Augmented Reality als Emotionalisierungsstrategie. *IMAGE*, 16, 34–51.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). *The Model of Educational Reconstruction – a framework for improving teaching and learning science*. <https://doi.org/10.13140/2.1.2848.6720>
- Dunleavy, M. (2014). Design Principles for Augmented Reality Learning. *TechTrends*, 58 (1), 2834.
- Enyedy, N., Danish, J. A., Delacruz, G., & Kumar, M. (2012). Learning physics through play in an augmented reality environment. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7(3), 347–378. <https://doi.org/10.1007/s11412-012-9150-3>
- Feiner, S., MacIntyre, B. & Dorée Seligmann, D. (1992). Annotating the real world with knowledge-based graphics on a see-through head-mounted display. In Booth, K. S. & Fournier, A. (Hrsg.). *Proceedings of the conference on Graphics interface '92* (78–85). San Francisco, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning gains. *Educational Research Review*, 27, 244–260. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001>
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU). (2021). *Sachunterricht und Digitalisierung*. Verfügbar unter: <https://tinyurl.com/9es9t7ds> [09.09.2021].
- Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD). (2018). *Fachliche Bildung in der digitalen Welt*. Verfügbar unter: <https://tinyurl.com/kvkerada> [31.08.2021].
- Gesellschaft für Informatik e. V. (Hrsg.). (2016). *Dagstuhl-Erklärung – Bildung in der digitalen vernetzten Welt*. Verfügbar unter: <https://tinyurl.com/p8b5py6t> [31.08.2021].
- Irion, T., & Eickelmann, B. (2018). Digitale Bildung in der Grundschule – 7 Handlungsansätze. *Grundschule*, 7, 7–12.
- Kapp, S., Thees, M., Strzys, M. P., Beil, F., Kuhn, J., Amiraslanov, O., Javaheri, H., Lukowicz, P., Lauer, F., Rheinländer, C., & Wehn, N. (2019). Augmenting Kirchhoff's laws: Using augmented reality and smartglasses to enhance conceptual electrical experiments for high school students. *The Physics Teacher*, 57 (1), 52–53. <https://doi.org/10.1119/1.5084931>
- Kopp, B., & Martschinke, S. (2010). Lernvoraussetzungen zum Thema Magnetismus. In K.-H. Arnold, K. Hauenschild, B. Schmidt, & B. Ziegenmeyer (Hrsg.), *Zwischen*

- Fachdidaktik und Stufendidaktik* (S. 189–192). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92475-5_37
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2016). *Bildung in der Digitalen Welt- Strategie der Kultusministerkonferenz*. Verfügbar unter: <https://tinyurl.com/ru78wesc> [09.09.2021].
- Lauer, L., & Peschel, M. (2021). Gestaltung von Lehr-Lernumgebungen mit Augmented Reality (AR). In C. Maurer, K. Rincke, & M. Hemmer (Hrsg.), *Fachliche Bildung und digitale Transformation – Fachdidaktische Forschung und Diskurse. Fachtagung der Gesellschaft für Fachdidaktik 2020* (S. 64–67). pedocs. Verfügbar unter: <https://tinyurl.com/2pa3mbm2> [10.09.2021].
- Lauer, L., Peschel, M., Bach, S., & Seibert, J. (2020a). Modellierungen Medialen Lernens. In K. Kaspar, M. Becker-Mrotzek, S. Hofhues, J. König, & D. Schmeinck (Hrsg.), *Bildung, Schule, Digitalisierung* (S. 382–387). Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.301244/9783830992462>
- Lauer, L., Peschel, M., Malone, S., Altmeyer, K., Brünken, R., Javaheri, H., Amiraslanov, O., Grünerbl, A., & Lukowicz, P. (2020b). Real-time visualization of electrical circuit schematics: An augmented reality experiment setup to foster representational knowledge in introductory physics education. *The Physics Teacher*, 58 (7), 518–519. <https://doi.org/10.1119/10.0002078>
- Liu, D. S.-M., Yung, C.-H., & Chung, C.-H. (2011). A Physics-Based Augmented Reality Jenga Stacking Game. *2011 Workshop on Digital Media and Digital Content Management*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/DMDCM.2011.24>
- Majeed, Z. H., & Ali, H. A. (2020). A review of augmented reality in educational applications. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 7 (62), 20–27. <https://doi.org/10.19101/IJATEE.2019.650068>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, E77-D (12). Verfügbar unter: <https://tinyurl.com/ua9dce> [31.08.2021].
- Munoz-Cristobal, J. A., Jorrin-Abellan, I. M., Asensio-Perez, J. I., Martinez-Mones, A., Prieto, L. P., & Dimitriadis, Y. (2015). Supporting Teacher Orchestration in Ubiquitous Learning Environments: A Study in Primary Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 8(1), 83–97. <https://doi.org/10.1109/TLT.2014.2370634>
- Peschel, M. (2016). Mediales Lernen – Eine Modellierung als Einleitung. In M. Peschel (Hrsg.), *Mediales Lernen – Beispiele für inklusive Mediendidaktik* (S. 7–16). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Peschel, M. (2020). Welterschließung als sachunterrichtliches Lernen mit und über digitale Medien – Lernen mit und über digitale Medien als Ausgangspunkt einer umfassenden Sachbildung. In M. Thumel, R. Kammerl, & T. Irion (Hrsg.), *Digitale Bildung im Grundschulalter – Grundsatzfragen zum Primat des Pädagogischen* (S. 341–355). München: kopaed. Verfügbar unter: <https://tinyurl.com/cy5mhysy> [31.08.2021].

- Reinfried, S., Mathis, C., & Kattmann, U. (2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 27 (3), 404–414.
- Seibert, J., Lauer, L., Marquardt, M., Peschel, M., & Kay, C. W. M. (2020). DeAR: didaktisch eingebettete Augmented Reality. In K. Kaspar, M. Becker-Mrotzek, S. Hofhues, J. König, & D. Schmeinck (Hrsg.), *Bildung, Schule, Digitalisierung* (S. 451–456). Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.301244/9783830992462>
- Strzys, M. P., Kapp, S., Thees, M., Klein, P., Lukowicz, P., Knierim, P., Schmidt, A., & Kuhn, J. (2018). Physics holo.lab learning experience: Using smartglasses for augmented reality labwork to foster the concepts of heat conduction. *European Journal of Physics*, 39 (3), 035703. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aaa8fb>
- Teichrew, A., & Erb, R. (2020). Einsatz und Evaluation eines Augmented Reality-Experiments zur Optik. *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*, 978–990. Verfügbar unter: <https://tinyurl.com/dh4putry> [31.08.2021].
- Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., & Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>
- Zech, F. (2002) *Grundkurs Mathematikdidaktik, Theoretische und praktische Anleitung für das Lehren und Lernen von Mathematik*. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Zhang, H., Cui, Y., Shan, H., Qu, Z., Zhang, W., Tu, L., & Wang, Y. (2020). Hotspots and Trends of Virtual Reality, Augmented Reality and Mixed Reality in Education Field. *2020 6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)*, 215–219. <https://doi.org/10.23919/iLRN47897.2020.9155170>

Anna Löbig, Jessica Kluge und Meike Breuer

Nutzung digitaler Medien im fächerübergreifenden Sportunterricht

Entwicklung einer Unterrichtskonzeption aus der Themenwelt Roboter und Programmieren

Abstract

Der Beitrag beschäftigt sich mit den Nutzungsmöglichkeiten digitaler Werkzeuge im Sportunterricht und nutzt zur Konzeption eines Unterrichtsvorhabens zum fächerübergreifenden Sportunterricht aus der Themenwelt Roboter und Programmieren den Ansatz des Design-Based-Research (Jahn 2014). In der ersten Phase wird die Ausgangslage analysiert, wobei die Betrachtung des Forschungsstandes zu den Nutzungsmöglichkeiten digitaler Medien im Sportunterricht im Mittelpunkt steht. Anschließend folgt in der zweiten Phase die Entwicklung und Beschreibung des prototypischen Unterrichts zum themenerschließenden Bewegen, welcher in der dritten Phasen erprobt, evaluiert und modifiziert wird.

Einführung

Der Roboter Heiko mäht im Garten den Rasen, während die Poolrunnerin Laura das Schwimmbecken reinigt. Der Wischsauger Kurt kümmert sich um die Sauberkeit im Wohnzimmer und der Lego Roboter Vernie saust im Slalom durch das Kinderzimmer. Roboter und Maschinen sollen uns den Lebensalltag erleichtern und halten zunehmend Einzug in die Lebenswelt von Kindern. Kinder beobachten gern die Roboter, geben ihnen Namen und diskutieren darüber, welche Aufgaben Maschinen noch für sie übernehmen könnten. Eine Vorstellung, wie Maschinen aus ihrem Alltag funktionieren, besitzen nur wenige Schüler:innen. Neben der Anwendung digitaler Medien kann demnach vor allem die technische Perspektive auf die Geräte und das problemlösende Handeln mit Programmen dazu beitragen, den Schüler:innen neue Blickwinkel für den Umgang mit Robotern in ihrer Lebenswelt zu eröffnen. Wenn gleich

digitale Medien im Sport eine zunehmende Rolle spielen (z.B. SportPraxis Sonderheft 2019 zu *Digitale Medien*), stellt das Programmieren keinen originären Lernbereich des Sportunterrichts dar. Die Bearbeitung des Themenfelds Roboter und Programmieren unter der methodischen Herangehensweise des themenerschließenden Bewegens (Klupsch-Sahlmann, 2001) bietet dennoch die Möglichkeit, fächerübergreifende Sachverhalte in den Sportunterricht zu integrieren und durch die Kombination mit motorischen Reizen gleichzeitig fächerspezifische sportpädagogische Perspektiven anzubahnen. Mit dem themenerschließenden Bewegen erweitern die Schüler:innen ihre Bewegungserfahrungen, indem sie sich in einem definierten thematischen Zusammenhang bewegen und dabei einen Sachverhalt selbstständig erschließen (Klupsch-Sahlmann, 2001). Der vorliegende Beitrag nutzt den Ansatz des Design-Based-Research (Jahn, 2014), um eine Unterrichtskonzeption zum themenerschließenden Bewegen für den fächerübergreifenden Sportunterricht aus der Themenwelt Roboter und Programmieren zu erarbeiten. Die Darstellung orientiert sich dabei an den bewährten Phasen des Design-Based-Research (Jahn, 2014). In dem ersten Kapitel wird die Ausgangslage zum Forschungsstand analysiert. Anschließend folgen die Entwicklung und Beschreibung des prototypischen Unterrichts. Im dritten Kapitel wird die Erprobung, Evaluation und Modifikation des prototypischen Unterrichts beschrieben. Ein Ausblick zur weiteren Vorgehensweise schließt den Beitrag ab.

1. Analyse der Ausgangslage – fachdidaktische Nutzung: Digitale Medien im Sportunterricht

Die Betrachtung des Forschungsstandes zu den Nutzungsmöglichkeiten digitaler Medien im Kontext des Sportunterrichts zeigt eine Dominanz allgemeiner Überblicksartikel zu den Nutzungsmöglichkeiten digitaler Medien (Dober, 2019) sowie konkreter didaktischer Unterrichtskonzeptionen mit digitalen Lernumgebungen (Breuer, 2018). Empirische Studien zur Überprüfung der Unterrichtskonzeptionen liegen nur vereinzelt vor (Sohnsmeyer, 2012). Die Nutzung digitaler Medien zur *Unterrichtsvorbereitung* bezieht sich bspw. auf webbasierte Anregungen zur Stundengestaltung (Gramespacher, 2019) sowie auf die Unterrichtsplanung mit digitalen Aufbau-, Organisations- und Taktikplanern (Dober, 2019). Weiterhin stellen digitale Hausaufgaben, E-Learning und Flipped Classroom eine Gelegenheit zur Vorbereitung des Sportunterrichts dar (Gramespacher, 2019). Die Lehrkraft erstellt bspw. Lehr-Lernvideos mit der Kamerafunktion digitaler Endgeräte, bearbeitet diese und stellt die

Videos über schulspezifische Lernmanagementsysteme oder auch öffentliche Videoplattformen zur Verfügung (Höher, 2016). Empirische Studien zeigen für den Einsatz von E-Learning eine gelungene Vorbereitung des Sportunterrichts, indem die Durchführung des Sportunterrichts durch eine Reduktion von Erklärzeiten gekennzeichnet ist (Sekler, 2010). Bei der *Durchführung* des Sportunterrichts werden digitale Medien vor allem zur Veranschaulichung von Bewegungen genutzt. Mit Animationen von Bewegungsabläufen werden Kernelemente einer komplexen Bewegung in kleinere Bewegungseinheiten unterteilt (Kirberger & Minnich, 2014). Weiterhin eignen sich videografische Veranschaulichungen von Bewegungsabläufen (Grigorou & Woznik, 2019; Klewe, 2018). Befragungen von Lehrkräften verdeutlichen, dass der Einsatz von Videos in den Sportarten Schwimmen, Volleyball und Badminton eine sinnvolle Ergänzung traditioneller Methoden und Medien darstellen kann (Fischer et al., 2005). Darüber hinaus werden digitale Medien häufig zur Bewegungsanalyse und – rückmeldung eingesetzt. Indem Bewegungen von Schüler:innen aufgenommen werden, können Videos der Eigenrealisation genutzt werden, um die eigene Ausführung zu reflektieren (Drewes & Ziert, 2014; Klewe, 2018). Beim zeitverzögerten Feedback werden Bewegungen gefilmt und zeitversetzt wiedergeben (z. B. mit einer Verzögerung von 30s). Entsprechend können Bewegungspausen genutzt werden, um Rückmeldungen zur eigenen Bewegungsausführung zu erhalten (Drewes & Ziert, 2014). Dies bietet auch datenschutzrechtliche Vorteile, da keine personenbezogenen Daten gespeichert werden. Empirische Arbeiten zeigen, dass der Einsatz digitaler Medien zur Bewegungsanalyse zur Verbesserung der Bewegungsvorstellung beiträgt (Korban et al., 2017). Vereinzelte Beispiele zeigen außerdem den Einsatz digitaler Medien für ein anwendungsgestütztes Bewegungslernen (Hegemann & Glosemeyer, 2018). Bei dieser Art der Einbindung digitaler Medien agiert die Lehrkraft als Lernbegleiter und das Bewegungslernen erfolgt als selbständiges Erschließen anhand digitaler Anwendungen. So können bspw. digitale Medien zur Vermittlung unterschiedlicher Ausdauermethoden eingesetzt werden (Puderbach, 2018). Der Einsatz von Spielkonsolen bietet hierbei ebenfalls Potentiale im Hinblick auf den Wissenserwerb (Sohnsmeyer, 2012). Außerdem können digitale Medien für die Klassenorganisation genutzt werden, indem bspw. durch den Einsatz von Tablets und Videos mit Audioaufgabenstellungen Erklärungen erleichtert werden (Thumel et al., 2020). Auch in der differenzierten Klassenorganisation können digitale Medien eingesetzt werden, indem Aufgabenstellungen unterschiedlicher Leistungsniveaustufen eingebunden werden (Höher, 2016). Fächerübergreifende Projekte mit digitalen Medien werden bisher lediglich im Rahmen von Überblicksartikeln angesprochen (Gramespaa-

cher, 2019) und es werden bislang lediglich potenzielle Themen für Projekte genannt (z. B. Fairplay, Olympia, Aufführungen; Dober, 2006). Im Rahmen der Lehrer:innenbildung werden allerdings bereits Lehrveranstaltungen zur Entwicklung fächerübergreifender Lernumgebungen mit digitalen Medien angeboten. Eine Vorreiterrolle nimmt hierbei ein Projekt der WWU Münster ein, die von Studierenden entwickeltes Unterrichtsmaterial zum fächerübergreifenden Einsatz von Lernrobotern als OER-Material bereitstellen (<https://www.uni-muenster.de/Lernroboter/>). Bislang werden leider keine Informationen zu Erprobungen der Unterrichtsentwürfe im schulischen Alltag bereitgestellt.

Die Nutzung digitaler Medien zur *Unterrichtsnachbereitung* bezieht sich auf die Leistungsbewertung und Ergebnissicherung. So können Schüler:innen bspw. ihre eigenständig erarbeiteten Stationen mit digitalen Medien in einem Aufbauplan sichern, welcher gleichzeitig zur Leistungsbewertung herangezogen werden kann (Breuer, 2018). Weiterhin können Videoaufnahmen von Bewegungen zur Dokumentation individueller Fortschritte oder zur Leistungsbewertung genutzt werden (Grigorou & Woznik, 2019). Nachbereitende Videoanalysen durch die Lehrkräfte können darüber hinaus dazu beitragen, Schwerpunkte für Übungen in folgenden Unterrichtsstunden abzuleiten (Hegemann & Glosemeyer, 2018).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der Schwerpunkt bisheriger Anwendungen digitaler Medien im Sportunterricht auf der konsumierenden Ebene liegt. Die Anwendung digitaler Medien erfolgt als erklärendes und veranschaulichendes Element zur Unterstützung des sportbezogenen Unterrichts zwecks, wobei empirische Überprüfungen der Wirkungsweisen des Einsatzes eine untergeordnete Rolle spielen. Fächerübergreifender Sportunterricht mit digitalen Medien spielt aktuell eine geringe Rolle. Zwar werden in Überblicksartikeln vereinzelte Themenvorschläge für fächerübergreifenden Unterricht aufgegriffen (Gramespacher, 2019), jedoch bestehen weder ausgearbeitete Unterrichtskonzeptionen noch empirische Studien zur Überprüfung des Unterrichts. Dementsprechend soll im Mittelpunkt des vorliegenden Beitrags die *Entwicklung einer Unterrichtskonzeption zu fächerübergreifendem Sportunterricht mit digitalen Medien* stehen. Die Unterrichtskonzeption bezieht sich auf die Themenwelt Roboter und Programmieren. Bestehende Erkenntnisse und Unterrichtsideen werden erweitert und angereichert, indem auch ein anderes Medium – der Lernroboter Botley (Learning Ressources Ltd., o.J.) berücksichtigt wird (Abbildung 1). Das besondere Potential dieses Lernroboters liegt darin, dass Botley sowohl einfache Befehle (z. B. Drehung um 90° nach links oder rechts, nach vorn und hinten fahren) ausführen kann als auch Befehlsketten programmiert werden können. Weiterhin ist der Roboter bildschirmfrei

und mit einer Fernbedienung durch das aktive Drücken von Tasten programmierbar, was auch eine haptische Wahrnehmung ermöglicht.

2. Entwicklung und Beschreibung des prototypischen Unterrichts – themenerschließendes Bewegen zu Roboter und Programmieren im fächerübergreifenden Sportunterricht

Die Unterrichtskonzeption für einen fächerübergreifenden Sportunterricht mit digitalen Medien greift Kompetenzbereiche von Grundschüler:innen aus verschiedenen Unterrichtsfächern auf. Neben motorischen koordinativen Fähigkeiten aus dem Sportbereich (SMK, 2019) werden mit der Konzeption die Problemlöse-, Kommunikations- und Darstellungskompetenz aus dem mathematischen Bereich (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder, 2005), technische Kompetenzen aus dem sachunterrichtlichen Bereich (GDSU, 2013) sowie digitale Kompetenzen (KMK, 2017) angesteuert. Das zentrale kognitive Ziel der Stunde besteht darin, eine erste Annäherung an Fachbegriffe zum Programmieren zu erreichen und Unterschiede zwischen Menschen und Maschine zu reflektieren. Dazu wird im Sportunterricht der Grundschule das themenerschließende Bewegen umgesetzt (Klupsch-Sahlmann, 2001). Die Schüler:innen bewegen sich aktiv in der Themenwelt Roboter und üben parallel dazu mit dem programmierbaren Lernroboter. Der Wechsel der kognitiven Programmieraufgaben und der aktiven Aufgaben soll eine eigenständige Erschließung des Sachverhaltes ermöglichen (Klupsch-Sahlmann, 2001). Indem verschiedene Sinne und Lernebenen angesprochen werden, soll ebenfalls eine aktive und damit intensivere Auseinandersetzung der Schüler:innen mit der Themenwelt Roboter und Programmieren erreicht und damit Lernfortschritte, sowohl bezogen auf die motorischen als auch die problemlösenden Kompetenzen, erzielt werden. Die Unterrichtsplanung bezieht nach einem Sitzkreis zur grundlegenden Klärung der Stundenziele und kognitiver Aufgaben zur Erwärmung das kleine Sportspiel *Roboter und Ingenieur:in* ein, um die Schüler:innen auf die Themenwelt einzustimmen und grundlegende Begrifflichkeiten zu klären. Die Schüler:innen finden sich in Paaren zusammen und teilen die Rollen Roboter und Ingenieur:in auf. Der Roboter ist ab diesem Moment auf die Befehle des:der Ingenieurs:in angewiesen und kann nur nach exakten Anweisungen handeln. Berührt die:der Ingenieur:in den Roboter am Rücken, so beginnt dieser langsam vorwärts zu laufen. Mit einer Berührung auf dem Kopf wird der Roboter gestoppt.



Abbildung 1: Foto des Lernroboters Botley von Learning Ressources Ltd. (o.J.) inklusive Aktivitätsset

Tippt der:die Ingenieur:in dem Roboter auf die rechte bzw. linke Schulter, so dreht er sich um 90° in die jeweilige Richtung und bleibt stehen. Nach circa drei Minuten werden die Rollen getauscht. Im weiteren Verlauf agieren die Schüler:innen an sechs verschiedenen Stationen, wobei jeweils drei Stationen mit aktiven motorischen Übungen zum Thema Roboter und Programmieren sowie drei Stationen mit dem programmierbaren Lernspielzeug besetzt sind. Die Vorbereitung der Stationenarbeit erfolgt durch eine kleine Vorführung zur Funktionsweise des digitalen Lernroboters Botley (vgl. Abbildung 1; Learning Ressources Ltd., o.J.).

Diese Vorführung dient gleichzeitig dazu, über Unterschiede zwischen Menschen und Maschinen zu sprechen sowie grundlegende Fachbegriffe (z. B. Code; Befehlskette) zu klären. Die Schüler:innen werden in Gruppen aufgeteilt, in denen sie gemeinsam die Stationen bearbeiten. Dazu finden sie eine Anleitung durch die Unterrichtsstunde (PowerPoint Präsentation: <https://tuc.cloud/index.php/s/zi536gpfnfi8Jsq>) auf Tablets vor, die sie durch die Stationenarbeit begleitet. Die Programmieraufgaben an den Stationen 1, 3 und 5 umfassen Aufgaben zur Navigation des Roboters durch verschiedene Parcours, die im Verlauf komplexer werden. Die Gruppenpräsentation beinhaltet digitale

Aufgabenstellungen zum Programmieren (Aufgabe Station 1: nach vorn und Kurven fahren; Aufgabe Station 3: Ball in Ringe navigieren; Aufgabe Station 5: Ball navigieren und Slalom), welche mit der App ChatterPixKids (Duck Duck Moose Inc., o.J.) erstellt wurden¹, sowie Fotos zum Aufbau der Parcours und Lösungscodes für die jeweiligen Aufgaben. Gruppen, die die Aufgaben schnell und erfolgreich erledigt haben, können Zusatzaufgaben abrufen, während Gruppen mit Bearbeitungsschwierigkeiten Tipps zur Verfügung stehen. An den passiven Programmierstationen erfolgt das Problemlösen und Handeln mit digitalen Medien. Die Schüler:innen müssen zunächst das Problem erfassen, bevor sie den Code programmieren und den Roboter diesen ausführen lassen. Die Schüler:innen erfahren dabei, dass ein Roboter wesentlich präzisere Anweisungen benötigt als ein menschlicher Roboter. Der Wechsel zwischen der Programmierung echter Roboter und dem Nachspielen eines Roboters zeigt, dass ein Computer Programmfehler nicht erkennt und auch falschen Anweisungen folgt, während die Mitschüler:innen versuchen, Hindernissen auch ohne Anweisung aus dem Weg zu gehen. Die aktiven Stationen werden gemeinsam mit den Schüler:innen mithilfe von Aufbauplänen aufgebaut, welche die Lehrkraft im Vorfeld auf den Tablets gespeichert hat. Die Erklärung der aktiven Stationen erfolgt ebenfalls über die Gruppenpräsentation auf dem Tablet. Die Station zwei umfasst einen Parcours aus Kegeln und verschiedenen Hindernissen mit abschließendem Torschuss per Fuß, welchen ein Kind als Roboter durchläuft, während das Partnerkind als Ingenieur:in Anweisungen gibt. Die Schüler:innen denken sich die zusätzlichen Befehle zur Steuerung eigenständig aus und tauschen die Rollen an allen aktiven Stationen selbstständig. An der vierten Station werden verschiedene Sportmaterialien bereitgestellt, welche die Schüler:innen als Roboter-Zwillinge (bzw. Drillinge bei ungerader Schülerzahl) nutzen. Dazu bewegt sich ein Roboter an der Station mit den beliebigen Utensilien und der andere Roboter ahmt die Bewegungen möglichst zeitgleich nach. Die Station sechs besteht aus einer mittelgroßen Freifläche und einer auf dem Fußboden abgelegten Turnmatte, welche als Ladestation dient. Das Ziel liegt darin, den Roboter in die Ladestation zu navigieren. Die Navigation und das Erteilen der Befehle übernimmt erneut der:die Ingenieur:in, während der Roboter die Augen verschlossen hat. Bei ungerader Schüler:innenzahl bzw. als Variation ist auch das gleichzeitige Steuern mehrerer Roboter denkbar. Im Gegensatz zu den Programmierstationen, an denen die Schüler:innen

1 Mit der App ChatterPixKids werden sprechende Fotos erstellt. Für die Anleitung durch die Unterrichtsstunde wurden Fotos vom Roboter über die App mit animierten Lippenbewegungen und Audiotonaufnahmen zu den Aufgabenstellungen versehen (z. B. „Lass mich nach links abbiegen“).

zur Umsetzung der Aufgaben aus der Themenwelt des Programmierens vor allem auf problemlösungsbezogene kognitive sowie kommunikative Kompetenzen angewiesen sind, wird mit den aktiven Stationen die Themenwelt des Programmierens über motorische Aufgaben zu koordinativ anspruchsvollen Übungen erschlossen. Die Schüler:innen wenden an diesen aktiven Stationen das Programmieren in ihrer Lebenswelt an und können somit die Bedeutung von Codes und Befehlsketten durch den Einsatz akustischer, visueller und taktiler motorischer Anweisungen der Ingenieur:innen und Roboter mit den verschiedenen Sinnen ihres Körpers erleben, was die Verinnerlichung der Funktionsweise von Programmen und Robotern erleichtern soll. Die Stationenarbeit erfolgt durch die digitalen Arbeitsanweisungen weitestgehend eigenständig in Kleingruppen. Die Lehrkraft steht unterstützend zur Seite und kann dabei individuelle Rückmeldungen an die Schüler:innen geben. Außerdem sagt die Lehrkraft nach zehn Minuten den gemeinsamen Wechsel der Stationen an. Zum Abschluss der Unterrichtsstunde folgt eine Gesprächsrunde mit den Schüler:innen, in welcher das Erlernte reflektiert und gefestigt wird. Insbesondere die Unterschiede zwischen Menschen und Maschinen sowie die angeeigneten Fachbegriffe werden noch einmal wiederholt und am Beispiel besprochen. Die erneute Durchführung des Spiels Roboter und Ingenieur:in aus der Erwärmung und eine Erweiterung des Spiels um die Steuerung mit Befehlsketten bildet bei freien zeitlichen Ressourcen einen freudbetonten und runden Abschluss des Ausflugs der Schüler:innen in die Themenwelt des Programmierens.

3. Erprobung, Evaluation und Modifikation des prototypischen Unterrichts

Die Erprobung der Unterrichtsstunde erfolgt an sächsischen Grundschulen in Zusammenhang mit dem BMBF-Forschungsprojekt ‚DigiLeG‘. Die weiteren Ausführungen stellen die methodischen Rahmenbedingungen sowie erste Ergebnisse zur Teilstudie mit den Lehramtsstudierenden dar. Im Projekt entwickeln die Studierenden Lernumgebungen mit digitalen Medien in ihren Lehrveranstaltungen und erproben diese in ihren schulpraktischen Studien. Aufgrund der aktuellen Situation und Unterrichtsausfall im Sportunterricht an den Grundschulen im Schuljahr 2020/2021 konnte bislang lediglich eine Unterrichtserprobung der vorgestellten Lernumgebung durchgeführt werden. Entsprechend steht die umfassende Evaluation und Ableitung von Modifikationspotentialen noch aus. Die Erprobung der Lernumgebung zum themen-

erschließenden Bewegen zu Roboter und Programmieren erfolgte an einer staatlichen Grundschule in einer Kleinstadt im Landkreis Mittelsachsen. Die Lernumgebung wurde in einer 3. Klasse mit 19 Schüler:innen im regulären Sportunterricht durch eine Lehramtsstudierende umgesetzt und durch die Projektmitarbeiterin beobachtet. Die Datenerhebung mittels offenen Leitfadeninterview (Mayring, 2016) bezog sich auf allgemeine Fragen zu praktischen Erfahrungen der Lehramtstudierenden, der Verfügbarkeit und Nutzung digitaler Medien sowie auf die konkrete Lernumgebung und deren Potentiale. Im Anschluss an das Interview wurde die Qualität der erprobten Lernumgebung mit der Mapping-Methode bewertet. In diesem Zusammenhang wurden grafische Visualisierungen genutzt, um Erinnerungen an Vergangenes zu erleichtern (Schubring et al., 2019). Die ursprünglich für die Erhebung biografischer Gesundheitsdaten von Leistungssportlern entwickelte Methode wird hier auf die Bewertung von Unterrichtsqualität übertragen. Die Lehramtsstudierende unterteilte dazu ihren Unterricht retrospektiv in verschiedene Aufgabenbereiche (x-Achse Abbildung 2), die sie im Hinblick auf die subjektive wahrgenommene Qualität in den Bereichen Klassenmanagement, Aktivierung, Strukturierung und Konsolidierung sowie Differenzierung (y-Achse Abbildung 2) bewertete (Helmke, 2017; Schubring et al., 2019). Die Interviewaufnahmen wurden wortwörtlich transkribiert, in normales Schriftdeutsch überführt und mit der Software MAXQDA 2020 (VERBI Software GmbH, o.J.) ausgewertet. Die Auswertung folgte mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2016) zu Einschätzungen bezüglich Chancen und Problemen in der Unterrichtsdurchführung. Die Aufbereitung und Auswertung der Mindmaps erfolgte über Office 2013 (Microsoft, o.J.). Das erste Datenmaterial zeigt insgesamt günstige Bewertungen für die subjektive Bewertung der wahrgenommenen Unterrichtsqualität in den unterschiedlichen Qualitätsbereichen (vgl. Abbildung 2).

Potentiale der Art und Weise der Einbindung der digitalen Medien in die Lernumgebung zeigen sich aus Sicht der Lehramtsstudierende bezogen auf verschiedene Sachverhalte. Der Einsatz der tabletgesteuerten Navigation mit der PowerPoint Präsentation durch die Stationenarbeit führt dazu, dass „die Kinder eigentlich eigenständig [die Stationen] durchlaufen können und die Lehrkraft als Hilfsperson danebensteht und nicht als komplett alleine den Unterricht leitend“ (Lehrkraft 1) agiert. Der Einsatz digitaler Medien reduziert aus Sicht der Lehramtsstudierenden den organisatorischen Aufwand und Erklärzeiten in der Durchführung des Sportunterrichts. Die Lehrkraft handelt als Lernbegleiter:in und greift lediglich bei sichtbaren Verständnisproblemen bzw. Nachfragen der Schüler:innen ein, wobei die eigenständige Erschließung der Aufgabe durch gezieltes Nachfragen angeregt wird: „Das Ziel ist am Ende

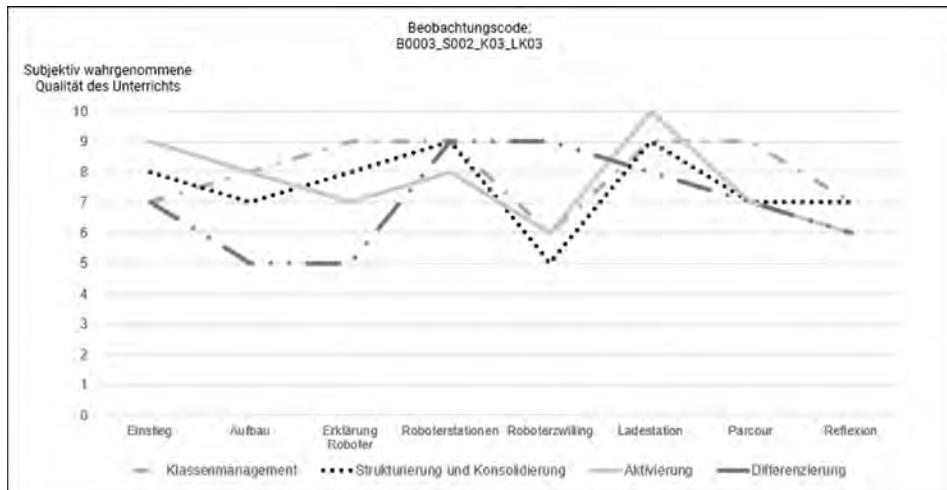


Abbildung 2: Unterrichtsqualität aus Sicht der Lehramtsstudierenden zur Erprobung des Unterrichtsentwurfs zum themenverschließenden Bewegen zu Roboter und Programmieren im fächerübergreifenden Sportunterricht

rumgekommen, dass wir den Unterschied Mensch Roboter besprechen. Also das haben die Kinder wahrgenommen, dass der Roboter, den wir mitgebracht hatten, einfach nur macht, was wir sagen und die anderen Roboter dann noch ein bisschen vorsichtiger sind und nicht einfach weiterlaufen, wenn eine Wand kommt“ (Lehrkraft 1). Die Schüler:innen zeigen weiterhin im Umgang mit den digitalen Medien kooperatives Handeln: „Auch mit den Robotern also die Kinder haben sich sehr gut ergänzt und sich geholfen beim Aufbau und dann auch bei der Durchführung und zusammen sind sie dann irgendwie immer ans Ziel gekommen“ (Lehrkraft 1). Weiterhin sind die Schüler:innen engagiert und erfreuen sich aus Sicht der Lehramtsstudierenden an der Anwendung der digitalen Medien: „Die Kinder haben auch einfach zumindest aktuell noch Freude daran, wenn sie das Tablet bedienen dürfen und dort weiterklicken und dort Bilder sind. [...] Ohne digitale Medien hätte man mit den Videos nicht umgehen können. Dann wäre das Text gewesen oder Bild, was auch der Motivation dann ein bisschen schadet, wenn nicht der Botley zu den Kindern spricht“ (Lehrkraft 1). Fächerübergreifendes Potential sieht die Lehramtstudierende vor allem bezüglich mathematischer und sachunterrichtlicher Inhalte: „Also wie sie [Anmerkung: gemeint sind die Schüler:innen] ja auch selber geäußert haben, haben sie gelernt, dass man ein bisschen ins Voraus gucken muss und sich einen Plan machen muss, wie man ans Ziel kommt. Man kann nicht einfach tippen, wie bei dem Spiel mit den Menschen und dann gucken, wo der jetzt hinläuft [...] Ja, also die Mathematik ist ja hier sehr mit drin oder das problemlösende Denken und Strategienentwickeln [...] oder auch Sach-

unterricht, es geht ja jetzt hier um Roboter“ (Lehrkraft 1). Hierdurch werden auch Transfermöglichkeiten und Erkenntnisse für die Lebenswelt der Kinder deutlich. Probleme in der Erprobung der prototypischen Lernumgebung sind aus Sicht der Lehramtsstudierenden in den materiellen und zeitbezogenen Bedingungen zu verorten. Im Hinblick auf die zeitlichen Ressourcen kritisiert die Lehramtsstudierende die mangelnde Zeit für Sportunterricht: „Problem ist wie immer die Zeit, dass man halt bei einer 90 Minutenstunde nicht mit 90 Minuten rechnen kann, sondern eher mit 50“ (Lehrkraft 1). Die Power-Point Präsentation zeigte weiterhin kleine Anpassungsbedarfe im Hinblick auf einzelne Formulierungen zur Beschreibung der sportpraktischen Übungen. Grundlegende Probleme sieht die Lehramtsstudierende jedoch in der technischen Ausstattung der Grundschulen, wobei gleichzeitig auch Ideen zur Lösung materieller Schwierigkeiten vorgestellt werden: „Einziges Problem, was ich sehe, ist die Ausstattung der Schulen. Da werden solche Roboter natürlich als letztes mit dran kommen. Das heißt, es müsste da eine Stelle geben, wo man sich die ausleihen“ (Lehrkraft 1).

4. Ausblick

Lernumgebungen zum themenerschließenden Bewegen bieten die Möglichkeit, fächerübergreifende Themen im Sportunterricht selbstständig zu erschließen (Klupsch-Sahlmann, 2001). Die Einbindung digitaler Medien ermöglicht dabei auch, digitale Kompetenzen anzubahnen, die kein originärer Bestandteil des Sportunterrichts sind. Eine umfassende Erprobung des prototypischen Unterrichts zum *Themenerschließendes Bewegen zu Roboter und Programmieren im fächerübergreifenden Sportunterricht* in unterschiedlichen Durchführungskontexten und durch weitere Lehrkräfte kann dazu beitragen, die Lernumgebung weiterzuentwickeln. Erste Ergebnisse verdeutlichen Potentiale der Lernumgebung bezüglich kooperativen Handelns und eine gesteigerte Motivation und Freude der Schüler:innen sowie fächerübergreifende Potentiale und organisatorische Vorteile. Mangelnde zeitliche und materielle Ressourcen können die Umsetzung hingegen erschweren. Im Kontext des Forschungsprojekts „DigiLeG“ soll dies wie auch die Entwicklung weiterer fächerübergreifender Unterrichtsentwürfe forciert werden.

Förderhinweis

Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2019 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Literatur

- Breuer, M. (2018). Freerunning. In Anders, L. & Dausend, H. (Hrsg.), *Digitale Medien im Grundschulunterricht gezielt einsetzen: Spielerisches Lernen mit Apps & Co. : fertige Stundenentwürfe zu Mathe, Deutsch, Englisch, Sachunterricht, Sport, Kunst und Ethik – so einfach geht's!* (1.). Berlin: Cornelsen.
- Dober, R. (2006). Mit dem Notebook in die Turnhalle. *L.A. Multimedia*, 3 (1), 18–19.
- Dober, R. (2019). Medieneinsatz im Sportunterricht. Schüler unterstützen – Lehrkräfte entlasten. *Sportpraxis*, 60(Sonderheft), 7–9.
- Drewes, O. & Ziert, J. (2014). Besser lernen durch zeitverzögertes Videofeedback. *Mit einer Außensicht auf die eigene Bewegung Fertigkeiten und Fähigkeiten im Turnen und Handball optimieren. Sportpädagogik: Zeitschrift für Sport-, Spiel- u. Bewegungserziehung*, 38(5), 10–13.
- Duck Duck Moose Inc. (o.J.). *Apps. ChatterPix Kids.* Zugriff am 07.03.2022. Verfügbar unter: <https://www.duckduckmoose.com/educational-iphone-itouch-apps-for-kids/chatterpixkids/>
- Fischer, U., Thienes, G. & Bredel, F.-J. (2005). CD-ROMs für den Sportunterricht und die Sportlehrerausbildung: ausgewählte Evaluationsergebnisse. *Sportunterricht*, 54 (1), 11–16.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht.* Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gramespacher, E. (2019). Digitale Medien im Schulsport?! Fachdidaktische Überlegungen. *Grundschule Sport*, 23, 2–3.
- Grigoroui, V. & Woznik, T. (2019). Neue Medien als Unterstützung einer Tanzchorographie. *Sportpraxis*, 60(Sonderheft), 21–25.
- Hegemann, T. & Glosemeyer, M. (2018). Neue Medien im Sportunterricht: Mehr Lust auf Bewegung. *Sportpraxis*, 59(1/2), 48–51.
- Helmke, A. (2017). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts.* (7.). Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.
- Höher, S. (2016). Online Jonglieren lernen – eine gute Idee? *Lehrhilfen für den Sportunterricht*, 2, 1–4.

- Jahn, D. (2014). Durch das praktische Gestalten von didaktischen Designs nützliche Erkenntnisse gewinnen: Eine Einführung in die Gestaltungsforschung. *Wirtschaft und Erziehung*, 66(1), 3–15.
- Kirberger, C. & Minnich, M. (2014). Sportunterricht mit der interaktiven Technikkarte: Digitale Medien im Schulsport nutzen. *Sportpädagogik*, 38(5), 32–34.
- Klewe, L. (2018). Der gute Wurf. In Anders, L., & Dausend, H. (Hrsg.), *Digitale Medien im Grundschulunterricht gezielt einsetzen: Spielerisches Lernen mit Apps & Co.: fertige Stundenentwürfe zu Mathe, Deutsch, Englisch, Sachunterricht, Sport, Kunst und Ethik – so einfach geht's!* Berlin: Cornelsen.
- Klupsch-Sahlmann, R. (2001). Themenerschließendes Bewegen. *Grundschule*, 10(33), 41.
- KMK (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Zugriff am 15.09.2021. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf
- Korban, S., Rauh, F., Brams, M. & Künzell, S. (2017). Verbesserung der Bewegungs- vorstellung mit iPads™. In S. Korban, M. Brams, L. Hennig & T. Heinen (Hrsg.), *Vielfalt und Vernetzung im Turnen: Jahrestagung der dvs-Kommission Gerätturnen vom 5.–7. September 2016 in Augsburg* (S. 109–119). Hamburg: Feldhaus.
- Learning Ressources Ltd. (o. J.). *Botley® the Coding Robot Activity Set*. Zugriff am 07.03.2022. Verfügbar unter: <https://www.learningresources.com/botleyr-the-coding-robot-activity-set>
- Mayring, P. (2016). *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. Weinheim: Beltz.
- Microsoft (o. J.). *Schnellstarthandbücher zu Office 2013*. Zugriff am 07.03.2022. Verfügbar unter: <https://support.microsoft.com/de-de/office/schnellstarthandb%C3%BCcher-zu-office-2013-4a8aa04a-f7f3-4a4d-823c-3dbc4b8672a1>
- Puderbach, T. (2018). Ausdauertraining: Mit digitalen Medien gestalten. *Sportpraxis*, 59(5/6), 58–61.
- Sächsisches Staatsministerium für Kultus (2019). *Lehrplan Grundschule. Sport*. Zugriff am 06.08.2021. Verfügbar unter: https://www.schule.sachsen.de/lpdb/web/downloads/14_lp_gs_sport_2019_final.pdf?v2
- Schubring, A., Mayer, J. & Thiel, A. (2019). Drawing careers. The value of a biographical mapping method in qualitative health research. *International Journal of Qualitative Methods*, (18), 1–12. <https://doi.org/10.1177/1609406918809303>
- Sekler, S. (2010). Sportunterricht mit neuen Medien – altes Konzept in neuem Gewand! *Sportpraxis*, 51(9/10), 6–10.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder. (2005). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich. Beschluss vom 15.10.2004*. Zugriff am 15.09.2021. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_10_15-Bildungsstandards-Mathe-Primar.pdf
- Sohnsmeyer, J. (2012). Digitale Bewegungsspiele im Sportunterricht: Der Einfluss di-

- gitaler Spiele auf Bewegungsaktivität, Wahrnehmungsleistung, Bewegungslernen und Wissenserwerb von Kindern und Jugendlichen. *Sportpädagogik*, 36(5), 38–41.
- Thumel, M., Schwedler-Diesener, A., Greve, S., Süßenbach, J., Jastrow, F. & Krieger, C. (2020). Inszenierungsmöglichkeiten eines mediengestützten Sportunterrichts. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 401–426. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.16.X>
- VERBI Software GmbH (o. J.). MAXQDA 2020 Manual. Zugriff am 07.03.2022. Verfügbar unter: <https://www.maxqda.de/hilfe-mx20/willkommen>

Nachhaltige Implementierung von digitalen Elementen in den Deutsch-, Mathematik- und Sachkundeunterricht der Grundschule

Abstract

Der Notfallfernunterricht hat in Zeiten der Coronapandemie der digitalen Ausstattung von Grundschulen im Sinne von Infrastruktur einen Schub versetzt. Die systematische didaktische Einbettung von digitalen Lernarrangements in unterschiedliche Unterrichtsformate (z. B. Präsenz) steht in der Grundschule jedoch vielerorts noch aus. Der vorliegende Beitrag stellt praxisorientiert dar, wie digitale Elemente in den alltäglichen Unterricht integriert werden können. Damit soll aufgezeigt werden, wie Potenziale für die Kombination von Primärerfahrungen und Abstraktion, für individualisiertes Lernen sowie für die Ausbildung von Medienkompetenz bei Grundschulkindern genutzt werden können.

1. Einleitung

Vor dem Beginn der weltweiten Pandemie ließen sich in der Fachdiskussion um den Einsatz von digitalen Medien in der Grundschule zwei grundlegende Positionen identifizieren. Die eine beinhaltete das Plädoyer, dass Medienkompetenz bereits in der Grundschule aufgebaut werden solle, etwa aus Gründen der Teilhabe, der Bildungsgerechtigkeit oder des Bildungsverständnisses von Schule (z. B. Gervé, 2016; Peschel & Irion, 2016), aber auch als Ausdruck der Lebenswelt von Grundschulkindern (Gervé, 2016; Moser, 2019). Dem gegenüber stand die Auffassung, dass der Einsatz digitaler Medien zugunsten von Primärerfahrungen etwa haptischer Art, realen Materialien und von multisensorischen Ansätzen in der Grundschule nicht zu forcieren sei. Primärerfahrungen werden als grundlegend und wichtig erachtet und sollten nicht durch digitale Medien in den Hintergrund gedrängt werden (Hecker, 2019). Bildungspolitisch-strategische Handlungskonzepte der KMK (KMK 2016) oder Stellungnahmen und Positionspapiere von Fachverbänden wie des Grundschulverbandes oder der Gesellschaft der Didaktik des Sachunterrichts (Gervé et al.,

2019, Grundschulverband, 2018, Peschel et al., 2021) betonen die Wichtigkeit der Bedeutung von digitalen Medien auch für die schulische Lebenswelt und unterrichtliche Zusammenhänge der Grundschule. All diese Dokumente lesen sich aus heutiger Sicht so, als ob es eine Wahl gäbe zwischen einem Unterricht, der sich öffnet für die digitale Transformation und einem, der vollständig ohne digitale Medien auskommt.

Der flächendeckende, gleichsam erzwungene Einsatz von Medien im Notfallfernunterricht und im hybriden Unterricht hob in der Unterrichtswirklichkeit die o. g. Positionen auf. Der Einsatz von digitalen Medien im Paradigma der Digitalisierung, wenn auch nur stellenweise in dem der Digitalität, wurde in der Pandemie extrem beschleunigt, so dass sich für die Praxis des Grundschulunterrichts vornehmlich die Frage stellt, wie digitale Medien zu welchen didaktischen Zwecken sinnvoll und nachhaltig in den Präsenzstrukturen des Unterrichts mitzudenken sind. Gleichzeitig muss zeitgemäßer Fachunterricht die Nutzung digitaler Medien mit einbeziehen (Grundschulverband, 2018).

Ziel des Beitrags ist das Aufzeigen von praktischen Ansätzen, die mögliche lernförderliche Gestaltung des Deutsch-, Mathematik- und Sachunterrichts der Grundschule mit pragmatischen Lösungen für den Schulalltag zu verknüpfen (Krommer & Wampfler, 2021), (möglichst) eingebettet in eine Kultur der Digitalität (Stalder, 2016), die sich im Schulalltag wiederfinden soll.

2. Grundschulen und digitale Transformation

Auf gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Ebene befinden wir uns in einem Zeitalter der digitalen Transformation, Stalder (2016) sagt sogar in einer Kultur der Digitalität, was auf der bildungspolitischen Ebene zu dem Wunsch des Einsatzes digitaler Technologien führt. Schulen allgemein und Grundschulen im Besonderen sind jedoch von einer unterschiedlichen Verfügbarkeit technischer Ressourcen geprägt, z. B. was die Infrastruktur an den Schulen angeht in Bezug auf stabile Internetverbindung, W-LAN Ausstattung für mobiles Lernen, Verfügbarkeit von Endgeräten bei Lehrkräften, in den Schulen und bei den Kindern. Bedingt durch die Coronakrise und die Notwendigkeit des Notfallfernunterrichts hat sich die Situation bzgl. Infrastruktur zwar verbessert, aber Defizite sind immer noch auszugleichen und Chancengleichheit ist herzustellen in Bezug auf die technische Ausstattung. Auf der Seite der Lehrkräfte bestehen z. T. Berührungsängste, was u. a. durch eine unzureichende Fort- und Weiterbildung der Lehrkräfte bedingt ist. In der ICILS-Studie (*International Computer and Information Literacy Study*) bestätigten nur 25 % der befragten deutschen Lehrkräfte, dass sie in ihrer Leh-

rer:innenausbildung den Umgang mit digitalen Medien erlernt haben, und ihre Sicherheit im Umgang mit digitalen Medien liegt unter dem internationalen Durchschnitt, z. B. wenn es um die Nutzung eines Lernmanagementsystems oder die Gestaltung von Assessments im digitalen Modus geht (Drossel et al., 2019). Die Lehrkräfte in Deutschland setzen im internationalen Vergleich digitale Medien in deutlich geringerem Umfang ein (Drossel et al., 2019, S. 220). Etwa ein Drittel der befragten Lehrkräfte gab an, in den vergangenen zwei Jahren an Weiterbildungsmaßnahmen zur Integration digitaler Medien in den Unterricht teilgenommen zu haben, und auch die informelle Zusammenarbeit unter Kolleg:innen in Bezug auf den Einsatz digitaler Medien lag deutlich unter dem internationalen Durchschnitt (Gerick et al., 2019). Kürzlich haben pandemiebedingt die diesbezüglichen Weiterbildungsaktivitäten von Lehrkräften und deren Vernetzungsaktivitäten einen Schub erfahren (z. B. Chen, 2022; für digitale *communities of practice* z. B. Vogt, 2022).

Die Argumente mindestens für den Einbezug digitaler Medien bereits in der Grundschule lassen sich grob einteilen in Lebensweltbezug bzw. Gegenwartsorientierung, Partizipation und Zukunftsorientierung.¹ Kinder wachsen in einer digital geprägten Welt auf. Wenn Schule und Lebenswelt dem Monitor Digitale Bildung (Schmid et al., 2017) zufolge getrennte Welten in Bezug auf deren technische Ausstattung darstellen, ist dies problematisch, weil die schulische Erlebniswelt nicht mehr anschlussfähig an die reale Lebenswelt ist und damit Schule ein Legitimationsproblem hat. Andererseits sind die Primärerfahrungen gerade in der Grundschule nicht zu vernachlässigen (Hecker, 2019), jedoch können Primärerfahrungen und digitale Lernumgebungen miteinander verbunden werden, ohne sich auszuschließen. Zudem sollte allen Kindern unabhängig von ihrem sozioökonomischen Hintergrund ab der Grundschule ermöglicht werden, an der digitalen Welt teilzuhaben (Irion, 2020). Damit soll eine Chancengleichheit sichergestellt werden, die in Elternhäusern bzgl. ökonomischem und kulturellem Kapital im Sinne von Bourdieu (1979) nicht gleichermaßen ausgeprägt ist. Hier hätte die Grundschule eine ausgleichende Rolle auszuüben. Was die Zukunftsorientierung angeht, wird aus pragmatisch-kompetenzorientierter Sicht die Notwendigkeit angeführt, dass Kinder sich in der Schule Kompetenzen aneignen müssen, die in der späteren Schulkarriere bzw. der Arbeitswelt notwendig sind. Diese Position findet sich vermehrt in der gesellschaftlichen Debatte zum Thema. Für eine ausführlichere Diskussion der didaktischen Potenziale digitaler Medien im Grundschulbereich sei exempla-

1 S. Döbeli Honegger (2017), der gemeinsam mit Irion (2018) das Lernargument und Effizienzargument als weitere Argumente anführt.

risch hingewiesen auf Brandt et al. (2020), Brandt und Dausend (2018), Irion und Scheiter (2018) und Peschel und Irion (2016).

Nachdem die Frage nach dem Warum erörtert wurde, wollen wir uns der Frage widmen, wie sich – über pandemische Notlagen hinaus – digitale Medien zu welchen didaktischen Zwecken sinnvoll, nachhaltig und grundsuldidaktischen Grundsätzen verpflichtet in Lernumgebungen in Grundschulen in unterschiedlichen Settings (Notfallfernunterricht, hybrides Lernen oder Präsenzlernen) einbetten lassen. Dabei sollen anhand von konkreten Anwendungsbeispielen aus dem Unterricht an einer dritten Klasse gezeigt werden, wie Lerninhalte jenseits von Leuchtturmprojekten in digitale Lernumgebungen integriert werden können, auf der Basis des Prinzips „*Think big – start small*“ (Irion, 2020). Dabei rekurrieren wir auf die Erfahrungen des Notfallfernunterrichts (Döbeli Honegger, 2020) und des hybriden Unterrichts (Krommer & Wampfler, 2021) mit einem Fokus auf Deutsch, Mathematik und dem Sachunterricht.

3. Digitale Medien nachhaltig in den Unterricht der Grundschule integrieren – das Beispiel der Schlierbach-Grundschule Heidelberg

3.1 Kontextinformationen

Die nachfolgenden Beobachtungen wurden von einer Lehrkraft an einer kleinen Grundschule im städtischen Raum gemacht und aufgezeichnet. Wo sinnvoll und möglich, wurden sie mit der Elternsicht abgeglichen, indem diese punktuell eingeholt wurde, z. B. in Form von informellen Gesprächen. Es handelt sich allerdings nicht um eine empirische Studie mit einer systematischen Datenerhebung.

Die Schlierbach-Grundschule ist mit ca. 100 Schüler:innen die kleinste Grundschule in Heidelberg in einem Stadtteil mit etwa 3000 Einwohnern. Die Schule ist langjährige Praktikums- und Ausbildungsschule der Pädagogischen Hochschule Heidelberg sowie für die zweite Phase der Lehramtsausbildung. Sie ist ein- bis zweizügig organisiert und verfügt über eine durchschnittliche technische Ausstattung. Ein Bildschirm (hinter der Kreidetafel), ein Klassensatz iPads, Laptop und ein stabiles W-Lan-Netz stehen im Klassenzimmer bereit. Digitale Pinnwände, digitale Tafelbilder, Erklärvideos und verschiedene Apps werden regelmäßig im Klassenzimmer eingesetzt und/oder außerhalb des Klassenzimmers genutzt. Zu Zeiten von Wechsel- und Notfallfernunterricht kommen noch regelmäßige Videokonferenzen hinzu. Der jahrgangsübergreif-

fende Unterricht in Lernwerkstätten ist seit vielen Jahren Bestandteil des Unterrichts und bedingt bestimmte Medienkompetenzen seitens der Kinder, die z. B. in der sachunterrichtsorientierten Forscherwerkstatt für ihre eigenständige Themenrecherche das Internet nutzen. Vorrangig ist eine kindgerechte Lernumgebung, in die digitale Medien lernförderlich eingebettet sind.

3.2 Digitale Pinnwand und ihre Funktionen

Digitale Pinnwände wie Padlet (Wallwisher, o. J.) oder Task Cards (dSign Systems, 2021), auf denen multimodale Dateien (Bilder, Texte, Videos und Audio-dateien) hochgeladen und verlinkt werden können, haben sich insbesondere während der Pandemie als sinnvoll und vielseitig einsetzbares Instrument herausgestellt. Sie sind nicht nur zu Zwecken der Orientierung, Ergebnissicherung bzw. der Präsentation von Inhalten als strukturierendes Element verwendbar, sondern Änderungen von verschiedenen (Schüler:innen)Computern machen sie dynamisch veränderbar und interaktiv z. B. durch die Kommentarfunktion von Beiträgen und den gleichzeitigen Zugriff. Je nach Berechtigung können Inhalte oder Kommentare eingefügt werden, somit wird kollaboratives Arbeiten ermöglicht. Es bietet zudem großes Potenzial für die Individualisierung des Lernens, weil es differenzierte multimodale Lernangebote machen kann, zum Beispiel visuell, auditiv, audiovisuell oder textuell. Damit wird multisensorisches Lernen auf digitale Weise ermöglicht, wenn etwa im Englischunterricht Wort, Bild und Aussprache neuer Vokabeln oder kontextuell eingebettete Filme angeboten werden können.

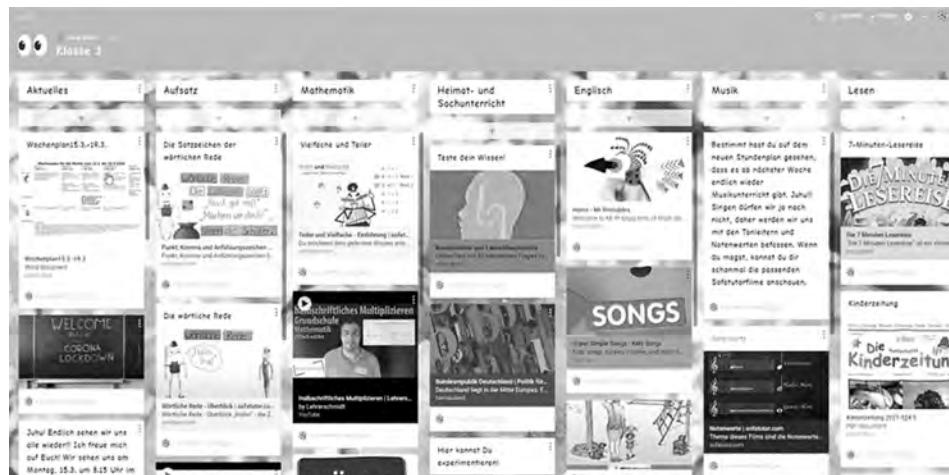


Abbildung 1: Screenshot Padlet (Wallwisher, o. J.)

Abbildung 1 zeigt eine Beispieldigitalpinnwand aus dem März 2021, als die Kinder der 3. Klasse pandemiebedingt im Wechselunterricht waren. Unter dem Punkt Aktuelles ist der Wochenplan zu finden sowie Begrüßungsbilder oder -texte. Es gibt zudem eine Vorschau auf ein anstehendes Thema, das mit Osterbasteln im Sachunterricht zu tun hat. In der Spalte „Aufsatz“ können die Kinder auf Erklärvideos zum Thema wörtliche Rede zurückgreifen, die sie auch im Unterricht angeschaut und thematisiert hatten. Im Bereich Sachunterricht können die Kinder ergänzend zu den im Unterricht vermittelten Inhalten in der kostenlosen App Schlaukopf (Hicke, o. J.) passend zum aktuellen Thema ein Quiz zu den Bundesländern bearbeiten. Lernportale und Lernapps sind ebenfalls verlinkt. Sie bieten Lernvideos, Arbeitsblätter und interaktive Übungen mit sofortigem Feedback. Interaktive Lernmöglichkeiten bieten sich zur Abwechslung und zum Ansprechen unterschiedlicher Lernpräferenzen an. Als Beispiel für differenzierendes Üben als Hausaufgabe bzw. außerhalb des Klassenzimmers ist die Anton App (Solocode, o. J.) zu nennen. Jede:r Schüler:in hat einen eigenen Zugang und bekommt von der Lehrkraft eine Auswahl von Aufgaben, abgestimmt auf die jeweiligen Lernerfordernisse. Als zusätzliche (extrinsische) Lernmotivation fungieren Coins, die die Kinder für korrekt gelöste Aufgaben erhalten und die sie in Spiele in der App eintauschen können.

Die digitale Pinnwand ist gegliedert in die verschiedenen Schulfächer. Die Schüler:innen und Eltern finden jeweils in den Spalten der einzelnen Fächer Zusatzangebote, Links, abfotografierte Tafelbilder und Arbeitsblätter aus dem Unterricht. Die Tafelbilder haben sich auch nach der Rückkehr zum Präsenzunterricht als gut geeignet erwiesen, die Aktivitäten im Unterricht und wichtige Lernergebnisse nachzuvollziehen, etwa als Vorbereitung auf eine Klassenarbeit oder für den Fall, dass ein Kind wegen Krankheit Inhalte nacharbeiten muss.

Angebote zum Experimentieren sowie Lernlieder im Fach Mathematik können multisensorisches Lernen fördern (Shams & Seitz, 2008). Auch in den Fächern Englisch, Musik und Sport werden vielfältige Zusatzangebote mit begleitenden Aktivitäten verlinkt. Ziel ist die Anregung zur Beschäftigung mit den Lerninhalten über den Unterricht hinaus. Damit entsteht zum einen ein differenziertes Lernangebot, das von den Kindern interessengeleitet wahrgenommen werden kann, zum anderen stellt es weitere Übungsmöglichkeiten zur Verfügung, damit Kinder die im Unterricht vermittelten Inhalte eigenständig festigen und aufarbeiten können.

Eines der Learnings des Notfallfernunterrichts (Döbeli Honegger, 2020) bzw. *Emergency Remote Teaching* (Hallet et al., 2020) ist die Wichtigkeit der Beziehungspflege zwischen Lehrkraft und Lernenden sowie den Lernenden

untereinander. Für das Lernen in der Grundschule gilt ersteres in besonderem Maße (Emrich, 2021, S. 44). Die Klassenlehrkraft, zu der die Lernenden meist eine enge Bindung aufbauen, stellt einen wichtigen Einflussfaktor dar. Daher wurde auf der digitalen Pinnwand jeden Morgen eine persönliche Begrüßung mit einem Lied, einem Rätsel o.ä. integriert, was die Kinder sehr schätzten. Für die Beziehungspflege untereinander wurde von den Kindern die Kommentarfunktion zur Kommunikation genutzt, aber auch Kinder, die etwa in der Notbetreuung waren, nahmen für ihre Mitschüler:innen Nachrichten oder Witze auf, um den persönlichen Kontakt medial aufrechtzuerhalten. Diese Möglichkeit zum Kontakthalten wurde von den Kindern und den Eltern sehr geschätzt, was Rückmeldungen der Eltern u.a. im Zusammenhang mit dem vom Deutsch-Amerikanischen Institut Heidelberg verliehenen Preis „Lernfunken“ illustrieren, der im Sommer 2021 an die Lehrkraft verliehen wurde. Auch wurde den Kindern so die Möglichkeit geboten, auf eine niederschwellige Art und Weise Medien selbst zu gestalten.

3.3 Erklärvideos

Erklärvideos werden im Unterricht auf vielfältige Art und Weise eingesetzt, z.B. eigene, selbst gedrehte Videos als Unterrichtseinstieg oder zur Erklärung eines Sachverhalts. Abb. 2 zeigt einen Ausschnitt aus einem Video, in dem ein älteres Kind eine Buchpräsentation für die Kinder der Klasse hält. Verschiedene Anbieter bieten Schulaccounts für das Zeigen von Erklärfilmen im Unterricht an. Als Angebot für Medienproduktion jenseits von Medienkonsum können Kinder selbst ein Erklärvideo drehen (Leonhardt, 2018).

Digital dargebotene Lerninhalte in Erklärvideos etwa von Vorgängen und dem realen Tun der Kinder im Anschluss verknüpfen digitale Lernumgebungen mit realen lebensweltlichen Erfahrungen und veranschaulichen den Lerninhalt auf unterschiedliche Weise. In Abb. 3 ist auf dem Bildschirm der Ausschnitt eines Films zu sehen, der die Herstellung eines Ostereis aus Kleister anleitet. Auf dem anderen Bild sieht man, dass die Kinder das Osterei im Anschluss an den Film auch selber herstellen.



Abbildung 2: Foto vom eigenen Erklärvideo



Abbildung 3: Kombiniertes Foto Erklärvideo / angeleitetes Arbeiten im Klassenzimmer

3.4 Digitale Tafelbilder

Zahlreiche Verlage bieten passend zum Lehrwerk digitale Tafelbilder an, die über Smartboards oder über einen Bildschirm gezeigt werden können. Als Beispiel für die Kombination von Primärerfahrungen und digitaler Lernumgebung mittels eines digitalen Tafelbildes aus dem Lehrwerk Flex und Flo (Westermann Verlag, 2014) sei das Thema Bündeln angeführt. Zunächst steht die originale Begegnung mit dem Sachverhalt im Mittelpunkt (Hecker, 2019). Bei der Erweiterung des Zahlenraums auf Tausend haben die Kinder zuerst Kastanien gezählt, gebündelt und somit be-griffen. Damit konnten die Kinder multisensorisches Lernen einsetzen, das den Lerninhalt des Bündelns veranschaulicht und konkret darstellbar machte. Das anschließend eingesetzte digitale Tafelbild vermittelte den gleichen Lerninhalt auf abstraktere Weise und in der Kombination werden nicht nur unterschiedliche Lernpräferenzen von unterschiedlichen Kindern angesprochen, sondern es erfolgt auch durch die digitale Komponente eine Steigerung der Komplexität des Lerninhaltes. Zudem kann man auf die bildliche Darstellung des Bündelns zurückzugreifen, wenn die gebündelten Kastanien sich nicht mehr im Klassenzimmer befinden.

3.5 Erste Erfahrungen aus dem Notfallfernunterricht und hybriden Unterricht

Onlineunterricht, auch als Notfallfernunterricht bezeichnet, fand in der 3. Klasse während des Lockdowns nahezu täglich statt. Grundschulkinder haben das Bedürfnis nach einer möglichst engen Begleitung des Lernprozesses durch bekannte schulische Bezugspersonen, was die Kontinuität des Lernens fördert, aber auch die sozialen Prozesse in der Lerngruppe abbilden kann. Im Onlineunterricht können verschiedene Sozialformen abgebildet werden, und je nach Bedarf können Kleingruppen zur Förderung des gemeinsamen Lernens gebildet werden. Die Kinder erhielten regelmäßig Feedback von der Lehrkraft oder ihren Klassenkamerad:innen, was die Kooperation und die Interaktion unter den Lernenden fördert. So wurden etwa von den Kindern geschriebene Bildergeschichten vorgelesen und von den Mitschüler:innen auf bestimmte Kriterien (Wirksamkeit der Beschreibung der Charaktere, angemessener Einsatz wörtlicher Rede für Dialoge, unerwartetes bzw. lustiges Ende) hin gemeinsam überprüft. In Abb. 4 nimmt ein Schüler der Klasse an Fasching als Spiderman verkleidet an der Onlinekonferenz teil. Integrationsmöglichkeiten von Onlinekonferenzen über den Notfallfernunterricht hinaus könnten Lehrkraftkonferenzen oder Elterngespräche zu flexibleren Zeiten als vor der



Abbildung 4: Verkleideter Schüler im Notfallfernunterricht

Pandemie darstellen. Auch Gespräche zwischen der Lehrkraft und erkrankten Schüler:innen zur Klärung von versäumten Sachverhalten sind möglich und würden die Beziehung zwischen Lehrender und Lernenden intensivieren.

Im Wechselunterricht ist der Versuch recht erfolgreich unternommen worden, die jeweils zu Hause lernenden Kinder mittels der Jitsi-Onlinekonferenz (8×8, 2020) mit in den Unterricht der anderen Gruppe vor Ort einzubinden. Dafür schalteten sich die Kinder zu Hause zu einer festen Zeit jeden Tag für eine Stunde zu der Lerngruppe im Klassenzimmer zu. Hier hat sich herausgestellt, dass eine Zuschaltung der Kinder zu Hause für beide Seiten gewinnbringend ist, wenn die Kinder sich gegenseitig hören können. Durch einen Konferenzlautsprecher in der Mitte des Klassenzimmers ist ein Unterrichtsgespräch und das Eingehen aufeinander möglich. Für die Onlinekonferenz bieten sich Einführungen in ein neues Thema oder die Besprechung von Arbeitsergebnissen an. Berücksichtigt werden sollte die begrenzte Aufmerksamkeitsspanne der Kinder, so dass die Konferenzen auf maximal 60 min pro Tag limitiert wurden. Die regelmäßige Zusammenkunft der gesamten Lerngruppe stärkte das Gemeinschaftsgefühl der Klasse während dieser Zeit weiter in den Plenumsphasen (eine Elternstimme bemerkt dazu: „Frau Merle gibt den Kindern erstaunlich vielfältige Möglichkeiten, auch auf digitalem Wege die Klassengemeinschaft zu erleben und mitzugestalten.“). Für die Kinder zu Hause hatte der Tag eine Strukturierung, was ihnen Sicherheit und ein kleines

Stück Normalität in die unsichere und beängstigende Zeit der Coronakrise gebracht hat.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag sollte aufgezeigt werden, dass die digitale Implementierung von Lerninhalten nachhaltig und über den Notfallfern- oder Wechselunterricht hinaus in das alltägliche Unterrichtsgeschehen integrierbar ist. Darüber hinaus sollten konkrete Praxiserfahrungen aus dem coronabedingten Notfallfern- und Wechselunterricht geteilt werden. Digitale Lernumgebungen ermöglichen die Kombination von konkreten multisensorischen Primärerfahrungen und digital gestützten Lernumgebungen, wobei durch die digitale Komponente ein abstrahierendes Aufgreifen der konkreten Handlungen wie etwa beim Bündeln von Kastanien ermöglicht wird. Die digitalen Komponenten von Lernumgebungen wie etwa digitale Pinnwände oder Erklärvideos bergen großes Potenzial für individualisierendes Lernen, und zwar innerhalb und außerhalb des (Präsenz-)Unterrichts. Wenn die Medienproduktion von den Kindern übernommen werden kann, bilden die Kinder gleichzeitig Medienkompetenz aus. Hier bieten sich mit recht einfachen Möglichkeiten (z. B. mobiles Lernen mit iPads) große Lernpotenziale, die sowohl dem Lebensweltbezug der Kinder Rechnung trägt wie auch die Möglichkeit des Einbezugs von Medien und damit die Möglichkeit zur Partizipation an der digital geprägten Welt für alle Kinder ermöglichen. In der Onlinekonferenz ist es tendenziell möglich, interaktive Unterrichtsprozesse abzubilden und die Lerngruppe als soziale Gemeinschaft zu fördern, wiewohl Onlinekonferenzen keinen vollwertigen Ersatz für die persönliche Begegnung in der Lerngruppe und mit der Lehrkraft bieten.

Zwar hat die Pandemie die technische Ausstattung von Schulen und Lehrkräften beschleunigt, jedoch lassen sich folgende Probleme anführen. Bei den vergleichsweise hohen Entwicklungs- und Anschaffungskosten gibt es häufig keine Klarheit bzgl. der (finanziellen) Zuständigkeiten von Schulträger, Land und auch Bund gibt. Hier verzögern bürokratische Hürden die zügige Umsetzung von kreativen Konzepten für die Einbettung von digitalen Elementen in den Unterrichtsalltag der Grundschule. Als äußerst wichtig gestaltet sich die Thematik des Datenschutzes und der Datensicherheit, die in den letzten Jahren erheblich komplexer geworden ist und für Schulleitungen ohne kompetente Hilfe kaum zu bewältigen ist. Es fehlt in vielen Schulen weiterhin an einer leistungsfähigen Infrastruktur für personalisiertes Lernen in der Digitalität zu

realisieren. Zwar haben Lehrkräfte an Grundschulen vergleichsweise mehr Erfahrung mit Konzepten für individualisiertes oder inklusives Lernen, sie können aber die Möglichkeiten der digitalen Medien z. B. für adaptives Feedback zur Erreichung dieses Ziels nicht ausschöpfen, da es an Unterstützungsstrukturen fehlt, angefangen von flächendeckender finanzieller Unterstützung über niederschwelligen technischen Support vor Ort bis hin zu einem umfassenden Medienkonzept für die schulische Einrichtung oder umfassenden Fort- und Weiterbildungsanstrengungen. Hier ist noch viel Arbeit zu leisten, um die von Corona aufgeworfenen und fokussierten Unzulänglichkeiten sukzessive abzubauen. Der vorliegende Beitrag zeigt jedoch anhand verschiedener praxisnaher Beispiele, dass der differenzierte Einsatz von digitalen Medien erfolgreich und nachhaltig in der Grundschule implementiert werden kann, wenn eine entsprechende Infrastruktur, Medienkompetenz und technischer Support wie an der genannten Schule vorhanden sind.

Literatur

- 8x8 (2020). JitsiMeet. [mobile app]. <https://jitsimeet.eu>.
- Bourdieu, P. (1979). *La distinction: Critique social du jugement*. Paris: Minuit.
- Brandt, B., Bröll, L. & Dausend, H. (Hrsg.) (2020). *Digitales Lernen in der Grundschule II. Aktuelle Trends in Forschung und Praxis*. Münster / New York: Waxmann.
- Brandt, B. & Dausend, H. (Hrsg.) (2018). *Digitales Lernen in der Grundschule. Fachliche Lernprozesse anregen*. Münster / New York: Waxmann.
- Chen, J. (Hrsg.) (2022) *Emergency remote teaching: Voices from world language teachers and researchers*. Cham, Switzerland: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-84067-9>
- Döbeli Honegger, B. (2017). *Mehr als 0 und 1: Schule in einer digitalisierten Welt*. 2. Aufl. Bern: hep.
- Döbeli Honegger, B. (2020). Lernen trotz und durch Corona. *Bildung Schweiz* 5/2020, 15–16. Vefügbar unter: <https://beat.doebe.li/publications/2020-doebeli-honegger-lernen-trotz-und-durch-corona.pdf> [14.03.2022].
- Drossel, K., Eickelmann, B., Schaumburg, H., & Labisch, A. (2019). Nutzung digitaler Medien und Prädikatoren aus der Perspektive der Lehrerinnen und Lehrer im internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.) (2019), *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (S. 205–240). Münster: Waxmann.
- dSign Systems (2021). TaskCards. [mobile app]. <https://taskcards.de>

- Emrich, F. (2021). Fernunterricht in der Grundschule – Lernbeziehungen aufrecht- erhalten. In W. Klee, P. Wampfler & A. Krommer (Hrsg.), *Hybrides Lernen. Zur Theorie und Praxis von Präsenz- und Distanzlernen* (S. 44–51). Weinheim: Beltz.
- Gerick, J., Eickelmann, B., & Labuch, A. (2019). Schulische Prozesse als Lern- und Lehrbedingungen in den ICILS-Teilnehmerländern. B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.) (2019), *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (S. 172–203). Münster: Waxmann.
- Gervé, F. (2016). Digitale Medien als „Sache“ des Sachunterrichts. In M. Peschel & T. Irion (Hrsg.), *Neue Medien in der Grundschule 2.0. Grundlagen – Konzepte – Perspektiven* (S. 121–134). Frankfurt a. M.: Grundschulverband.
- Gervé, F., Gryl, I., Irion, T., Peschel, M. & Schmeinck, D. (2019). *Sachunterricht und Digitalisierung. Positionspapier der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts – GDSU* (2019). Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/336899363_Sachunterricht_und_Digitalisierung [14.03.2022].
- Grundschulverband e. V. (2018). Digitale Mündigkeit beginnt in der Grundschule! Stellungnahme des Grundschulverbands zum „DigitalPakt Schule“ und zum KMK-Beschluss „Bildung in der digitalen Welt“. Verfügbar unter: <https://grundschulverband.de/wp-content/uploads/2018/08/stellungnahme-gsv-digitalpakt-schule.pdf> [14.03.2022].
- Hallet, W., Surkamp, C. & Vogt, K. (2020). Digitales Englischlernen im Distanz- und Präsenzunterricht. *Der fremdsprachliche Unterricht Englisch*, 167 (5/2020), 2–7.
- Hecker, U. (2019). Digitale Lernwelten? Nachdenken über Bildung und Digitalisierung. *Grundschule aktuell*, 145, 38–41.
- Hicke, M. (o. J.). Schlaukopf [mobile app]. <https://www.schlaukopf.de>
- Irion, T. (2018). Wozu digitale Medien in der Grundschule? Sollte das Thema Digitalisierung in Grundschulen tabuisiert werden? *Grundschule aktuell*, 142, 3–7.
- Irion, T. (2020). In Zeiten der Digitalisierung: Welche Medienbildung brauchen Kinder? *Grundschule aktuell*, 149, 11–13.
- Irion, T. & Scheiter, K. (2018). Didaktische Potenziale digitaler Medien. Der Einsatz digitaler Technologien aus grundschul- und mediendidaktischer Sicht. *Grundschule aktuell*, 142, 8–11.
- Krommer, A. & Wampfler, P. (2021). Distanzlernen, didaktische Schieberegler und zeitgemäßes Lernen. In W. Klee, P. Wampfler & A. Krommer (Hrsg.), *Hybrides Lernen. Zur Theorie und Praxis von Präsenz- und Distanzlernen* (S. 8–16). Weinheim: Beltz.
- KMK [Kultusministerkonferenz] (2016). Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2016/2016_12_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf [14.03.2022].

- Leonhardt, U. (2018). Erklärvideos – vielseitig, kreativ und lehrreich. *Grundschule*, 7/2018, 34–37.
- Moser, H. (2019). *Einführung in die Medienpädagogik. Aufwachsen im digitalen Zeitalter*. 6. Aufl. Wiesbaden: Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23208-5>
- Peschel, M. & Irion, T. (Hrsg.) (2016). *Neue Medien in der Grundschule 2.0. Grundlagen – Konzepte – Perspektiven*. Frankfurt: GSV.
- Peschel, M., Gervé, F., Gryl, I. & Irion, T. (2021). Positionspapier Sachunterricht und Digitalisierung. Erarbeitet von der AG Medien und Digitalisierung der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts. Verfügbar unter: <http://gdsu.de>.
- Schmid, U., Goertz, L. & Behrens, J. (2017). *Monitor Digitale Bildung. Die Schulen im digitalen Zeitalter*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung. Verfügbar unter: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/BSt MDB3_Schulen_web.pdf [14.03.2022].
- Shams, L. & Seitz, A.R. (2008). Benefits of multisensory learning. *Trends in Cognitive Science*, 12(11), 411–417. DOI: 10.1016/j.tics.2008.07.006
- Solocode (o. J.). AntonApp. [mobile app]. <https://anton.app.de>
- Stalder, F. (2016). *Kultur der Digitalität*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Vogt, K. (2022). Peer capacity building in emergency remote teaching: Informal language teacher professional development on Twitter. In: Chen, J. (Hrsg.) *Emergency remote teaching: Voices from world language teachers and researchers* (S. 391–408). Cham, Switzerland: Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-84067-9_18
- Wallwisher Inc. (o. J.). Padlet. [mobile app]. <https://padlet.com>
- Westermann Verlag (2014). *Flex und Flo 3- Ausgabe 2014. Interaktive Tafelbilder*. Braunschweig: Westermann.

Von Übergang zu Übergang: Ein digitales Lernportfolio als Übergangshilfe und Begleiter in der Grundschulzeit

Abstract

Die zwei Übergänge der Grundschule – vom Elementar- in den Primarbereich und vom Primar- in den Sekundarbereich – sind bildungsbiografisch richtungsweisend. Deshalb wird in dem Beitrag die Möglichkeit diskutiert, mittels eines digitalen Lernportfolios sowohl die Übergangsstellen selbst als auch die individuellen kindlichen Entwicklungsetappen zwischen den Schnittstellen zu begleiten. Dazu wird nach einer Darstellung grundsulpädagogischer und fachdidaktischer Prämissen ein digitales Lernportfolio vorgeschlagen, das sowohl pädagogischen Intentionen folgt als auch fachdidaktische Anliegen berücksichtigt, die hier auf das Kernfach Deutsch und die Idee einer durchgängigen Sprachbildung bezogen werden.

1. Einführung

Wenn Erwachsene ihre Kindheit thematisieren, tauchen öfter Erinnerungen an die Grundschulzeit auf: das erste selbst gelesene Buch, eine gelungene und von der Lehrkraft gelobte Erzählung, Schulwettbewerbe, die Schuleingangs- und/oder Schulabschlussfeier, erinnerungsträchtige Klassenfahrten, eine besondere Lesenacht etc. Solche Bruchstücke aus dem Erleben der Grundschulzeit sind mitunter begleitet von Fotos oder von aufbewahrten Produkten, die die Rekonstruktion der Erlebnisse anregen. Doch könnte man diese ‚Erinnerungskultur‘ nicht auch für Lernprozesse fruchtbar machen, indem analog zu den o.g. persönlichen Alltagserfahrungen und subjektiven Eindrücken ein systematisches, selbstreflexives und unterrichtsbegleitendes Lernmedium geschaffen wird, sodass die schulischen Entwicklungen von Lernenden in *pädagogischen* Zusammenhängen genauso wie die *persönlichen* Erfahrungen in Alltagszusammenhängen thematisiert werden können? Ein Lernmedium, das dieses

Potenzial hätte, müsste einen dynamischen, interaktiven und dokumentierenden Charakter aufweisen, d. h. es müsste eine Art von Portfolio werden. Ein solcherart charakterisiertes Lernmedium, das (fach)unterrichtliche und schulische Entwicklungen von Lernenden in selbstreflexive, kompetenzorientierte Zusammenhänge stellt sowie ein selbstständiges Lernen anregt und begleitet, wäre als *Lernportfolio* zu bezeichnen.

In Fächern wie *Kunst* ist diese Art von Portfolio nicht unüblich. Auch im Fach Deutsch findet man beispielsweise mit dem *Lesetagebuch* eine Variante, nur wäre die Frage, ob ein solches Medium auf einzelne Produkte bzw. auf eine konkrete thematische Sammlung beschränkt bleiben muss oder ob nicht unter Einbezug der neuen medialen Möglichkeiten einer digitalen Lernwelt auch universellere, umfassendere Portfolios entwickelt werden könnten. Diese müssten dann den Ansprüchen einer erfolgreichen Übergangsgestaltung der beiden Schnittstellen des Primarbereichs, nämlich dem Übergang in die Schule und dem Übergang in die weiterführende Schule, ebenso genügen wie einer gewinnbringenden Lernbegleitung in der ‚Zwischenzeit‘ von Übergangsstelle zu Übergangsstelle. Zudem müsste eine jeweils fachliche Dimension einbezogen werden, und zwar im Hinblick auf eine gelingende Entwicklung der in den jeweiligen Bildungsstandards eines Faches festgelegten fachspezifischen Kompetenzen. Letzteres soll hier am Beispiel des Kernfaches Deutsch dargestellt werden, um exemplarisch Möglichkeiten aufzuzeigen, wie die folgende Forderung erfüllt werden könnte:

Fachdidaktiken und Stufendidaktiken sind herausgefordert, die Isoliertheit des Denkens zu öffnen und Anschlussfähigkeit zu befördern. Das meint erstens die Öffnung der Fachdidaktiken wie auch der bildungswissenschaftlichen Disziplinen im Sinne horizontaler Anschlussfähigkeit, indem disziplinäre Sichtweisen überwunden werden, denn die Pädagogik der Grundschule als erste Schule für alle Kinder [Hervorhebung im Original, WM] fordert ganz besonders zu interdisziplinären Konzepten heraus. Zweitens stehen Stufendidaktiken vor der Aufgabe, konsistente Lernentwicklungen von Kindern durch vertikale Anschlussfähigkeit zu befördern. Die Reformbestrebungen, z.B. Elementar- und Primarpädagogik besser miteinander zu verbinden, setzen hier einen richtungsweisenden Akzent. Im gleichen Zuge müssen fachdidaktische und stufendidaktische Fragen nach der Anschlussfähigkeit ‚nach oben‘ bearbeitet werden: Hier müssen fachsystematische Zugänge und kindorientierte Perspektiven weiter ausgehandelt werden. (Arnold et al., 2010, S. 13)

Um der hier angesprochenen Forderung nach einer engeren Verbindung von Fachdidaktiken, wie z. B. der Deutschdidaktik, und Stufendidaktiken, wie z. B. der Primarstufenpädagogik, zu genügen, müsste ein digitales Lernportfolio

deutschdidaktische, grundschuldidaktische und grundschulpädagogische Elemente vereinen. Außerdem sollten damit eine fachübergreifende Sichtweise auf Lerngegenstände im Sinne horizontaler Anschlussfähigkeit ausgebildet und eine fachliche wie auch entwicklungspsychologische Kontinuität in Form von vertikaler Anschlussfähigkeit geschaffen werden. In einer solchen Anlage könnte ein Lernportfolio gleichermaßen das Konzept der durchgängigen Sprachbildung aus dem deutschdidaktischen Bereich (Mückel, 2019, S. 111–118) wie auch die grundschulpädagogische Intention einer Ausformung von Lernendenpersönlichkeiten mit positivem Selbstkonzept, die für ein nachhaltiges Lernen vom Schulanfang an vorbereitet werden, bedienen und in der Ausprägung unterstützen.

2. Stufenpädagogische Perspektive: Die Übergangsthematik in der Grundschule

Anknüpfend an die Vorstellung einer Bildungskontinuität zeigt sich in der Grundschule ein Bildungskontinuum in vertikaler und horizontaler Hinsicht. Beide Dimensionen, die der Horizontalität und die der Vertikalität, bilden sich ihrerseits sowohl stufendidaktisch als auch fachdidaktisch ab: Stufendidaktisch erscheinen sie als pädagogische Facetten der Bildungsstufe ‚Primarstufe‘ sowie in den Übergangsstadien aus der Elementarstufe und in die Sekundarstufe; fachdidaktisch treten sie als curriculare und fachinhaltliche Entwürfe einer über die Jahrgänge reichenden Deutschdidaktik, einer Mathematikdidaktik, etc. auf. Zugleich wird die Kontinuität aber auch (bewusst) gebrochen, indem institutionelle Schnittstellen einen systembedingten Übergang und unterschiedlich starken Richtungswechsel markieren: Der Übertritt von einer Bildungsinstitution in die folgende ist auch ein greifbarer, punktueller Akt (z. B. erster Schultag in Klasse 1), in dem sich gewissermaßen der Paradigmenwechsel manifestiert und oft entsprechend inszeniert wird. Anzustreben ist dabei, dass diese Schnittpunkte wie auch die Phasen davor und danach nicht zu einem negativen Brucherlebnis führen. Stattdessen soll das Übergangsstadium als eine positive, zu bewältigende neue Herausforderung erlebt werden.

In den von außen terminlich gesetzten und normativ (z. B. über leistungsbezogene Laufbahnempfehlungen oder Tests) regulierten Wechseln als Übergang von einer Bildungsinstitution in die nächste schlagen sich horizontale und vertikale Sichtweisen nieder. Gleiches gilt für die sich überlappenden Bildungsetappen, bei denen Entwicklungen von der einen Bildungsstufe einerseits zu einem bestimmten Voraussetzungsbündel für die nächste Bildungs-

stufe führen und in dieser die ‚Startbedingungen‘ und die Lernausgangslage darstellen, andererseits die Entwicklungen in einer Bildungsstufe aber auch den erreichten Lernstand zum Phasenabschluss konsolidieren. Daher finden sich (bildungs-)räumliche, d.h. horizontale, und zeitliche, in der Chronologie von Bildungsverläufen anzusiedelnde, d.h. vertikale, Aspekte von Übergängen nicht nur an den institutionellen Schnittstellen (z. B. Schulformwechsel) selbst, sondern auch bildungsstufenübergreifend als ein Hineinragen in die jeweils folgende Bildungsstufe. Daraus resultiert für die angeschlossenen Stufendiffaktiken die Aufgabe, einen ko-konstruktiven Prozess als Zusammenwirken der beteiligten Akteure ‚Kind/Jugendlicher‘ – ‚Eltern bzw. familiäre/soziale Bezugspersonen‘ – ‚pädagogische Fachkraft/Lehrkraft‘ zu gestalten, um die vielschichtige Transition zwischen Bildungsstufen gelingen zu lassen (vgl. dazu auch Griebel & Niesel, 2017, S. 34–39).

Mit diesen Eckpunkten prinzipieller grundschulpädagogischer Ansätze wäre zugleich die pädagogische *und* stufendiffaktische Fundierung eines digitalen Lernportfolios zu leisten, denn es wäre gewissermaßen die Tiefenstruktur und konzeptionelle Basis des materiell zu realisierenden Mediums ‚Lernportfolio‘.

2.1 Grundschulpädagogische Aspekte von Übergängen und institutionellen Schnittstellen

In dem dargelegten Übergangsgeflecht von horizontalen und vertikalen Anschlussfähigkeiten sowie der Gestaltung von Schnittstellen einerseits und dem Verlauf einer Bildungsphase andererseits kann der Grundschule und ihren zwei Anschlussstellen eine besondere Rolle zugeschrieben werden:

Die ersten Übergänge, der Wechsel in die Grundschule und der Übertritt an die weiterführende Schule, sind auch für alle folgenden Transitionen von prägender Bedeutung. Ein gelungener Übertritt führt nicht nur zu einem gestiegenen Selbstwertgefühl und zu neuem Wohlbefinden, sondern auch zu einer Kompetenzerweiterung, einer größeren Flexibilität und einem erweiterten Handlungspotenzial. (Meidinger, 2010, S. 21–22)

Eine erfolgreiche Gestaltung beider Übergänge für (möglichst) jedes Kind umfasst bezogen auf den Zeitpunkt und das Übergangsergebnis ein in jeder Hinsicht positiv erinnerungswürdiges Übergangserlebnis, das emotional gehaltvoll vorbereitet und ggf. für reflektierende Rückgriffe angelegt sein sollte. Bezuglich des Verlaufsgedankens einer längeren Übergangsphase sollte eine gelungene Übergangsgestaltung mehrdimensional wirksam sein, nämlich ko-

gnitiv, sozial, affektiv, entwicklungspsychologisch, charakterlich und persönlichkeitsbildend, denn die zu erreichende grundlegende Bildung in der Primarstufe besteht in sprachlich, mathematisch, ästhetisch, naturwissenschaftlich, technisch, philosophisch, ethisch, historisch und sozial fundierenden Lernprozessen anhand der Inhalte der Grundschulfächer, die in ihren Intentionen als „Bereiche des Grundschulcurriculums“ (Knauf, 2001, S. 50) zusammengefasst werden können (Knauf, 2001, S. 50–94). Diese in Form der Grundschulzeit zu durchlaufende *Sequenz* (Begriffsbestimmung s. u.) in der Bildungsbiografie eines Kindes ist durch einen komplexen Verlauf gekennzeichnet, den ein Hilfsmittel ‚Lernportfolio‘ auf- und nachzeichnen könnte. Dabei liegt das Besondere dieser Sequenz auch in einer Veränderung der Lernprozesse:

(Kindergarten-)kinder, die ihre Lernvorgänge an konkret Erlebtes, an unmittelbare Wahrnehmungen und lebensweltbezogene Erfahrungsräume binden können, lernen spielerisch und ungesteuert. Durch den institutionellen Wechsel werden sie zu Schüler:innen, die in einer arrangierten, systemischen Lernumgebung in täglichen, durchgliederten Lernrhythmen zu einem abstrakten, problemlösenden, in die Realität transferierbaren, zunehmend selbstorganisierten und selbstbestimmten Lernen geführt werden sollen. Dies soll sie gut für die Anforderungen der weiterführenden Schulen präparieren sowie die Grundsteine für ein lebenslanges Lernen legen. Wäre dabei ein schulisches bzw. unterrichtliches digitales Hilfsmittel ‚Lernportfolio‘ verfügbar, würden sich neue Wege des Nachvollziehens, der Veranschaulichung, des Reflektierens, des Begleitens, des Erkennens von Lernvorgängen und des gegenseitigen Austauschs eröffnen.

Ein Querschnitt der geläufigen Schlüsselqualifikationen kann diese Bildungsziele der Grundschule illustrieren, denen es sich u. a. durch eine kluge Auswahl und Verbindung von Lernmedien wie einem Lernportfolio zu nähern gilt:

... Termini, die am häufigsten in der Literatur als Schlüsselqualifikationen identifiziert wurden: Kommunikationsfähigkeit, Kooperationsfähigkeit, Denken in Zusammenhängen, Flexibilität, Kreativität, Selbständigkeit, Problemlösefähigkeit, Transferfähigkeit, Lernbereitschaft, Durchhaltefähigkeit, Entscheidungsfähigkeit, Konzentrationsfähigkeit, Lernfähigkeit, Verantwortungsgefühl, -bewusstsein, Verantwortlichkeit, Zuverlässigkeit, Ausdauer, Genauigkeit, Abstraktes Denken, Logisches Denken, Selbständiges Denken. (Knauf, 2001, S. 83)

Um eine dergestalt vielfältige grundlegende Bildung in der Primarstufe erreichen zu können, werden ein tragfähiges Bildungskonzept sowie Ideen für

dessen methodische und mediale Realisierung für diese Sequenz benötigt, wobei unter *Sequenz* Folgendes verstanden werden soll:

... ein weiteres lebenslauftheoretisches Analysekonzept (...), das eine Art Scharnier zwischen einzelnen Übergängen und gesamten Verläufen bildet. Es handelt sich um das Konzept ‚Sequenz‘. Unter diesem Begriff ist ein Teil eines Lebenslaufs zu verstehen, der mindestens zwei Übergänge im Sinne von Zustandswechseln umfasst. Der Sequenzbegriff ist damit konzeptionell zwischen der Orientierung auf den Gesamtverlauf einerseits und der Fokussierung auf einen Übergang andererseits, also zwischen den beiden Leitbegriffen des herrschenden Lebenslaufparadigmas, angesiedelt (...). (Sackmann & Wingens, 2001, S. 32)

Wird der allgemein für Lebensläufe gedachte Sequenzbegriff auf Lebensabschnitte der institutionellen Bildung eingeschränkt und werden dann Möglichkeiten des pädagogischen Handlungsfeldes ausgelotet, ergibt sich als Anwendung folgendes Resultat: Im Rahmen der professionellen Umsetzung der Bildungskonzeption für die Sequenz ‚Grundschule‘ mit ihren zwei Übergängen und ihren Verläufen bzw. Phasen, die der Weiterentwicklung von Anlagen sowie der Ausbildung der Schlüsselqualifikationen dienen, bedarf es umfänglicher didaktischer, curricularer und pädagogischer Gestaltungen. Einen kleinen Beitrag könnten dazu auch methodische Werkzeuge liefern; eines davon wäre ein digitales Lernportfolio als ein modernes Unterrichtsmedium und potenziell zukunftsfähiges Instrument.

2.2 Adaption der grundschulpädagogischen Übergangsaspekte in einem digitalen Lernportfolio

Das Lernportfolio könnte den Part der punktuellen Schnittstelle, die den jeweiligen Übertritt terminiert, in Form einer durchgliederten, nach Ereignissen sortierten Dokumentenmappe abbilden; diese Dokumente würden ebenfalls Audio-, Bild- und Videodateien einschließen. Im Zentrum würde hier die Erinnerungsfunktion stehen, die mit Impulsen für Reflexionen zu eigenen Entwicklungen in Selbst- und Fremdeinschätzungen versehen ist und über Animationen für Rekonstruktionen, Gedankenaustausch und Planungen ähnlicher erlebnisträchtiger Ereignisse genutzt werden könnte. Hier sollten auch Produkte aus den Kontexten von Kita und weiterführender Schule aufgenommen werden, wie z. B. eine Fotoreihe zur künftigen weiterführenden Schule, die an Schnuppertagen oder zu einer Schulrallye besucht wurde, und Erinnerungsstücke aus der Kitazeit beispielsweise als (Foto-)Collage.

Diesem eher statisch angelegten Teil würde ein dynamischerer Teil als Mixtur aus Tools und Dokumentenmappen, inklusive Hör-, Bild- und Videodateien, zur Seite stehen. Hier ist eine grundsätzlichere Dokumentation von Lernentwicklungen mit unterschiedlich gearteten Rückmeldefunktionen – von einfachen Ampelsystemen bis zu an Pensenbüchern orientierten Formaten – für die Lernbegleitung intendiert, wobei ein wesentlicher Punkt die systematische Erfassung der Sequenz zwischen erster und zweiter Übergangsstelle ist. Außerdem sollten Tools angelegt sein, die das Erfassen grundlegender Lernstrategien wie auch das eigene Erzeugen von Lernmitteln ermöglichen (z. B. eigene Erklärvideos und Podcasts produzieren). Zudem müssten Anwenderfunktionen ein interaktives, kollaboratives Lernen erlauben. In diesen Zusammenhang können fächerübergreifende, projektartige Elemente und vielfältige Themenspeicher gestellt werden. Das schließt die dafür benötigten digitalen Werkzeuge ein.

Ergänzend könnte ein Lernspielepool einbezogen werden, womöglich sogar mit generierbarer Software, die den Schüler:innen einen selbsttätigen Umgang mit Lernspielen und Optionen für eigene Ausweitungen bzw. Modifizierungen der Lernspiele schafft. Auf diese Weise könnte das im Grundschulunterricht wichtige Moment des Spielens zunehmend mit Konstruktionsprozessen beim Lernen verwoben werden, die dann zu kreativen Lernspielarrangements führen (z. B. Übertragungen von Spielmustern aus einem Fach auf Gegenstände eines anderen Faches, Verknüpfungen von mehreren fachbezogenen Lernspielen zu einem vielfarbigem, übergreifenden Schullernspiel mit vernetzten Wissens- und Fähigkeitsdomänen, Herstellung eines eigenen Lernspiels in Analogie zu vorhandenen).

Eine als Kompendium angelegte Dokumentenmappe könnte wie ein erweiterbares Lexikon aufgebaut sein und Möglichkeiten der Verlinkung für externe Quellenzugriffe eröffnen. Es wäre ein Ort für die systematisierte, aber auch flexibel neu verknüpfbare Sammlung von Lernplakaten, Lerntafeln, Merkblättern, Lernpostern, zusammenfassenden Tafelbildern und Übersichten. Davon getrennt könnten Arbeitsdateien und digitale Arbeitsräume mit Werkstattcharakter für eigene Entwürfe zur Lernstoffbündelung, für Übungen sowie für Anwendungs- und Transferaufgaben erscheinen.

Da Lernen ein nur durch das Subjekt vollziehbarer Vorgang ist, müssten die Kinder an ihrem Lernen beteiligt werden, d. h. es müsste für sie durch ein digitales Lernportfolio spürbar gemacht werden, wie ihr eigenes Lernen funktioniert und wie sie in der Auseinandersetzung mit Unterrichtsgegenständen an Kompetenz gewinnen. Dazu müssten Instrumente der Selbstbeobachtung, Selbsteinschätzung und Selbsterprobung einbezogen werden, die in kindge-

rechter Weise ein Registrieren von Lernfortschritten ermöglichen und über die Grundschuljahre hinweg für die Schüler:innen verstehbar Lernverläufe ‚aufzeichnen‘. Eventuell wären mit steigender Klassenstufe anhand dieser Aufzeichnungen auch Lernplanungen (z. B. Wochenpläne) für offene Unterrichtsformen ausführbar, die ein *gemeinsames* Produkt von Schüler:in und Lehrkraft darstellen.

Über einen Kommunikationsbereich im digitalen Portfolio könnte schulische und unterrichtliche Kommunikation für Lernprozesse individualisiert und fruchtbar gemacht werden. Es ginge hier nicht um einen Smartphone-Ersatz für die Privatkommunikation, sondern um didaktisierte, am Unterricht orientierte Kommunikations- und Beratungsformate für Lernende, ihre Eltern und Lehrkräfte. Aus diesem kommunikativen Kreislauf heraus könnte ein Beitrag für die Übergangsgestaltung und einen permanent von Eltern- und Lehrkräfteseite begleiteten Transitionsweg im Sinne des ko-konstruktiven Miteinanders der drei Akteure *Kind – Eltern / Bezugspersonen – Lehrkraft / Lehrkräfte* geleistet werden. Zudem würden die Eltern stärker und zielgerichteter in schulische Arbeiten eingebunden werden, was derzeit nicht immer gegeben ist.

3. Fachdidaktische Perspektive: Deutschunterricht von Übergang zu Übergang

Den Fragen der Gestaltung der bildungsbiografischen Sequenz ‚Grundschule‘ müssen sich nicht nur Stufendidaktiken, sondern auch die Fachdidaktiken stellen. Dabei gilt es für beide Didaktiken dem Gedanken von Horizontalität und Vertikalität sowie der Anschlussfähigkeit in den beiden Richtungen des unteren und oberen Übergangs Rechnung zu tragen. Im Falle des Faches Deutsch meint dies vor allem die Sicherstellung einer durchgängigen sprachlichen Bildung in fünffacher Weise:

- eine durchgängige Sprachbildung von der Elementarstufe bis zur weiterführenden Schule, d. h. über bildungsbiografische Übergänge hinweg (Juska-Bacher & Beckert, 2015, S. 13),
- eine durchgängige Sprachbildung im Fächerverbund durch sprachsensiblen Fachunterricht, d. h. über Fächer- und Lernbereichsgrenzen hinweg (Juska-Bacher & Beckert, 2015, S. 13),
- eine durchgängige Sprachbildung als interkulturelles bzw. transkulturelles Sprachlernen, d. h. über einsprachliche Grenzen hinausgehend (Juska-Bacher & Beckert, 2015, S. 13),

- eine durchgängige Sprachbildung als durchlässiger und in gegenseitiger Wechselwirkung stehender schulischer und außerschulischer Sprachgebrauch (Juska-Bacher & Beckert, 2015, S. 13),
- eine durchgängige Sprachbildung innerhalb des Deutschunterrichts in Form eines ausgewogenen und synergetischen Verhältnisses von sprachlichem und literarischem Lernen (Mückel, 2019, S. 113).

Oberflächlich gesehen, wären für alle fünf Richtungen sofort digitale Einzellemente in einem Portfolio denkbar, die den jeweiligen Bereich berühren (z. B. ein multilinguales Element zur Vokabelsammlung nach dem Muster ‚Begrüßungen in verschiedenen Sprachen‘ für Punkt 3 oder ein Gedicht – aus dem Bereich Literatur – das durch sein Sprachspiel lebt, wie z. B. *Avenidas*, für Punkt 5). Tiefgehender gedacht, müssten diese überdachenden Vorstellungen von fünffacher durchgängiger Sprachbildung als Leitlinien für die Anlage von Deutschunterricht dienen und folglich in der Vernetzungsstruktur eines digitalen Lernmediums abgebildet werden. Dazu wäre ein möglicher Ansatz zur Operationalisierung und inhaltlichen Konkretisierung, dass eine Übertragung auf die Kompetenzbereiche des Faches erfolgt. Da die Bildungsstandards (KMK, 2004) den Endpunkt der Primarstufe aufzeigen, der Sequenzgedanke aber den Weg dorthin einschließt, müssten für die fachliche Fundierung eines begleitenden digitalen Lernportfolios die Entwicklungslinien eines Kindes in den einzelnen Gebieten des Faches erfasst werden, um auf diese Weise vor allem die erste Bestimmung von durchgängiger Sprachbildung – kontinuierliche sprachliche Bildung über bildungsbiografische Übergänge hinweg – zu berücksichtigen.

3.1 Deutschunterrichtliche Entwicklungslinien vom Schulanfang bis zum Übergang in die weiterführende Schule

Die Erweiterung des Blickfeldes von stufendidaktischen und grundschulpädagogischen Aspekten einer digitalen Lerndokumentation auf den Deutschunterricht steht im Zusammenhang mit der besonderen Bedeutung des Faches Deutsch und seinen fundamentalen Aufgaben, die basalen Kulturtechniken des Lesens und Schreibens während der Grundschulzeit gebrauchsfertig zu entwickeln sowie eine konzeptionelle Schriftlichkeit und Bildungssprachlichkeit für alle nachfolgenden Wissenstransferprozesse sicherzustellen. Dabei ist es auch von Relevanz, dass gerade die sprachliche und literale Sozialisation in Vor- und Grundschule das Gelingen eines fachlichen Übergangs in die durchgängige Sprachbildung von der Elementar- bis zur Sekundarstufe und damit den

kontinuierlich wachsenden ‚sprachlichen Zugriff auf die Welt und das Wissen‘ mitbestimmt:

„Den Übergängen zwischen Bildungsinstitutionen gilt derzeit besondere Aufmerksamkeit, weil sie für viele Lernende risikoreiche Situationen in ihren Bildungsbiografien darstellen, in denen sich zudem erweist, ob es gelingt, für mehr Bildungsgerechtigkeit zu sorgen. Schülerinnen und Schüler brauchen bei der Bewältigung der Herausforderung ‚Übergang‘ Unterstützung. (...) In der Bildungspraxis wie in der Forschung gilt besonderes Interesse jenen Übergängen, die für alle obligatorisch sind: dem Eintritt in die Grundschule, dem Übergang in weiterführende Schulen und den Übergängen in das Ausbildungssystem bzw. die Hochschulen. Daneben stehen ‚schleichende bzw. stille Übergänge‘ (...), z.B. von der Sekundarstufe I zur Sekundarstufe II innerhalb des Gymnasiums und der Gesamtschule oder Schulformwechsel einzelner Lernender. Bei allen diesen Übergängen spielen das Fach Deutsch und die darin angestrebten Kompetenzziele eine zentrale Rolle.“ (Kunze, 2014, S. 4)

Diese Kompetenzziele im Fach Deutsch sind für die Grundschule zusammengefasst in den Bildungsstandards formuliert: „In der Grundschule erweitern die Kinder ihre Sprachhandlungskompetenz in den Bereichen des Sprechens und Zuhörens, des Schreibens, des Lesens und Umgehens mit Texten und Medien sowie des Untersuchens von Sprache und Sprachgebrauch.“ (KMK, 2004, S. 7) Damit sind zugleich die Kompetenzbereiche des Faches Deutsch benannt, in denen dann mit einem Lernportfolio agiert werden könnte, um dem Ziel der erweiterten Sprachhandlungskompetenz nahezukommen. Dieses Ziel einer *Sprachhandlungskompetenz* könnte über die Nennung der sprachlichen Handlungsfelder hinaus, die die mündliche und schriftliche Textproduktion und Textrezeption sowie die Sprachanalyse umschreiben und in Kompetenzbereichsnamen fassen, inhaltlich weiter gefüllt werden – *Sprachhandlungskompetenz* wäre dann zu sehen als

„Fähigkeit, produktive und rezeptive Sprachhandlungen durch die Erfassung und bewusste Gestaltung von Interaktionsmustern auszuführen, wobei die mündliche und schriftliche Sprachproduktion der jeweiligen Kommunikationssituation angemessen und adressatenbezogen und die Sprachrezeption den textuellen und kontextuellen Bedingungen gerecht und adäquat erfolgen.“ (Mückel, 2018, S. 258)

Wenn es im Deutschunterricht der Grundschule darum geht, die Ausformung der Sprachhandlungskompetenz für alle Kinder zu gewährleisten, müsste ein digitales Lernportfolio für das lernende Subjekt die Entwicklung der Kompetenzen in den einzelnen Kompetenzbereichen widerspiegeln, aber – über

die Abbildung hinaus – auch vorantreiben und lerninstrumentell unterstützen. Außerdem müsste das digitale Lernportfolio für das einzelne Kind ein individuelles Andocken – je nach Voraussetzungslage und persönlichen Dispositionen – an den beiden Anschlussstellen ‚Schriftspracherwerb‘ und ‚Übergang in den Fachunterricht Deutsch‘ ermöglichen.

3.2 Adaption der deutschdidaktischen Übergangsaspekte in einem digitalen Lernportfolio

Das beschriebene Grundgerüst eines digitalen Lernportfolios kann an einigen Stellen so untergliedert werden, dass es für das Fach Deutsch zusätzlich fachdidaktische Nuancen erfährt. Das betrifft die Spezifizierung des Ereignisteils, bei dem auf Deutsch bezogen beispielsweise die erste Deutschstunde zum Schreibenlernen, die erste Begegnung mit den Fibelhandpuppen (Mückel, 2021, S. 62–72) oder die im Deutschunterricht erstellte Abschlusszeitung in Klasse 4 mögliche fachliche ‚Übergangsevents‘ wären. Bezuglich der dargestellten dokumentarischen, reflexiven, methodischen und kommunikativen Funktionen könnte für das Fach Deutsch spezifiziert werden, dass ein Lernportfolio im Teil ‚Kompendium‘ auch Kinderliteratur und verschiedenartige Wörterbücher berücksichtigen sollte, bei den allgemeinen Strategien ebenso die fachbezogenen Strategien (Rechtschreib-, Schreib-, Gesprächs- und Lesestrategien) enthalten müsste und für die Lernprozessbegleitung insgesamt Unterkategorien und Rubriken aufmachen könnte, in denen die angestrebten Kompetenzen ihren Raum finden. Die Zusammenführung der stufen- und fachdidaktischen Gedanken zum digitalen Lernportfolio soll abschließend die folgende Grafik leisten, die Eckpfeiler eines digitalen Lernportfolios für die Sequenz ‚Grundschule‘ skizziert:

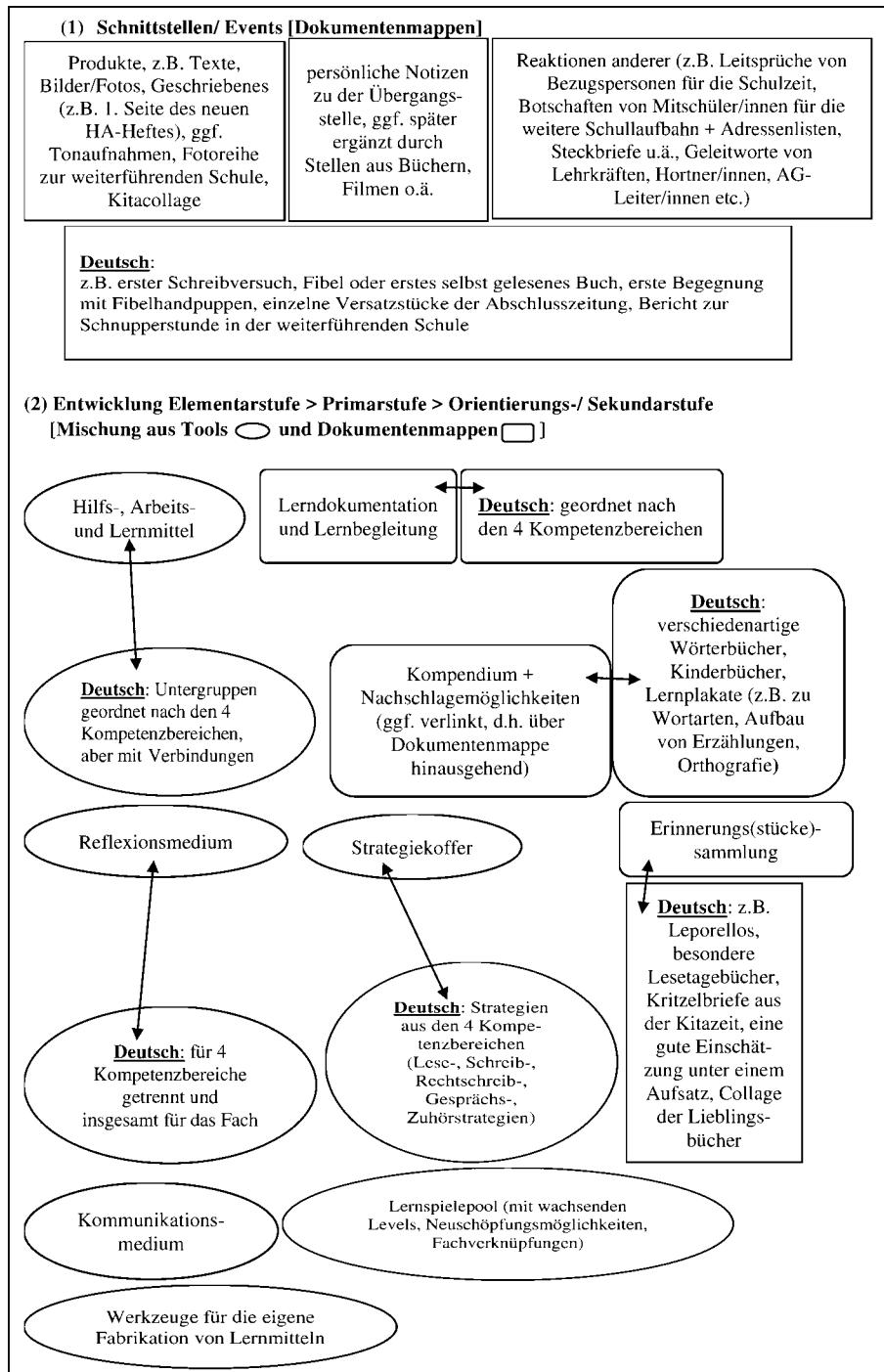


Abbildung 1: Grundgerüst eines digitalen Lernportfolios mit Andockung der Fachspezifität Deutsch (eigene Grafik)

4. Ausblick

Die Aussicht, ein Lernmedium zu konzipieren und danach auch zu produzieren, das den Ansprüchen eines zukunftsfähigen Umgangs mit den sensiblen Stellen des Übergangs im Primarbereich genügt, steigt mit den Möglichkeiten der Digitalität. Hier eröffnen sich neue Zugriffe, die im analogen Format kaum realisierbar wären. Zusätzlich zu innovativen Optionen für die Übergangsgestaltung ergeben sich mit dem digitalen Übergangsportfolio auch Chancen, die Idee einer stärkeren Vernetzung stufendidaktischer und fachdidaktischer Intentionen sowie horizontaler und vertikaler Anschlussfähigkeit zu verwirklichen. Damit würde ein digitales Lernportfolio in der Grundschule als *ein* Instrument von Übergang zu Übergang leiten können, wodurch die Sequenz ‚Grundschule‘ als Bildungsphase zum einen optimiert und zum anderen für die Kinder anschaulicher, greifbarer und miterlebbarer werden könnte. Wenn Letzteres gelänge, würden Grundschulkinder eventuell künftig neben Schulbüchern und Arbeitsheften ein weiteres Arbeitsmittel nennen und wie folgt kennzeichnen: „Und das digitale Lernportfolio ist mein eigenes Arbeitsmittel, das ich immer bei mir habe und mit dem ich lerne.“

Literatur

- Arnold, K.-H., Hauenschild, K., Schmidt, B. & Ziegenmeyer, B. (Hrsg.). (2010). *Zwischen Fachdidaktik und Stufendidaktik. Perspektiven für die Grundschulpädagogik*. Wiesbaden: VS Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-92475-5>.
- Griebel, W. & Niesel, R. (2017). *Übergänge verstehen und begleiten. Transitionen in der Bildungslaufbahn von Kindern* (4. Aufl.). Berlin: Cornelsen.
- Juska-Bacher, B. & Beckert, Ch. (2015). Bildungssprache am Schulanfang. Theoretische Herausforderungen – empirische Erkenntnisse – Förderperspektiven. Baltmannsweiler: Schneider.
- KMK (2004). *Bildungsstandards im Fach Deutsch für den Primarbereich. Beschluss vom 15.10.2004*. Printfassung, München: Wolters Kluwer.
- Knauf, T. (2001). *Einführung in die Grundschuldidaktik. Lernen, Entwicklungsförderung und Erfahrungswelten in der Primarstufe*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Kunze, I. (2014). Übergänge gestalten im Deutschunterricht. *Deutschunterricht*, 3–2014, 4–8.
- Meidinger, H.-P. (2010). Der Übertritt auf eine weiterführende Schule – konkret und grundsätzlich. In S. Lin-Klitzing, D. Di Fuccia & G. Müller-Frerich (Hrsg.), *Übergänge im Schulwesen. Chancen und Probleme aus sozialwissenschaftlicher Sicht* (S. 19–34). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Mückel, W. (2018). Übergangsgestaltung im Fach Deutsch. Weiterführung der Kompetenzentwicklung in den Arbeitsfeldern des Deutschunterrichts. In R. Porsch (Hrsg.), *Der Übergang von der Grundschule auf weiterführende Schulen* (S. 251–274). Münster / New York: Waxmann.
- Mückel, W. (2019). Durchgängige Sprachbildung als Leitidee des kompetenzorientierten Deutschunterrichts. In G. Graf (Hrsg.), *Die Vermittlung sprachlicher Kompetenz – ein Desiderat des Deutschunterrichts* (S. 108–128). Baltmannsweiler: Schneider.
- Mückel, W. (2021). Sprachunterricht in der Schuleingangsphase mit Fibelhandpuppen – Möglichkeiten der Unterrichtspraxis mit einem ‚Lernobjekt‘. In W. Mückel (Hrsg.), *Übergänge im Deutschunterricht und ihre fachliche Gestaltung in den Bildungsstufen* (S. 62–72). Baltmannsweiler: Schneider.
- Sackmann, R. & Wingens, M. (2001). Theoretische Konzepte des Lebenslaufs: Übergang, Sequenz und Verlauf. In R. Sackmann & M. Wingens (Hrsg.), *Strukturen des Lebenslaufs. Übergang – Sequenz – Verlauf* (S. 17–48). Weinheim / München: Juventa.

Wie beweisen Kinder in der Primarstufe?

Entwicklung einer Lernumgebung, in der digitale Medien eingesetzt werden

Abstract

Das Projekt Prim-E-Proof verfolgt das Ziel substanzielle Lernumgebungen, in denen digitale Medien (u. a. Applets auf Tablet PCs) eingesetzt werden, zur Unterstützung von Beweisfähigkeiten im Mathematikunterricht der Grundschule zu entwickeln. Eine Aufgabenstellung, die das Entdecken der Behauptung „die Summe zweier ungerader Zahlen ist immer gerade“ zulässt, wurde mit Grundschulkindern in klinischen Interviews durch Lehramtsstudierende, die speziell vorbereitet wurden, erprobt. Im vorliegenden Beitrag wird betrachtet, welche Konstrukte Grundschüler:innen zur Begründung nutzen, um Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung des Applets und der Lernumgebung ziehen zu können.

1. Einführung

Durch eine zentrale Einbindung des Beweisens in die mathematischen Erfahrungen von Kindern haben diese mehr Möglichkeiten, sich intensiv mit Mathematik zu beschäftigen und sie als sinnstiftende Tätigkeit zu begreifen. Zudem werden sie in der Sekundarstufe nicht nur besser darauf vorbereitet, sich mit dem Beweisen zu beschäftigen, das sie als natürliche Erweiterung ihrer früheren mathematischen Erfahrungen betrachten, sondern auch eher in der Lage sein, auf disziplinierte Weise mathematisch zu argumentieren (Stylianides, 2016, S. 10).

Insbesondere das *inhaltlich-anschauliche Beweisen* kann in der Primarstufe umgesetzt werden (Peterßen, 2012, S. 20). Beim inhaltlich-anschaulichen Beweisen (Blum & Kirsch, 1991; Wittmann & Müller, 1988) geht man von einem konkreten, visuell wahrnehmbaren Gegenstand aus, an dem etwas Allgemeines

bewiesen wird. Durch geschulte Betrachtung kann dieser als Gegenstand allgemeinerer Art aufgefasst werden, wobei das Allgemeinere am Besonderen dieses Beispiels gedanklich eingesehen werden muss, um einen anschaulichen Beweis führen zu können. Eine Versprachlichung muss stattfinden, dass das zunächst subjektiv für allgemeingültig Befundene sozial geteilt und von anderen ggf. auch anerkannt werden kann (Wittmann & Ziegenbalg, 2007).

Von Lehrendenseite ist zu beachten: „Das Beweisen wird nicht gelehrt, sondern gelernt, und zwar durch Selbsttätigkeit. [...] An geeignetem Material, und das zu erstellen, ist die Aufgabe des Unterrichtsentwicklers.“ (Freudenthal, 1979, S. 197f.). Mit dem Ziel, solch geeignetes Material zu erstellen, werden im Projekt *Prim-E-Proof* Lernumgebungen mit digitalen Medien (u. a. Applets auf Tablet PCs) zur Unterstützung von Beweisfähigkeiten im Mathematikunterricht der Grundschule entwickelt. Dies kann im Rahmen von Lernumgebungen „bester Qualität“ (Wittmann, 1998, S. 337f.), sogenannter *substanzialer Lernumgebungen*, umgesetzt werden. Wittmann charakterisiert diese anhand von vier Kriterien: Sie müssen

1. zentrale Ziele, Inhalte und Prinzipien des Mathematikunterrichts repräsentieren,
2. reiche Möglichkeiten für mathematische Aktivitäten von Lernenden bieten,
3. flexibel sein und leicht an die speziellen Gegebenheiten einer bestimmten Klasse angepasst werden können sowie
4. mathematische, psychologische und pädagogische Aspekte des Lehrens und Lernens in einer ganzheitlichen Weise integrieren und daher ein weiteres Potential für empirische Forschungen bieten.

Nach Wittmann „[...] ist eine substanziale Lernumgebung prinzipiell offen. Nur die Schlüsselinformationen, die die Lehrperson am Beginn einer jeden Etappe gibt, sind fixiert. Die weitere Interaktion mit den Schülern und unter den Schülern bleibt offen.“ (ebd., S. 339). Bezogen auf das inhaltlich-anschauliche Beweisen stellt sich die Frage, wie solche Schlüsselinformationen bezogen auf eine Lernumgebung zum Beweisen aussehen können und wie offen die weitere Interaktion gestaltet sein sollte, um eine Beweistätigkeit anregen zu können.

In diesem Beitrag wird der Entwicklungsstand einer Lernumgebung zum inhaltlich-anschaulichen Beweisen vorgestellt. Mittels Design Science Research wird eine substanziale Lernumgebung, in der ein Applet (*Steinchen-Applet*, siehe Abschnitt 2.1) eingesetzt und entwickelt wird, erstellt. Eine Aufgabenstellung, die das Entdecken der Behauptung *die Summe zweier ungerader*

Zahlen ist immer gerade zulässt, wird mit Grundschulkindern in klinischen Interviews (Wittmann, 1998) durch Studierende, die speziell vorbereitet wurden, erprobt (Abschnitt 3). In der Aufgabe wird ein Bezug zu den Pythagoreern im Sinne eines historischen Exkurses (Krauthausen, 2018) herstellt, um das Wecken eines Beweisbedürfnisses zu unterstützen (Abschnitt 2). Im vorliegenden Beitrag wird betrachtet, welche Konstrukte (Abstraction in Context) Grundschüler:innen zur Begründung nutzen, um Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung des Applets und der Lernumgebung ziehen zu können (Abschnitt 4).

Abstraction in Context (AiC) stellt ein Modell verschachtelter epistemischer Aktionen bereit, um auf mikroanalytischer Ebene Lernprozesse zu untersuchen, die (für den Lernenden) zu neuen Konstrukten (Konzepten, Strategien, usw.) führen. Die Genese der Abstraktion durchläuft dabei einen dreistufigen Prozess: die Notwendigkeit eines neuen Konstrukts, die Entstehung des neuen Konstrukts und seine Festigung. Eine a-priori-Analyse nach AiC für die gegebene Beweisaufgabe wurde in Platz (2020a) durchgeführt.

2. Die Lernumgebung *Die Pythagoreer*

Im Folgenden werden die zentralen Aufgabenstellungen der Lernumgebung mit Bezug zu den Kriterien substanzialer Lernumgebungen nach Wittmann (1998) vorgestellt:

1. *Was war nochmal eine gerade Zahl und was war eine ungerade Zahl?*
Mit dieser Fragestellung soll an das Vorwissen der Kinder angeknüpft werden, um eine Anpassung an die speziellen Gegebenheiten einer bestimmten Klasse bzw. bestimmter Schüler:innen (Kriterium 3) zu ermöglichen.
2. *Früher wurden statt Wendeplättchen Rechensteine zum Rechnen verwendet. Die Pythagoreer haben die Rechensteine zweckentfremdet, um mathematische Beweise – unter anderem zu geraden und ungeraden Zahlen – zu führen. Diese Rechensteine der Pythagoreer wurden in diesem Applet weiterentwickelt. Ich zeige Dir mal, was das Applet alles kann.*
Wie könnten die Pythagoreer gerade und ungerade Zahlen mit Steinchen dargestellt haben?

Um eine Abwehrreaktion gegenüber der Lernumgebung (Platz, 2020b) zu vermeiden und ein Beweisbedürfnis wecken zu können und somit reiche Möglichkeiten für mathematische Aktivitäten von Lernenden zu bieten (Kriterium 2), wurde diese in einen historischen Exkurs (Krauthausen, 2018) eingebettet. Es wird ein Bezug zum Mathematiktreiben der Py-

thagoreer hergestellt, um die Kinder erfahren zu lassen „[...] , dass die ‚Erfinder‘ der Mathematik damals vergleichbare Werkzeuge benutzten wie wir heute.“ (S. 330). Dadurch kann der Werkzeug-Charakter zum Tragen kommen, sodass „[...] die Werkzeuge nicht als solche einen Teil des Problems darstellen.“ (Krauthausen, 2001, S. 106) Um dies zu ermöglichen, müssen zunächst die Funktionen des Applets erläutert werden, denn „der Umgang mit den Apps und den enthaltenen Potentialen muss – wie bei jedem anderen (physischen) Arbeitsmittel auch – erlernt werden.“ (Walter, 2018, S. 279)

3. *Addiere immer zwei ungerade Zahlen. Was fällt dir auf?*

Bezold (2009, S. 37) gibt in einer Argumentationskette einen Überblick über vier Aktivitäten oder Schritte, die als Voraussetzung fungieren (können) sowie über explizite argumentative Tätigkeit. Die ersten beiden Aktivitäten werden durch diese Aufgabe angeregt: das Entdecken von mathematischen Besonderheiten (Voraussetzung nach Bezold, 2009) und das Beschreiben von Entdeckungen als Schritt 1 der expliziten argumentativen Tätigkeit.

4. *Warum ist das so? Begründe!*

Schritt 2 der Argumentationskette nach Bezold (2009), das Hinterfragen von Entdeckungen, und Schritt 3, das Finden von Begründungen bzw. Begründungsideen mathematischer Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge, werden angeregt. Dieser letzte Schritt kann noch durch das „Finden inhaltlich-anschaulicher Beweise“ (ebd., S. 38) ergänzt werden. In dieser Lernumgebung wird somit die fundamentale Idee des Beweisens (Wittmann, 2014, S. 214) aufgegriffen und es werden zentrale Ziele, Inhalte und Prinzipien des Mathematikunterrichts repräsentiert (*Kriterium 1*). Beim Führen des Beweises können insbesondere beim Entdecken der Muster die Ästhetik und Schönheit der Mathematik erfahren werden (Wittmann, 2004, S. 51). Wie oben bereits erwähnt, muss das inhaltlich-anschauliche Beweisen versprachlicht und kommuniziert werden (Wittmann & Ziegenbalg, 2007). Dadurch werden mathematische, psychologische und pädagogische Aspekte des Lehrens und Lernens in einer ganzheitlichen Weise integriert und es wird ein weites Potential für empirische Forschungen geboten (*Kriterium 4*).

2.1 Status quo des Applets

Das *Steinchen-Applet*¹ (Platz, 2020c) ermöglicht es Einer-Plättchen, Zweier-, Fünfer- oder Zehnerstangen zu verwenden, indem diese über drag'n'drop auf den Arbeitsbereich gezogen werden. Diese können mittels Touch-Handlungen verschoben und gedreht werden. Im Unterschied zum analogen Material können die Plättchenmengen automatisiert zu einem Rechteck (bzw. *Doppelreihen/Doppelreihen mit Nase*) angeordnet werden. Zudem können die Plättchen gruppiert werden und gruppierte Plättchenmengen können wieder in einzelne Plättchen zerlegt werden. Die Farben können geändert werden und es können mit einem Stift-Tool Zeichnungen ergänzt werden. Eine Gitterstruktur im Hintergrund dient als Strukturierungshilfe. Einzelne Elemente können gelöscht werden oder die gesamte Arbeitsfläche kann geleert werden. Eine Screenshot-Funktion ermöglicht das Dokumentieren der Arbeitsfläche. Da das Applet als direkter Ersatz des analogen Materials mit funktionaler Verbesserung bzw. Veränderung dient, handelt es sich um eine *Augmentation* nach dem SAMR-Modell (Puentedura, 2010).



2.2 Fokus Lernbegleitung

Da Beweisen eine komplexe Tätigkeit ist, ist eine gute Lernbegleitung essenziell. In der Literatur werden verschiedene erschwerende Aspekte sowie mögli-

1 Funktionsübersicht: https://www.melanie-platz.com/Funktionen_Steinchen-Applet.pdf

che Unterstützungsmöglichkeiten genannt. Im Folgenden wird eine Auswahl vorgestellt.

Die *Unterscheidung von Behauptung und Voraussetzung* fällt vielen Lernenden schwer (Brunner, 2014, S. 85). Ein eigenständiges Entdecken der Behauptung kann motivierend wirken, was durch die Aufgabenstellungen der Lernumgebung angeregt werden soll. Sollten Schüler:innen einen anderen Allgemeinheitsgrad der Behauptung oder falsche Verallgemeinerungen finden, kann das Vergleichen mit einer falschen Modifikation (etwa einer zu weit gehenden Verallgemeinerung) der Behauptung oder das Herausstellen der Fraglichkeit dieser durch Herausfordern zu Gegenbeispielen hilfreich sein (Krumsdorf, 2015, S. 356). Um Schüler:innen bei der Unterscheidung von Behauptung und Voraussetzung zu unterstützen, sollte herausgearbeitet werden, inwiefern sich diese beiden Bestandteile unterscheiden, welche Bedeutung sie für einen Beweis haben und wie sie zusammenhängen. Dadurch kann auch die Vermeidung des Zirkelschlusses (ein Beweisfehler, bei dem die Voraussetzungen das zu Beweisende schon enthalten) unterstützt werden (Brunner, 2014, S. 88).

Eine weitere Schwierigkeit kann die *fehlende Geläufigkeit adäquater Werkzeuge* sein (Krauthausen, 2001, S. 106) sowie die Deutungsoffenheit figuraler Darstellungen (Krumsdorf, 2015, S. 347), da Plättchenbeweise nicht unmittelbar evident sind. Hier kann die Schulung der flexiblen Wahrnehmung verschiedener Zustände (eine Darstellung, verschiedene Sichtweisen) unterstützend wirken. Vorerfahrungen mit den genutzten Arbeitsmitteln/Werkzeugen müssen vorhanden sein, sodass der Werkzeug-Charakter zum Tragen kommen kann. Um einer Fixierung auf ein Werkzeug (Krauthausen, 2001, S. 107) entgegenzuwirken, kann zusätzlich zum Applet eine Auswahl geeigneter Materialien oder Darstellungen (z. B. Plättchen, Cuisenaire-Stäbe, etc.) zur Verfügung gestellt werden. Zudem kann es hilfreich sein, wenn dieselbe Situation anhand verschiedener Darstellungen erfahren und explizit verglichen werden kann (ebd.).

„Sich von Beispielen zu lösen, also die Wirkungen von Operationen, wie es das inhaltlich-anschauliche Beweisen vorsieht, verallgemeinernd darzustellen, konfrontiert Grundschulkinder mit einem Problem, das sie spontan und ohne Unterstützung nicht bewältigen können.“ (Sturm, 2018, S. 78) Falls Schüler:innen beim *wiederholten induktiven Prüfen* verbleiben, kann es unterstützend wirken die Kinder selbst Stellung zum induktiven Prüfen beziehen zu lassen: *was einmal, zweimal, dreimal ... gilt, gilt immer?* (Krumsdorf, 2015, S. 355). Ein nicht zu trivial gewähltes Zahlenbeispiel im Sinne der *Big Numbers* (Martin & Harel, 1989), also der Umgang mit großen (oder je nach Beispiel besonders kleinen) oder unhandlichen Zahlen, kann helfen, das Augenmerk auf

die strukturellen Aspekte der Aufgabenstellung zu verschieben (Krummsdorf, 2015, S. 353). Wichtig ist, dass nicht die Quantität, sondern die Qualität der Beispiele entscheidend ist (Goldberg, 1992). In diesem Zusammenhang könnte man zudem die Kinder zum Beweisen an imaginierten, bloß noch vorgestellten Beispielen ermutigen. Zudem kann es helfen, passende beispielgebundene Beweisgänge (Zugänge) auszuwählen, die man den Lernenden als Alternativen anbieten kann. Man sollte nicht bei der Frage bleiben: *Warum gilt das immer?*, sondern den jeweiligen Verallgemeinerungsgrad der Behauptung oder der Konklusion eines Teilaruments mitbenennen (Krummsdorf, 2015, S. 354). Hier kann es sinnvoll sein, einen minimalen fachlichen Konsens anzustreben, indem zuerst die zentralen fachlichen Konzepte und Begriffe, die benötigt werden, im gemeinsamen Gespräch geklärt werden und so die geteilte Bedeutung zum Problemkontext sichergestellt wird (Brunner, 2014, S. 89). Auch sollten die Bezeichnungen von Kindern übernommen werden (Krummsdorf, 2015, S. 351) und man sollte ihnen hinreichend Zeit geben, ihren Weg mit möglichst wenig Lehrerunterstützung gehen zu können. Bei einer solchen Lernbegleitung ist zentral, dass Lehrpersonen die notwendige *fundierte Kenntnis über die spezifische Sachlage* haben,

[...] zudem den Überblick über die Vielfalt der zu dem aktuellen Problem gehörenden möglichen Ergebnisse und Strategien, so dass sie imstande sind, die Aktivitäten der Kinder durch geeignete nicht zu weit gehende Impulse zu unterstützen und zu ergänzen und den Kindern eine ergiebige Quelle für verlässliche sachliche Informationen zu sein. (Wollring, 2008, S. 2)

3. Erprobung der Lernumgebung

Die Lernumgebung wurde im Rahmen klinischer Interviews erprobt. Die Führung eines klinischen Interviews, bei dem nur die Schlüsselfragen definiert sind und die Auflage besteht, dem Denken der Kinder zu folgen, ist vom Grundsatz her analog zur Unterrichtsführung bei der Umsetzung einer substantiellen Lernumgebung (Wittmann, 1998). Die erhobenen Daten können Aufschluss „[...] über Lehr-/Lernprozesse, Denkprozesse und Lernfortschritte von Schülerinnen und Schülern [geben] [...]. Andererseits helfen sie, die Lernumgebungen zu evaluieren und zu revidieren, um Lehr-/Lernprozesse noch effektiver gestalten zu können“ (ebd., S. 339).

Die in Abschnitt 2 beschriebenen Aufgabenstellungen wurden in einem Seminar mit Lehramtsstudierenden der WWU Münster im Wintersemester 2020/21 sowie an der PH Tirol im Sommersemester 2021 erprobt.

Da im Rahmen von Vorversionen der Lernumgebung (Platz, 2020d) stark angeleitet und somit die Kreativität der Kinder eingeschränkt wurde, stellt sich die Frage, ob eine solche Anleitung und die Vorgabe von Konstrukten notwendig sind oder ob Kinder in der Lage sind, selbstständig auf Basis ihres Vorwissens Konstrukte zu entwickeln, die zu Beweistätigkeiten führen können. Folgende Frage wird fokussiert: *Wie beweisen Kinder ohne Vorgabe von Konstrukten in einer Lernumgebung, in der digitale Medien eingesetzt werden?*

Eine multiple Fallstudie (Yin, 2018) mit qualitativen Erhebungs- und Auswertungsmethoden wurde durchgeführt. Bei der Durchführung wendeten die Studierenden gezielt Unterstützungsmöglichkeiten (Abschnitt 2.2) abhängig von der Beweisphase an und versuchten dabei nicht zu stark einzugreifen oder Konstrukte vorzugeben. Die Studierenden videographierten die Interviews und transkribierten diese. Die Auswertung des Bild- und Textmaterials erfolgte mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2015). Ein Kategorien- system wurde theoriegeleitet erarbeitet (in Anlehnung an Platz, 2020a) und am Material induktiv weiterentwickelt. Bei der Auswertung wurden durch die Kinder selbstständig entwickelte Konstrukte, die für den Beweisversuch verwendet wurden, fokussiert. 19 klinische Interviews mit nordrhein-westfälischen und Tiroler Schülerinnen und Schülern der Klassenstufen 1–4 wurden durchgeführt. Bei drei Kindern wurde stark angeleitet, indem Konstrukte vorgegeben wurden. Das Vorgehen eines Kindes konnte kein Konstrukt erkennen lassen und es glaubte nicht daran, dass die Behauptung immer gilt. So werden im Folgenden die Konstrukte, die in die Beweistätigkeiten von 15 Kindern hineinge deutet werden können, beschrieben. Zur Einordnung der Lösungen werden Balacheffs (1991) allgemein anerkannte (u. a. Almeida, 2001, S. 54) Beweisstufen verwendet:

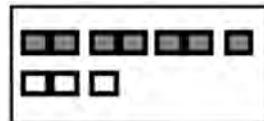
1. *naive Empirie*: Verifizierung einer Aussage auf der Grundlage der Beweiskraft einer Reihe von Fällen
2. *entscheidendes Experiment*: Überprüfung einer Aussage durch den Nachweis ihrer Gültigkeit in einem typischen Fall (eine vergebliche Suche nach Gegenbeispielen)
3. *generisches Beispiel*: Überprüfung einer Aussage durch Berufung auf die strukturellen Eigenschaften der Mathematik anhand eines allgemeinen Beispiels
4. *Gedankenexperiment*: Verifizierung einer Aussage durch Berufung auf die strukturellen Eigenschaften der Mathematik unabhängig von Beispielen, Person und Zeit.

Beweise auf den Stufen 3 und 4 können als gültig angesehen werden.

Es werden zunächst idealtypische exemplarische inhaltlich-anschauliche Beweise dargestellt (*Tabellen 1–3*), anschließend werden jeweils die Besonderheiten bei den Konstrukten sowie mögliche Schwierigkeiten beschrieben. Die idealtypischen Begründungszusammenhänge sind jeweils ein inhaltlich-anschaulicher Beweis, da die Begründung am Bild mit folgerichtigen Argumenten arbeitet, die Stützungen werden jedoch nicht aus dem formalen System, sondern aus Bildern oder realitätsbezogenen Erwägungen o. Ä. gezogen (Meyer & Prediger, 2009). Die Begründung besteht folglich aus einer Kette von korrekten Schlüssen, die auf nicht-formale Prämissen zurückgreifen (Blum & Kirsch, 1991). Die Begründung kann somit als stichhaltig gewertet werden, da die „Operationen allgemein ausführbar sind, unabhängig von speziellen Beispielen, an denen sie demonstriert werden.“ (Wittmann, 2014, S. 226). Gegeben sind im Folgenden jeweils zwei ungerade (natürliche) Zahlen. Zahlen können durch Plättchen dargestellt werden.

3.1 Paarbildung

Tabelle 1: Paarbildung

<p>Wenn man Paare aus den Plättchen bildet und kein Plättchen am Ende übrigbleibt, ist es eine gerade Zahl. Wenn ein Plättchen übrigbleibt, ist es eine ungerade Zahl.</p>	
<p>Wenn man zwei ungerade Zahlen addiert, bilden die zwei einzelnen verschiedenfarbigen Plättchen ein Paar. Da dann kein Plättchen übrigbleibt, handelt es sich um eine gerade Zahl.</p>	
<p>Egal wie viele Plättchenpaare man dazulegt oder wegnimmt, die Ausgangszahlen bleiben ungerade und die Summe bleibt gerade.</p>	

Vier Schüler:innen nutzen dieses Konstrukt. Jeweils ein Kind aus Klassenstufe 3 und 4 argumentierte empirisch (*Stufe 2*), ersteres glaubte jedoch nicht daran, dass die Behauptung immer gilt. Jeweils ein Kind aus Klassenstufe 1 und 4 erbrachte einen Beweis durch Gedankenexperiment (*Stufe 4*).

Besonders war, dass die Plättchen nicht immer zu Paaren zusammengezogen wurden, sondern entweder durch Einkreisen mit dem Stift markiert wurden oder indem jedes zweite Plättchen markiert wurde.

Das Kind aus Klassenstufe 1 beschrieb gerade Zahlen als solche, die man in Zweierschritten abzählen könne und ungerade als solche, bei denen das nicht

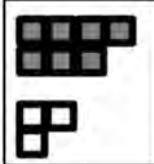
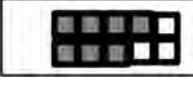
funktioniert, weil dann ein Plättchen fehlt. Aus mathematischer Perspektive interpretiert, beschrieb das Kind statt mit $2n + 1$ mit $n \in \mathbb{N}_0$ die ungeraden (natürlichen) Zahlen also durch $2n + 1$ mit $n \in \mathbb{N}$.

Schwierigkeiten können bei diesem Konstrukt auftreten, falls die Kinder mittels 1-zu-1-Zuordnung verschiedenfarbige Plättchen einander zuordnen (falls z. B. gelernt wurde, dass es sich um eine gerade Zahl handelt, wenn gerecht geteilt wurde, und um eine ungerade Zahl, wenn ungerecht geteilt wurde). Je nach Summanden könnte mehr als ein Plättchen nach Summenbildung übrigbleiben, der Verteilungsprozess wäre also noch nicht abgeschlossen (Platz, 2020b).

3.2 Doppelreihen

Zwei Schüler:innen nutzten dieses Konstrukt. Ein Kind aus Klassenstufe 4 begründete durch die Überprüfung einer Aussage durch Berufung auf die strukturellen Eigenschaften der Mathematik anhand eines allgemeinen Beispiels (*Stufe 3*). Das andere Kind (Klassenstufe 1) begründete empirisch (*Stufe 1*), indem es ein Montessori-Verfahren nutzte, bei dem bei den ungeraden Zahlen das einzelne Plättchen über der Doppelreihe zentriert wird. Kann man nun mit dem Stift eine Linie durch die Doppelreihe ziehen, so ist die Zahl gerade, behindert das letzte Plättchen den Stift, ist die Zahl ungerade (Weinhäupl & Neuhauser, 2019, S. 20).

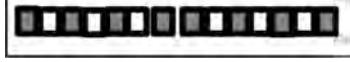
Tabelle 2: Doppelreihe

<p>Wenn man Doppelreihen aus den Plättchen bildet und kein Plättchen am Ende übrigbleibt, ist es eine gerade Zahl. Wenn ein Plättchen übrigbleibt, ist es eine ungerade Zahl. „Eine ungerade Zahl lässt sich nicht als Doppelreihe darstellen, es bleibt stets eine ‚Nase‘ übrig“ (Krauthausen, 2018, S. 330f.).</p>	
<p>Bei der Darstellung der Addition zweier durch Doppelreihe mit Nase dargestellter ungerader Zahlen ergibt sich durch geschicktes (verdrehtes) Zusammenfügen eine Doppelreihe ohne Nase, also eine gerade Zahl (Krauthausen, 2018).</p>	
<p>Wenn man nun die Doppelreihen verlängert oder verkürzt, bleiben die Ausgangszahlen ungerade und die Summe bleibt gerade.</p>	

3.3 Symmetrische Anordnung

Sechs Schüler:innen nutzten dieses Konstrukt. Besonders war, dass kein Kind die Plättchen im Farbwechsel legte, sondern die beiden Summanden zumeist untereinander oder nebeneinander gelegt und Plättchen des größeren Summanden an den kleineren Summanden angelegt wurden (Nutzung der Konstanz der Summe), bis die beiden Plättchenreihen gleich lang waren. Einige Kinder zeichneten sogar eine Spiegelachse ein. Wichtig schien den Kindern die Spiegelsymmetrie zu sein, weshalb die Summanden nicht in unterschiedlichen Farben dargestellt wurden, sondern einfarbig, was ein Identifizieren der ursprünglichen (ungeraden) Summanden im Nachhinein erschwerte.

Tabelle 3: Symmetrische Anordnung

<p>„Fünfjährige legen ‚Schlangen‘ mit Merkmalsklötzen. Eine spezielle Konstruktionsvorschrift (Farbwechsel rot – blau von Klotz zu Klotz) schafft Situationen, in denen das Kind entdeckt: Bei rbrbr liegt ein roter Klotz genau in der Mitte. Bei rbrbrbrb gibt es keine Mitte!“ (Kothe, 1979, S. 277).</p>	
<p>So können die Kinder diese Darstellung verwenden, um zu verstehen, dass es im Fall der Summe zweier ungerader Zahlen keine Mitte gibt (Kothe, 1979).</p>	
<p>Vergrößert man nun eine Zahl um 2, so werden insgesamt 2 Plättchen hinzugefügt, die aus Symmetriegründen so angeordnet werden, dass ein Plättchen auf der einen Seite der „Schlange“ und eins auf der anderen Seite hinzugefügt (oder weggenommen) wird. Die „Mitte“ bleibt trotzdem erhalten, die Zahl bleibt also immer gerade.</p>	

Vier Kinder (Klasse 2, 3 & 4) begründeten empirisch, zwei (Klasse 3 & 4) begründeten mittels generischen Beispiels (Stufe 3). Ein Kind (Klasse 4) versuchte immer wieder auf die *Kraft der 5* zurückzugreifen, was eine für das vorliegende Problem sinnvolle Strukturierung erschwerte.

3.4 Weitere Konstrukte

Ein Kind (Klasse 3) legte eine Doppelreihe mit Nase und ergänzte das Muster mit den Plättchen des zweiten Summanden, indem nach der Seitenlänge 4 in der nächsten Zeile weitergelegt wurde. Die Begründung blieb empirisch (Stufe 2). Eine Verallgemeinerung ist hier schwierig. Evtl. zielte das Kind auf den Flächeninhalt des Rechtecks ab: In Bezug auf figurierte Zahlen beschreibt Lambert (2012)

die historisch verankerte Nutzung konstruktiv-geometrischer symbolischer Methoden, die beinhalten, „[...] , dass sich Produkte zweier Zahlen als Arithmetik und Geometrie vernetzend als durch Flächeninhalte von Rechtecken verbal-begrifflich und konstruktiv-geometrisch darstellen lassen.“ (Lambert, 2012, S. 22). So ließe sich jede gerade natürliche Zahl durch ein Rechteck mit gerader Seitenlänge, bzw. insbesondere, bei dem eine Seitenlänge 2 beträgt, darstellen.

Zwei Kinder (Klasse 1 & 4) versuchten darüber zu argumentieren, dass ungerade Zahlen bei Division durch 2 den Rest 1 lassen. Auch hier blieb die Begründung empirisch (*Stufe 1*), ein möglicher Beweis könnte folgendermaßen aussehen:

Tabelle 4: Division mit Rest

<i>Wenn eine natürliche Zahl bei Division durch 2 den Rest 1 lässt, ist es eine ungerade Zahl. Bleibt kein Rest, ist es eine gerade Zahl.</i>	Zerlegungsschreibweise: Ungerade Zahl $\heartsuit = 2 \cdot \clubsuit + 1$ Gerade Zahl $\star = 2 \cdot \clubsuit$
<i>Addiert man zwei ungerade Zahlen, ist die Summe der Reste 2.</i>	$(2 \cdot \heartsuit + 1) + (2 \cdot \clubsuit + 1) = 2 \cdot (\heartsuit + \clubsuit) + 2$
<i>Bei Division durch 2 bleibt dann kein Rest, es handelt sich um eine gerade Zahl.</i>	$2 \cdot (\heartsuit + \clubsuit) + 2 = 2 \cdot (\heartsuit + \clubsuit + 1)$

Dieses Konstrukt ist für Grundschulkinder sicherlich nicht einfach nachzuvollziehen, obwohl Krumsdorf (2015) feststellte, dass sich in einer rein arithmetischen Darstellung die Verwendung von Platzhaltern angeboten hat, um ein Ablösen von Beispielzahlen zu unterstützen.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wurde die Frage *Wie beweisen Kinder ohne Vorgabe von Konstrukten in einer Lernumgebung, in der digitale Medien eingesetzt werden? fokussiert.*

Die Beweistätigkeiten von 15 Grundschulkindern, die selbständig Konstrukte entwickelten, deuten darauf hin, dass eine Vorgabe von Konstrukten nicht notwendig ist bzw. evtl. als Differenzierungsmaßnahme eingesetzt werden kann.

Bezogen auf die Funktionsweisen des Applets wurden von den Kindern intuitiv insbesondere das Einfärben, Verschieben, Drehen, Gruppieren und Zerlegen sowie die Stiftfunktion genutzt. Eine Einschränkung stellte die Begrenzung der Arbeitsfläche dar, weshalb Zeilenumbrüche notwendig wurden. Eine Zoom-Funktion könnte deshalb hilfreich sein. Um Kinder in ihren Konstrukten zu unterstützen, könnte eine Copy-Paste-Funktion (z.B. zur Unterstützung der

Verallgemeinerung von *Konstrukt 3.1: Paarbildung – egal wie viele Plättchenpaare man dazulegt oder wegnimmt, die Ausgangszahlen bleiben ungerade und die Summe bleibt gerade*) und eine Spiegelfunktion (*Konstrukt 3.3: symmetrische Anordnung*) in das Applet implementiert werden. Evtl. könnten auch Auswahloptionen implementiert werden, um zu ermöglichen, dass mit anderen Darstellungen, die den Kindern geläufiger sind, gearbeitet werden kann (z. B. *Konstrukt 3.4: Division mit Rest*) sowie an Aufgabenstellungen oder Beispielen, die andere Vorgehensweisen und Strukturierungen zulassen. Neben der Darstellung spielt auch die Wahl der Beispiele (z. B. im Sinne der Big Numbers; Martin & Harel, 1989) eine Rolle, die ggf. ebenfalls durch das Applet unterstützt werden könnte.

Zehn der 15 Kinder begründeten empirisch, fünf erbrachten gültige Begründungen. Ein Unterschied zwischen den Klassenstufen konnte nicht festgestellt werden. Eine Förderung der Begründungskompetenz kann im Rahmen einer punktuell eingesetzten Lernumgebung auch kaum erfolgen. Wichtige Aspekte für die Entwicklung der Begründungskompetenz und eines subjektiven Begründungsbedürfnisses (Peterßen, 2012, S. 86f.) stellen

- das *entdeckende Lernen als Unterrichtsprinzip* und die *Verwendung guter Aufgaben*, was durch eine substanzielle Lernumgebung gewährleistet sein sollte,
- die *fachliche Kompetenz der Lehrkräfte*, was durch die Vorbereitung mit Fokus auf der Lernbegleitung (Abschnitt, 2.2) sowie die Bewusstmachung typischer Konstrukte, die die Kinder anwenden (Abschnitt 3) sowie die
- *Regelmäßigkeit und Kommunikation*

dar.

Um eine Begründungskultur zu etablieren, sollten Anlässe zur Reflexion von Begründungen angeboten werden, da Kinder verstehen müssen, was von einer Begründung verlangt wird, d. h. welche Begründung wann und warum akzeptiert oder abgelehnt wird. Nicht nur die Begründungskompetenz sollte zum Gegenstand des Unterrichts gemacht werden, sondern auch Begründungen an sich und ihre jeweilige Überzeugungskraft (Peterßen, 2012, S. 348).

Literatur

- Almeida, D. (2001). Pupils' proof potential. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 32(1), 53–60. <https://doi.org/10.1080/00207390119535>
- Balacheff, N. (1991). The benefits and limits of social interaction: The case of mathematical proof. In A. J. Bishop, S. Mellin-Olsen, J. Dormolen van (Eds.), *Mathe-*

- matical knowledge: Its growth through teaching* (S. 173–192). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-017-2195-0_9
- Bezold, A. (2009). *Förderung von Argumentationskompetenzen durch selbstdifferenzierende Lernangebote*. Dr. Kovač. <https://doi.org/10.1007/BF03339083>
- Blum, W. & Kirsch, A. (1991). Preformal proving: Examples and reflections. *Educational Studies in Mathematics*, 22(2), 183–203. <https://doi.org/10.1007/BF00555722>
- Brunner, E. (2014). *Mathematisches Argumentieren, Begründen und Beweisen*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41864-8>
- Freudenthal, H. (1979). Konstruieren, Reflektieren, Beweisen in phänomenologischer Sicht. In W. Dörfler & R. Fischer (Hrsg.), *Beweisen im Mathematikunterricht* (S. 183–200). Hölder-Pichler-Tempsky.
- Goldberg, E. (1992). Beweisen im Mathematikunterricht der Sekundarstufe I. Ergebnisse – Schwierigkeiten – Möglichkeiten. *Der Mathematikunterricht*, 6, 33–46.
- Kothe, S. (1979). Gibt es Entwicklungsmöglichkeiten für ein Beweisbedürfnis in den ersten Schuljahren? In W. Dörfler & R. Fischer (Eds.), *Beweisen im Mathematikunterricht* (S. 275–282). Hölder-Pichler-Tempsky.
- Krauthausen, G. (2001). „Wann fängt das Beweisen an? Jedenfalls, ehe es einen Namen hat.“ In Weiser, W. & Wollring, B. (Hrsg.), *Beiträge zur Didaktik der Mathematik in der Primarstufe* (S. 99–113). Dr. Kovač.
- Krauthausen, G. (2018). *Einführung in die Mathematikdidaktik – Grundschule*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54692-5>
- Krumsdorf, J. (2015). *Beispielgebundenes Beweisen*. (Dissertationsschrift, Univ. Münster).
- Lambert, A. (2012). Was soll das bedeuten?: Enaktiv – ikonisch – symbolisch. An-eignungsformen beim Geometrielernen. In A. Filler & M. Ludwig (Hrsg.), *Vernetzungen und Anwendungen im Geometriunterricht* (S. 5–32). Franzbecker.
- Martin, W. & Harel, G. (1989). Proof Frames of Preservice Elementary Teachers. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20, 41–51. <https://doi.org/10.2307/749097>
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Beltz. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0_38
- Meyer, M. & Prediger, S. (2009). Warum? Argumentieren, begründen, beweisen. *Praxis der Mathematik in der Schule*, 51(30), 1–7.
- Peterßen, K. (2012). *Begründungskultur im Mathematikunterricht der Grundschule*. Franzbecker.
- Platz, M. (2020a). Abstraction in Context zur Optimierung einer Lernumgebung zum präformalen Beweisen mit digitalen Medien in der Primarstufe. In S. Ladel, R. Rink, C. Schreiber & D. Walter (Hrsg.), *Beiträge zum 6. Band der Reihe „Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien“* (S. 37–53). WTM. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871747.0.04>

- Platz, M. (2020b). Lernumgebungen mit digitalen Medien zur Unterstützung von Argumentations- und Beweiskompetenzen in der Primarstufe – Der aktuelle Stand des Projektes „Prim-E-Proof“. In B. Brandt, L. Bröll & H. Dausend (Hrsg.), *Digitales Lernen in der Grundschule II* (S. 258–274). Waxmann.
- Platz, M. (2020c). *Steinchen-Applet*. melanie-platz.com. Abgerufen am 18.03.2022, von <https://www.melanie-platz.com/Steinchen-Applet/Steinchen.html>
- Platz M. (2020d) „Forscher spielen“ und mathematisches Beweisen in der Primarstufe. *transfer Forschung – Schule* 6, 30–43.
- Puentedura, R. (2010). *SAMR and TPCK: Intro to advanced practice*. Abgerufen am 18.03.2022, von http://hippasus.com/resources/sweden2010/SAMR_TPCK_IntroToAdvancedPractice.pdf
- Sturm, N. (2018). *Problemhafte Textaufgaben lösen: Einfluss eines Repräsentationstrainings auf den Lösungsprozess von Drittklässlern*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-21398-5>
- Stylianides, A. J. (2016). *Proving in the elementary mathematics classroom*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198723066.001.0001>
- Walter, D. (2018). *Nutzungsweisen bei der Verwendung von Tablet-Apps*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-19067-5>
- Weinhäupl, W. & Neuhauser, M. (2019). *Montessori – einfach klar!* Weinhäupl.
- Wittmann, E. Ch. (1998). Design und Erforschung von Lernumgebungen als Kern der Mathematikdidaktik. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 16(3), 329–342.
- Wittmann, E. Ch. (2004). Design von Lernumgebungen zur mathematischen Frühförderung. In G. Faust, Götz, M., Hacker, H. & H. G. Roßbach, H. G. (Hrsg.), *Anschlussfähige Bildungsprozesse im Elementar- und Primarbereich* (S. 49–63). Klinkhardt.
- Wittmann, E. Ch. (2014). Operative Beweise in der Schul- und Elementarmathematik. *mathematica didactica*, 37, 213–232.
- Wittmann, E. Ch. & Müller, G. (1988). Wann ist ein Beweis ein Beweis? In P. Bender (Hrsg.), *Mathematikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 237–257). Cornelsen.
- Wittmann, E. & Ziegenbalg, J. (2007). Sich Zahl um Zahl hochhangeln. In G. N. Müller, H. Steinbring & E. C. Wittmann (Hrsg.), *Arithmetik als Prozess* (S. 35–53). Seelze: Kallmeyer.
- Wollring, B. (2008). Zur Kennzeichnung von Lernumgebungen für den Mathematikunterricht in der Grundschule. In Kasseler Forschergruppe (Hrsg.), *Lernumgebungen auf dem Prüfstand. Bericht 2 der Kasseler Forschergruppe Empirische Bildungsforschung Lehren – Lernen – Literacy* (S. 9–26). Kassel: kassel university press GmbH.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and Applications: Design and methods*. Sage.

Escape Rooms

Spielend lernen im Sachunterricht

Abstract

Escape Rooms erfreuen sich auch im Bildungskontext einer immer größeren Beliebtheit. Im Beitrag werden Chancen und Grenzen des Einsatzes im Grundschulunterricht thematisiert sowie in Verbindung mit der Webseite LearningApps.org eine Option aufgezeigt, wie ein Escape Room zum Thema Wald für den Sachunterricht selbst erstellt werden kann.

1. Einleitung

Als Touristenangebot im Urlaub, zur Weihnachtsfeier, als Brettspiel oder auch online – Escape Rooms begegnet man mittlerweile überall. Es handelt sich dabei um eine kooperative Spielform, welche das Lösen einer komplexen Aufgabe zum Ziel hat. Bei Live-Escape Rooms wird man als Gruppe in einen Raum eingesperrt, in welchem es zahlreiche Rätsel zu lösen gilt, um innerhalb einer bestimmten Zeit den Schlüssel für den Ausgang zu finden. Dabei sind Absprachen, logisches Denken und das Lösen von kniffligen Rätseln der Weg zum Erfolg. Die Gruppe hat verloren, wenn sie es innerhalb der vorgegebenen Zeit nicht schafft, aus dem Raum zu entkommen und die geforderte Aufgabe zu lösen.

Mittlerweile gibt es Escape Rooms auch für den Einsatz im Unterricht. Was genau einen Escape Room ausmacht, warum Escape Rooms eine Bereicherung für den Unterricht sind und wie digitale Medien einbezogen werden können, soll im Folgenden erläutert werden. Anknüpfend daran wird ein Escape Room für die vierte Klasse zum Thema Wald vorgestellt und der Medieneinsatz der Webseite LearningApps.org (<https://learningapps.org/>) erläutert.

2. Was ist ein Escape Room?

Die Idee für Escape Rooms, wie sie heute vorzufinden sind, ist 2007 in Japan entstanden (Nicholson, 2015). Der Ablauf ist typischerweise so: Die Spielgruppe wird in einem Raum eingeschlossen, es wird eine kurze Geschichte erzählt und nach dem Start eines Timers hat die Gruppe eine Stunde Zeit, um den Schlüssel für den Ausgang zu finden. Dazu müssen die Spielerinnen und Spieler den Raum durchsuchen und versteckte Teile, Hinweise und Rätsel zunächst finden, dann den Zusammenhang erkennen und die Rätsel lösen. Oftmals ist die Lösung ein Zahlencode, mit welchem sich ein Safe oder das Zahlenschloss einer Kiste öffnen lässt. In diesen sind dann wieder neue Rätselhinweise zu finden, welche für das nächste Schloss benötigt werden, bis schlussendlich der finale Schlüssel gefunden und die Tür geöffnet werden kann. Die Rätsel sind dabei so konzipiert, dass sie durch logisches Denken und Kombinieren gelöst werden können. Spezielles Wissen oder Allgemeinwissen werden nicht benötigt. Damit die Spielgruppe alle Rätsel innerhalb der Zeit lösen kann, sind Absprache und Teamwork gefragt. Eine gute Kommunikation und eine sinnvolle Arbeitsteilung helfen ebenso wie der Austausch über verschiedene Ideen und Lösungsvorschläge.

Die eben beschriebenen Live-Escape Rooms sind die *klassische* Variante. Durch ihre zunehmende Beliebtheit wurden auch Hersteller von Gesellschaftsspielen auf das Konzept aufmerksam. Diese entwickelten daraufhin auch Escape Rooms in Form von Brettspielen und Büchern für den häuslichen Gebrauch. Auch hier gilt es logische Rätsel zu lösen, um schnellstmöglich ein Spielziel zu erreichen.

3. Escape Rooms im Sachunterricht

Um die Relevanz für den Einsatz im Unterricht zu erläutern, ist es sinnvoll, aus schulischer Perspektive zu beleuchten, was ein Escape Room ist. Bei einem Escape Room müssen logische Rätsel gelöst werden und es sind Kooperation und Kommunikation erforderlich. Letzteres eignet sich hervorragend, um die sozialen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern zu fördern. Was allerdings noch fehlt, sind die in der Schule vermittelten Inhalte, da in klassischen Varianten logisches Denken und Kombinieren gefordert werden, nicht aber darüber hinausgehendes Wissen. Um schulische Inhalte einzubauen, eignen sich Rätsel, welche zum einen zu logischen Denkprozessen anregen, andererseits aber auch Wissen erfordern, welches sich die Schülerinnen und Schüler im

Unterricht angeeignet haben. Hier bietet sich die Möglichkeit, fertige Escape Rooms für den schulischen Kontext käuflich zu erwerben oder aber selbst zum Creator eines Escape Rooms zu werden. Wie ein solcher Escape Room für den Sachunterricht aussehen kann, wird im späteren Beispiel sichtbar.

Doch zurück zur Frage, warum Escape Rooms im Unterricht, speziell im Sachunterricht, eingesetzt werden sollten. Sinnvoll ist der Einsatz dann, wenn bereits erworbene Inhalte wiederholt und vertieft werden. Auf spielerische Art und Weise können die Kinder so ihr Wissen anwenden und die Rätsel damit lösen. Ebenfalls werden kognitive Denkprozesse angeregt, wenn es zusätzlich einen logischen *Kniff* gibt, der für die Lösung eines Rätsels erforderlich ist. Indem die Kinder sich ausprobieren und Ideen äußern, kann auch die Problemlösefähigkeit gefördert werden. Dies alles eingebettet in eine spannende Geschichte sorgt für eine sehr hohe Motivation und eine außergewöhnliche Unterrichtssituation, welche den Schülerinnen und Schüler lange im Gedächtnis bleiben wird. Neben dem Motivationsaspekt üben sich die Kinder in Kommunikation, indem sie über die Rätsel und mögliche Lösungsvorschläge sprechen. Zum Erfolg gelangen sie nur, wenn sie zusammenarbeiten und sowohl andere Meinungen akzeptieren als auch ihre eigenen äußern. Damit wird auch die Kooperationsfähigkeit durch den Einsatz von Escape Rooms gefördert.

4. Einbezug digitaler Medien am Beispiel der Website LearningApps.org

Escape Rooms können rein analog – also in Papierform – durchgeführt oder durch Apps, Internetseiten oder digitale Geräte unterstützt werden. Dabei gibt es die Möglichkeiten, dass die Rätsel selbst digital sind, oder nur die Überprüfung der Lösung digital erfolgt (mit einem *digitalen Schloss*). Für die Erstellung eines Escape Rooms eignet sich die kostenfreie Webseite LearningApps.org (<https://learningapps.org/>), welche es ermöglicht, multimediale Lernbausteine online zu erstellen. Neben Kreuzworträtseln, Zuordnungen und Quiz-Spielen bietet die Webseite rund 20 weitere Aufgabenformate, deren Inhalt von der Lehrkraft selbst bestimmt werden kann (LearningsApps.org, o. J.). Mithilfe dieser Website können sowohl Rätsel als auch digitale Schlösser generiert werden. Voraussetzung für die Nutzung ist, dass jede Spielgruppe Zugang zu einem Tablet oder einem anderen internetfähigen Gerät mit QR-Code-Reader besitzt.

Um ein Rätsel zu erstellen, muss unter dem Reiter *App erstellen* ein Aufgabenformat gewählt werden. Es werden nach Auswahl des gewünschten Formats einige Beispiele präsentiert; durch den Klick auf eine weitere Schaltfläche

erfolgt die Weiterleitung zum Bildschirm, auf dem selbst eine *Learning-App* erstellt werden kann. Die Gestaltung der Seite ist sehr übersichtlich und es ist klar gekennzeichnet, welche Felder ausgefüllt werden müssen und welche Funktion sie erhalten. Nachdem alle Angaben eingetippt wurden, kann durch das Klicken auf die Schaltfläche *Fertigstellen* eingesehen werden, wie die App aus der Benutzerperspektive aussieht. Um ein Projekt zu speichern, wird ein Benutzerkonto benötigt, für welches lediglich die Angabe einer Emailadresse, eines Benutzernamens und eines Passwortes notwendig ist. Die erstellten Apps werden unter dem Benutzerkonto gespeichert und können dort später bearbeitet werden. Auf der Übersichtsseite der erstellten App lässt sich außerdem ein QR-Code generieren, der einen schnellen Zugriff auf den Lernbaustein ermöglicht.

Der interaktive Baustein *freie Textantwort* kann darüber hinaus verwendet werden, um ein digitales Schloss zu erstellen. Die Erstellung erfolgt wie oben bereits beschrieben. Nach Eingabe der Aufgabenstellung muss eine Frage eingegeben werden sowie die gewünschte Antwort, welche in diesem Fall die Rätsellösung darstellt. Ob Groß- und Kleinschreibung beachtet werden soll, kann durch das Setzen eines Häkchens bestimmt werden.

Sobald die richtige Lösung in das Textfeld eingegeben wird, erscheint ein zuvor von der Lehrkraft festgelegter Text, der den Spielverlauf vorantreibt. In dem Text sollten Informationen darüber sein, was als nächstes passiert, beziehungsweise welcher der Umschläge mit Spielmaterial geöffnet werden darf. Aufgerufen werden können die digitalen Schlosser zum Beispiel durch Eintippen des Links oder durch das Scannen des QR-Codes, der sich auf der Rätselkarte oder auf dem Spielmaterial befindet.

Tablets und digitale Medien sind Bestandteil der kindlichen Lebenswelt (mpfs, 2020). Der Einsatz dieser auch im Unterricht trägt neben der Motivation auch dazu bei, dass die Schülerinnen und Schüler lernen, mit dem Medium umzugehen, was ihre Mediennutzungskompetenz fördert.

5. Vorstellung eines Beispiels für den Unterricht

Um eine genauere Vorstellung für die Durchführung eines Escape Rooms im Unterricht zu erhalten, soll im kommenden Abschnitt ein konkretes Beispiel vorgestellt werden. Dieses wurde im Rahmen einer Examensarbeit für die vierte Klassenstufe zum Thema Wald erstellt. Die Inhalte wurden entlang des sächsischen Lehrplans und des Perspektivrahmens für den Sachunterricht ausgewählt.

Im Vorhinein wurden Überlegungen zu den folgenden Fragen unternommen, welche im Nachgang kurz erläutert werden sollen: Für welche Klassenstufe soll der Escape Room konzipiert werden? Welches Thema eignet sich dahingehend, dass es auch mit dem Lehrplan und dem Perspektivrahmen kompatibel ist? Wie kann der Escape Room in die entsprechende Stoff- bzw. Unterichtseinheit eingebunden werden? Welche räumlichen Gegebenheiten sowie zeitliche Strukturierungen sind für die Durchführung bedeutsam? Welches Spielprinzip und welcher Medieneinsatz sind für die Konzeption geeignet?

Bei der Konzeption wurde sich für die vierte Klasse entschieden: Escape Room-Brettspiele und Bücher sind meist ab neun beziehungsweise zwölf Jahren empfohlen werden. In diesem Alter sind Schülerinnen und Schüler der vierten Klasse vermehrt zu logischen Denkprozessen fähig (Goswami, 2001) und können auch längere Texte sinnvoll erfassen. Es wird also angenommen, dass Gruppen von Schülerinnen und Schülern der vierten Klasse eher in der Lage sind, die vorhandenen Rätsel ohne größere Schwierigkeiten zu bewältigen. Ein weiterer Grund für die Wahl dieser Klassenstufe ergibt sich durch die Themenwahl und die Stellung dessen im sächsischen Lehrplan.

Für die Themenwahl wurde der sächsische Lehrplan für den Sachunterricht herangezogen. Exemplarisch wurde sich für das Thema Wald im Rahmen des Lernbereichs 3 *Begegnung mit Pflanzen und Tieren* (Sächsisches Staatsministerium für Kultus [SMK], 2019, S. 27) entschieden. Im Spiel werden die Kinder zu Beginn über eine Geschichte, aus welcher sich das Thema und das Spielziel ergeben, an den Escape Room herangeführt. In der Einleitung geht es darum, dass der von den Kindern geliebte Wald für den Bau einer Fabrik gerodet werden soll. Ein sprechendes Eichhörnchen ermutigt die Kinder, einen Versuch zu wagen, den Unternehmer mit überzeugenden Argumenten von der Rodung des Waldes abzubringen. Es begleitet die Kinder durch den Wald und stellt ihnen mehrere Aufgaben und Rätsel. Innerhalb von 60 Minuten sollen die Kinder genügend Argumente sammeln, um den Baubeginn noch zu stoppen.

Dabei werden mit dem Spiel verschiedene Lernziele des Lehrplans und des Perspektivrahmens Sachunterricht verfolgt: Im Lernbereich 3 *Begegnungen mit Pflanzen und Tieren* des sächsischen Lehrplans lautet das Ziel, den Wald als Lebensgemeinschaft kennenzulernen (SMK, 2019, S. 27). Damit verbunden ist das Bestimmen von bestimmten Pflanzen am Erscheinungsbild sowie das Kennen der Lebensweise ausgewählter Tierarten (SMK, 2019, S. 27). Dazu gehören der Lebensraum und die Fortpflanzung vorzugsweise regionaler Tierarten. Die Kinder erkennen die Bedeutung des Waldes für Mensch und Tier und werden sich über die vielfältigen Funktionen des Waldes bewusst (SMK, 2019, S. 27). Als Beispiele werden aufgeführt: Die Funktionen des Waldes als Wasserspei-

cher, als Holzlieferant, als Erholungsort, als Bodenschützer, als Erosionsschutz, und die Bedeutung von Pflanzen zur Luftverbesserung (SMK, 2019, S. 27). Thematisiert werden sollen auch die Auswirkungen von Luftverschmutzung und Abholzung, was unter Gefährdung des Waldes zu subsummieren ist (SMK, 2019, S. 27). Die Schülerinnen und Schüler sollen sich zu den Verhaltensweisen des Menschen in der Natur positionieren und ihr eigenes Verhalten reflektieren (SMK, 2019, S. 27).

Die Themen Wald sowie Pflanzen und Tiere des Waldes lassen sich im Perspektivrahmen der naturwissenschaftlichen Perspektive zuordnen. Dort finden sie sich in den untergeordneten perspektivenbezogenen Themenbereichen vier und fünf wieder (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts [GDSU], 2013, S. 39 ff.). Inwieweit die Lernziele tatsächlich mit den einzelnen Rätseln erreicht werden, soll bei der Vorstellung der einzelnen Rätsel thematisiert werden. Vorneweg ist dabei anzumerken, dass der Escape Room nicht primär als Lernzielkontrolle dienen soll, sondern das behandelte Themengebiet in spielerischer Form wiederholt und vertieft. Das Spiel wurde für das Ende einer entsprechenden Stoffeinheit geplant. Die genannten Lernziele sollten demnach bereits anhand des regulären Unterrichts erreicht worden sein.

Das Material ist raumunabhängig einsetzbar. Die einzige Anforderung ist, dass die Schülerinnen und Schüler über genügend Arbeitsplatz für die Arbeit in der Gruppe verfügen. Der Escape Room ist auf 60 Minuten Bearbeitungszeit angelegt, damit alle Gruppen die Chance erhalten, das Spiel zu beenden. Je nach Einschätzung der eigenen Klasse kann die Spielzeit angepasst werden, indem die in der Einleitung genannte Zeit verändert wird.

Für die Durchführung des Escape Rooms und dessen Einführung sollte ein 90-minütiger Unterrichtsblock eingeplant werden. Bevor der Escape Room gespielt wird, müssen die Tablets getestet und die Funktionsweise an einem Beispiel demonstriert werden, damit während des Spiels keine Verständnisfragen oder Probleme auftreten. In der darauffolgenden Stunde sollte eine Auswertung stattfinden, bei der die Kinder ihre Gedanken zum Spiel und zur Zusammenarbeit äußern können und auch die Lehrkraft den Kindern ein Feedback zur Arbeitsweise gibt.

Das Spielprinzip des Escape Rooms ist so gestaltet, dass sich alle Rätsel in nummerierten Umschlägen befinden. Zu Beginn wird die Einleitung entweder von der Lehrkraft vorgelesen oder jede Gruppe erhält ein eigenes Textblatt. Am Ende der Einleitung folgt die Anweisung, den ersten Umschlag zu öffnen. In diesem befinden sich das erste Rätsel sowie zugehöriges Material. Auf der Rätselkarte ist ein QR-Code abgedruckt, welcher die Kinder zu einem digitalen Schloss führt. Sobald die richtige Lösung des Rätsels dort eingetippt wurde,

erscheint eine Anweisung in der Learning-App, die auffordert, den nächsten Umschlag zu öffnen. Dieses Prinzip wiederholt sich, bis alle Rätsel gelöst wurden und der letzte Umschlag zum Ende des Spiels geöffnet wird. In den LearningApps befinden sich teilweise Hinweise, die bei Anklicken einer Schaltfläche eingesehen werden können oder dann erscheinen, wenn die Lösung mehrmals falsch eingegeben wurde. Auf sonstige Rätsel- und Hinweiskarten wurde verzichtet. Gibt es Fragen zu inhaltlichen Aspekten, haben die Kinder die Möglichkeit, entweder im Internet zu recherchieren oder das Buch *Entdecke den Wald, Die kleine Waldfibel* (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2018)¹ zu nutzen. Das vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft herausgegebene Buch beinhaltet Informationen zu heimischen Tierarten und Bäumen. Des Weiteren enthält es Informationen über die Holzernte und Regeln für das Verhalten im Wald.

Im Folgenden sollen die einzelnen Rätsel des beschriebenen Escape Rooms vorgestellt werden. Jedes Rätsel wird dazu beschrieben und es wird benannt, welches Wissen die Kinder benötigen, um das Rätsel zu lösen. Für die Auswahl der Fakten als Rätselgrundlage wurde neben dem sächsischen Lehrplan und dem Perspektivrahmen auch das Schülerbuch Pusteblume Sachunterricht (Alius et al., 2018) herangezogen.

Rätsel 1: Wo steckt das Eichhörnchen?

Bei diesem Logikrätsel geht es darum, den Standort des Eichhörnchens in einem illustrierten Waldstück zu bestimmen. Anhand von sieben Aussagen soll per Ausschlussverfahren herausgefunden werden, auf welches der abgebildeten Waldstücke alle Aussagen zutreffen. Die Grundlage des Rätsels ist dabei die Abbildung eines Waldes, welcher in zwölf Vierecke eingeteilt ist (siehe Abbildung 1). Durch Buchstaben an der linken Seite und Zahlen am oberen Rand hat jedes Viereck eine eindeutige Bezeichnung, welche die Rätsellösung darstellt. Die Aussagen wurden so formuliert, dass die Einhaltung der Reihenfolge nicht zwangsläufig notwendig ist, sich die Lösung aber auch nicht automatisch schneller ergibt, wenn die Hinweise in vertauschter Reihenfolge beachtet werden. Um das Rätsel zu lösen, müssen die Kinder Laubbäume und Nadelbäume unterscheiden und Birken erkennen können. Die Kinder müssen wissen, wie Fingerhut, Farn und kleines Springkraut aussehen und diese voneinander unterscheiden. Das Erkennen und Unterscheiden typischer Pflanzen ist eines der

¹ „Entdecke den Wald, Die kleine Waldfibel“ kann als Klassensatz kostenlos bestellt werden unter: www.bmel.de/publikationen. Die PDF-Version steht ebenfalls kostenlos zum Download zur Verfügung.

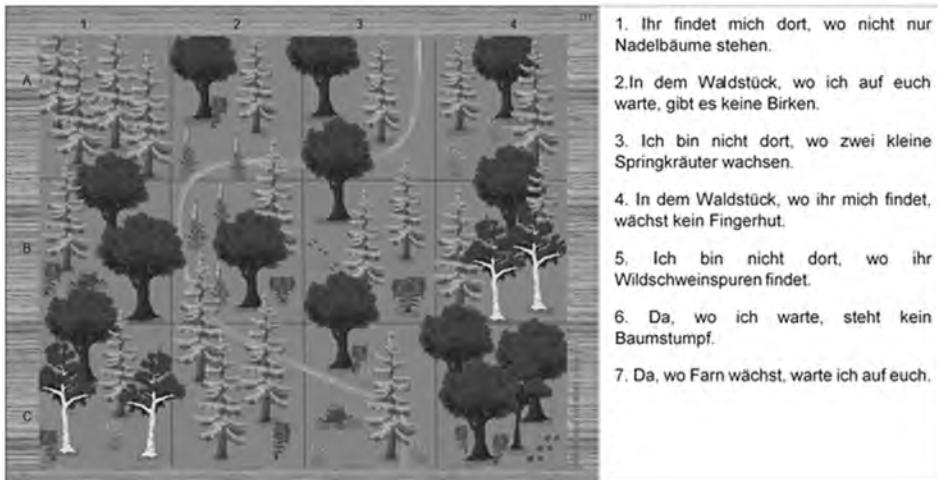


Abbildung 1: Wo steckt das Eichhörnchen? Abbildung Wald und Aussagen für Ausschlussverfahren, Bild: M. Richter

im Perspektivrahmen (GDSU, 2013, S. 45) geforderten Ziele, welches an dieser Stelle aufgegriffen wird. Auf zwei Feldern sind Tierspuren zu sehen; die Kinder müssen dabei erkennen, welche der Spuren dem Wildschwein gehört.

2. Rätsel: Domino Waldtiere

Das Domino besteht aus 17 Spielsteinen. Die Teile sind so aneinanderzulegen, dass die sich berührenden Seiten thematisch zusammengehören. Außerdem ist darauf zu achten, dass die schwarzen Linien stets aneinandergrenzen. Wurde das Domino richtig zusammengesetzt, bildet die Anordnung der Steine die Zahl zwei (siehe Abbildung 2 links). Weil die Lösung immer aus einer Zahl und einem Buchstaben bestehen soll, ergibt sie sich aus dieser Zahl und dem ersten Buchstaben des siebten Dominosteins.

Thematisch behandelt das Domino regional vorkommende Tierarten und deren Lebensweise, passend zu dem oben genannten Lernziel *Kennen der Lebensweise ausgewählter Tierarten* (SMK, 2019, S. 27). Genauer geht es um den Rotfuchs, das Reh und das Wildschwein. Auf den Dominosteinen stehen Informationen zur Lebensweise, zur Nahrung und zum Lebensraum. Außerdem werden die geläufigen Begriffe jeweils für das männliche und das weibliche Tier abgefragt, ebenso die Bezeichnung der Jungtiere. Zusätzlich sind Bilder von Dachs, Buntspecht und Eichhörnchen dem jeweils passenden Begriff zuzuordnen.

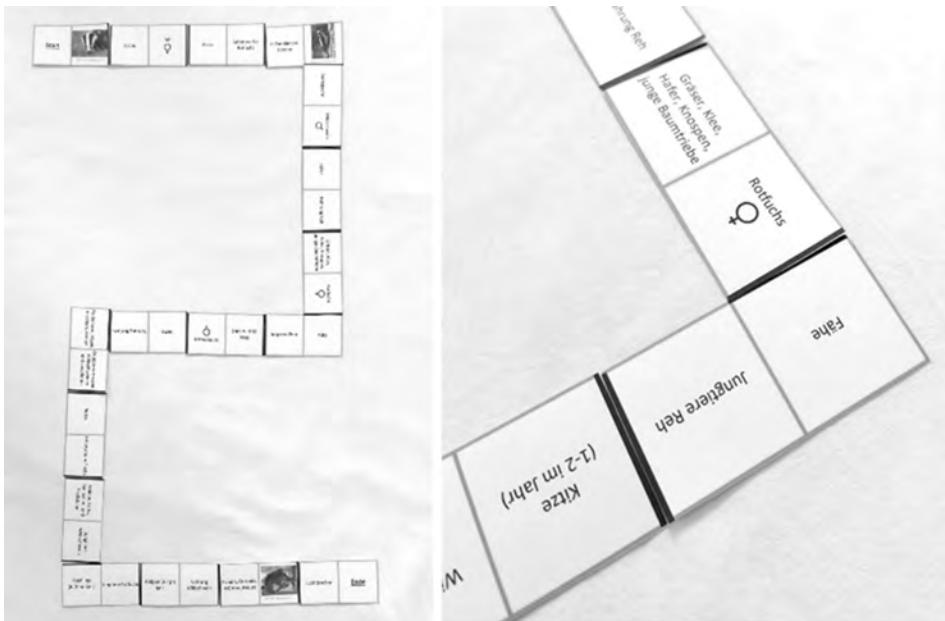


Abbildung 2: Domino Waldtiere, Gesamtbild (links), Ausschnitt (rechts), Bild: M. Richter

Rätsel 3: Pflanzenlabyrinth

Das Rätsel besteht aus einer rasterförmigen Anordnung von 40 Bildern, auf welchen regional vorkommende Pflanzen abgebildet sind. Auf der Rätselkarte befindet sich eine Tabelle, die jeder der zehn verschiedenen Pflanzen eine Bewegungsanweisung zuordnet. Das Rätsel beginnt auf dem Feld, welches als Start markiert wurde. Die Kinder müssen die abgebildete Pflanze bestimmen und entsprechend der dazugehörigen Anweisung in der Tabelle folgen. Zur



Abbildung 3: Pflanzenlabyrinth (rechts) und Tabelle mit Bewegungsanweisung (links), Bild: M. Richter

Verdeutlichung: Auf dem mit Start markierten Bild ist eine Heidelbeere zu sehen. Die in der Tabelle vermerkte Anweisung lautet: vier Felder nach unten bewegen. Nachdem auf dem Raster vier Felder nach unten gegangen wurde, befinden sich die Spieler auf einem Bild, auf dem Ahorn zu sehen ist. Wieder muss in die Tabelle geschaut und der Bewegungsanweisung gefolgt werden. Werden alle Pflanzen und Bäume richtig erkannt, endet die Bewegung schließlich auf einem der weißen Felder, die eine Buchstaben-Zahlen-Kombination enthalten, welche die Rätsellösung darstellt. Speziell handelt es sich dabei um das Erscheinungsbild der Pflanzen Waldschachtelhalm, Bärlauch, Heidelbeere, Waldmeister sowie der Bäume Ahorn, Fichte, Tanne, Buche, Lärche und Eiche.

Rätsel 4: Falsche Informationen

Für dieses Rätsel werden zwölf Karten benötigt. Auf beiden Seiten der Karten stehen Aussagen, wobei nur eine der Behauptungen der Wahrheit entspricht. Die Aufgabe der Kinder besteht zunächst darin, alle Karten so zu legen, dass die Seite mit der richtigen Information nach oben zeigt. Es werden Aussagen zum Thema Sammeln von Pilzen und Waldfrüchten genannt, ebenso wie zum Verhalten des Menschen im Wald. Es geht um Fotosynthese, die Aufgabenbereiche von Förstern und Waldbauern, und den Begriff nachhaltige Forstwirtschaft. Außerdem sind die richtigen Aussagen bezüglich der Größe der bewaldeten Fläche Deutschlands und Fakten zur Blindschleiche auszuwählen. Des Weiteren befindet sich auf jeder Karte unten links eine Zahl. Auf der Rätselkarte ist ein Schild abgebildet, dass die Anordnung der Karten vorgibt. Es handelt sich damit bei diesem Rätsel um ein Puzzle, welches anhand einer Vorlage (siehe Abbildung 4 links) zusammengesetzt werden muss. Sobald die Karten entsprechend dieser Vorlage angeordnet wurden, ergeben dünne Linien auf den Karten eine Zahlen-Buchstaben-Kombination. Dabei ist darauf zu achten, dass die Karten sauber und nah aneinandergelegt werden.

Rätsel 5: Was der Wald für uns ist

Das letzte Rätsel ist ein Geheimschrift-Rätsel. Jedem benötigten Buchstaben wird eine Zahl zugeordnet (Abbildung 5 links). Es handelt sich damit um eine Geheimschrift, welche aus einer vorgegebenen Buchstaben-Zahlen-Zuordnung konstruiert wurde. Das Rätsel selbst ist ein Lückentext, bei dem die fehlenden Wörter anhand der Decodierhilfe zu entschlüsseln sind (Abbildung 5 rechts).

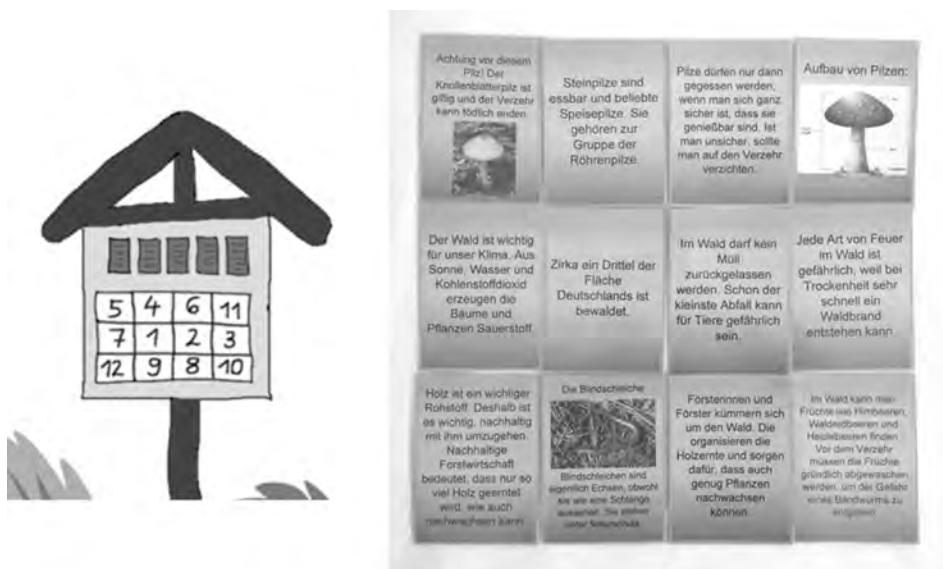


Abbildung 4: Falsche Informationen, Anordnungshinweis (links) und Karten (rechts), Bild: M. Richter

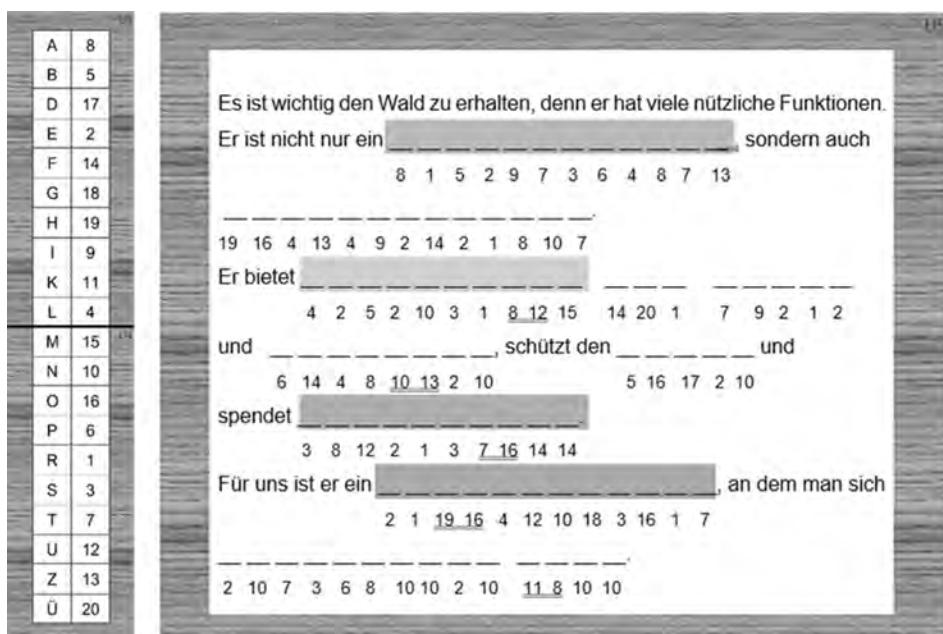


Abbildung 5: Was der Wald für uns ist, Decodierhilfe (links) und Lückentext (rechts), Bild: M. Richter

Anders als bei den vorherigen Rätseln besteht die Lösung dieses Rätsels aus vier Wörtern, welche im Lückentext durch eine farbige Hinterlegung markiert wurden. Die Lösungen sind hier die farbig hinterlegten Wörter, welche nach Scannen des QR-Codes in vier Felder mit den jeweiligen Farben einzutragen sind. Die farbig hinterlegten Wörter beinhalten die Funktionen des Waldes, welche für die geschichtliche Rahmung des Spiels von Bedeutung sind. Mit eben diesen Funktionen sollen die Kinder den Unternehmer überzeugen, den Wald nicht abholzen zu lassen.

Ausblick

Der Escape Room wurde bisher von Erwachsenen sowie einzelnen Kindergruppen bezüglich der Funktionalität getestet, allerdings ist die Erprobung in einer Klasse pandemiebedingt noch offen. Es wäre interessant, zu ermitteln, wie Schulklassen mit den erstellten Rätseln umgehen und wie viel Zeit sie für das Lösen des Escape Rooms benötigen. Außerdem wäre es spannend, herauszufinden, wie hoch die Motivation und der Lerneffekt sind und ob der hohe Aufwand, der in der Erstellung liegt, sich tatsächlich lohnt. Final ist anzumerken, dass zum Zeitpunkt der Erstellung nur wenige Escape Rooms für die Grundschule käuflich zu erwerben waren. Mittlerweile gibt es fertige Escape Rooms für die verschiedenen Fächer und Klassenstufen zu kaufen, allerdings kann nur ein selbst erstellter Escape Room optimal den im Unterricht vermittelten Stoff aufgreifen und die speziellen Belange der jeweiligen Klasse im Blick haben.

Literatur

- Alius, G., Lamm, S., Weber, R. & Winkler, S. (2018). *Pusteblume. Das Sachbuch 4.* Braunschweig: Westermann.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2018). *Entdecke den Wald. Die kleine Waldfibel.* Verfügbar unter https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Waldfibel.pdf;jsessionid=136C3338E08042A85505B7993969D4AB.live922?__blob=publicationFile&v=19 [22.02.2022]
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts [GDSU] (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht.* Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Goswami, U. (2001). *So denken Kinder. Einführung in die Psychologie der kognitiven Entwicklung.* Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Hans Huber.

- LearningApps.org (o. J.). *Multimediale, interaktive Lernbausteine erstellen einfach gemacht*. Verfügbar unter <https://learningapps.org/LearningApps.pdf> [22.02.2022].
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest [mpfs] (2020). *KIM-Studie 2020*. https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2020/KIM-Studie2020_WEB_final.pdf [22.02.2022].
- Nicholson, S. (2015). *Peeking behind locked door: A survey of escape room facilities*. Verfügbar unter <http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf> [22.02.2022].
- Sächsisches Staatsministerium für Kultus [SMK] (2019). *Lehrplan Grundschule. Sachunterricht*. Dresden.

Früher Fremdsprachenunterricht auf Distanz

Neue professionstheoretische Fragen und unterrichtliche Herausforderungen bei der Gestaltung von Lernaufgaben

Abstract

Die Rahmenbedingungen eines digital und ggf. distant ausgerichteten Englischunterrichts erfordern von Fremdsprachenlehrkräften neue Professionalitätsfacetten, die im Artikel beleuchtet werden. Außerdem werden unterrichtliche Optionen vorgestellt, in denen die Einbindung von digitalen Medien Schülerinnen und Schülern schon im frühen Fremdsprachenunterricht Gelegenheiten bietet, eine aktive und sprachlich angemessen herausfordernde Rolle einnehmen zu können. In einem solchen Ansatz werden digitale Medien von Lehrkräften nicht nur in ihren Unterricht integriert, sondern auch aktiv und kollaborativ (mit-)gestaltet.

1. Ausgangspunkt

Die digitale Unterrichtsentwicklung wurde, nicht nur in den Fremdsprachen, durch die Covid-19-Pandemie verstärkt, aber nicht durch sie hervorgerufen. Ausgangspunkt der Veränderungen ist vor allem auch die überaus schnelle Entwicklung von neuen Technologien und der daraus entstehende Veränderungsprozess, wie Schmidt (2019) aufzeigt. Dieser entfalte „außerhalb der Institution Schule bereits seine volle Dynamik [...]; Digitalisierung kann dabei ein Mehr an Individualisierung, Adaptivität, Authentizität, kommunikativer Realität und Immersion schaffen“ (Schmidt, 2019, S. 228).

Die Auswahlmöglichkeiten des Einsatzes von digitalen Medien sind nahezu grenzenlos und ermöglichen sprachlich und kulturell authentische Auseinandersetzungen mit Texten und Medien. Die Auswahl kann, wenn ungesteuert und nicht kriteriengeleitet (u. a. Kompetenzerwerb, Datenschutz, Verfügbarkeit), schon fast überfordern. Darüber hinaus könnten Lernende auch eine gewisse Erwartungshaltung haben, denn: „We are also teaching students who

expect us to use social technologies in ways that align with their established social practices“ (Kessler, 2018, S. 206). Dies mag für den frühen Englischunterricht (bis ca. Jahrgangsstufe 6) nicht so stark zutreffen, jedoch sind auch hier einige Lernende an den Umgang mit Smartphone und Tablet gewöhnt, allerdings selten mit Blick auf erfolgreiche Spracherwerbsmöglichkeiten. Der Einsatz digitaler Medien im frühen Englischunterricht bietet jedoch einen entscheidenden Vorteil: Die curriculare Verankerung kann z. B. durch die Produktion von multimedialen Texten, die von Lernenden auf unterschiedlichen Kompetenzniveaus produziert werden, erreicht werden (Kolb, 2021, S. 125). Dazu eignen sich Lerngelegenheiten, in denen die Lernenden z. B. auf verschiedenen Lernwegen eine Lernaufgabe (*task*) bearbeiten. Um diese digital gestützte Lernaufgabe curricular sinnvoll einzubetten, müssen sich Lehrkräfte auf verschiedenen Wegen Wissen aneignen und (kritisch) reflektieren, um zu begründeten didaktisch-methodischen Entscheidungen zu kommen (vgl. Lütge & Merse, 2021). Sie werden zum *facilitator of learning*, damit sie gemeinsam mit den Lernenden die digitale Welt entdecken können. Sich auf diesen Weg zu begeben, macht Adaptivität, Flexibilität, Kreativität und Mut zur Veränderung erforderlich. Diese Einstellungen sind Dreh- und Angelpunkt für einen digital gestützten Englischunterricht, der auf erfolgreiche Sprachlernprozesse aller Lernenden ausgerichtet ist.

2. Professionalität und Professionalisierung von Englischlehrkräften

Die aktuellen Rahmenbedingungen eines digital und ggf. distant ausgerichteten Englischunterrichts erfordern von Fremdsprachenlehrkräften neue Professionalitätsfacetten. Ein aktuelles Phasenmodell (Benitt et al., 2018) zeigt auf, dass die Entwicklung von *digital literacies* über mehrere Professionalisierungsstufen erfolgt und verschiedene Facetten beinhaltet: *language-related literacies, information-related literacies, network-related literacies, (re-)design-related literacy*. Diese Kompetenzen können in verschiedenen Zusammenhängen erworben werden.

Sich flexibel und immer wieder neu auf aktuelle Anforderungen und Herausforderungen – gerade mit Blick auf die didaktisch-methodische Gestaltung von synchronen und asynchronen Phasen im Distanzunterricht – einstellen zu können, ist wichtiger Bestandteil einer adaptiven Einstellung zur eigenen Professionalität, auch unabhängig von Digitalisierungsfragen:

Damit ist gemeint, dass Lehrerinnen und Lehrer im Verlaufe ihrer Professionalisierung, die aufgrund der Vielschichtigkeit des Lehrberufs im Fremdsprachenunterricht als unabdingbar betrachtet werden kann, auf ganz unterschiedliche Anforderungssituationen mit den ihnen zur Verfügung stehenden fachlichen, didaktischen, pädagogischen und nicht zuletzt fachdidaktischen Repertoires reagieren (vgl. Gerlach & Leupold, 2019). (Gerlach et al., 2020, S. 114)

Der zum Erreichen dieser Haltung notwendige Wissenserwerb kann individuell oder auch kollektiv in sozialen Netzwerken, z.B. durch Nutzung von *Social Media* Kanälen wie #twitterlehrerzimmer, erfolgen. In einem solchen Netzwerkansatz werden digitale Medien von Lehrkräften nicht nur in ihren Unterricht integriert, sondern auch aktiv und kollaborativ (mit-)gestaltet (vgl. Roters, 2022). Im Zusammenhang mit dem Erwerb der *network-related literacies* kommen den professionellen Online-Netzwerken bei der Ausbildung einer kollaborativen Professionalität eine wichtige Rolle zu. Durch externe Impulse von Kolleginnen und Kollegen im Kontext kollaborativer Professionalisierungsprozesse ist Innovation als bottom-up Prozess besonders zielführend: „[Die Lehrkräfte] sind es, die 1. die Notwendigkeit zum Beschreiten neuer Wege erkennen können und 2. in ihrer Selbstwirksamkeit und Adaptivität diesen Weg gehen, um sich auch selbst als innovative Lehrkraft zu erleben“ (Gerlach & Leupold, 2019, S. 98). Die durch kollaborative Netzwerke angeregte individuell gesteuerte Unterrichtsentwicklung ist „sowohl auf der Beziehungs-ebene als auch auf der Ebene der Wissensvermittlung nachhaltig und innovativ“ (Gerlach & Leupold, 2019, S. 109) und deshalb besonders wirksam. Im Prozess der digitalen Unterrichtsentwicklung nimmt die Lehrkraft also eine proaktive Rolle bei der Gestaltung der Lernarrangements ein und entwickelt so ihre eigene individuelle Professionalisierung.

Mit Blick auf Fragen eines digital gestützten oder auch distanten Englischunterrichts können Reflexionsfragen aus der Perspektive zweier professions-theoretischer Bezüge relevant sein. Diese sind nicht als abschließend zu betrachten, sondern können als Ausgangspunkt für weitere reflexive Prozesse bei der unterrichtlichen Planung zur Integration digitaler Medien in den Fremdsprachenunterricht dienen:

1) Annäherung an subjektive Theorien (Caspari, 2003; Kallenbach, 1996)

- Welche Überzeugungen habe ich als Sprachenlehrkraft im Hinblick auf die Nutzung von digitalen Medien?
- Welche didaktisch-methodischen Ansätze integriere ich in meinen Unterricht?

- In welchem Verhältnis steht die Öffnung von Lernarrangements zu eher geschlossenen Ansätzen, die ggf. durch einen (in Teilen) distant ausgerichteten Unterricht verstärkt werden?¹

2) *Reflective Practitioner* (Schön, 1983)

Reflexion gilt als integraler Bestandteil individueller Professionalisierungsprozesse (Roters, 2012). Im Prozess der Reflexion werden eigene Handlungsmuster und Sozialisierungsfacetten kritisch beleuchtet. Möglicherweise findet auch ein Rollenwechsel zwischen Lehrkraft und Lernenden statt, auf den sich die Lehrkraft auch einlassen muss: „technology-enhanced language teaching and learning requires teachers and learners to alter their roles“ (Benitt et al., 2018, S. 18). Reflexive Fragestellungen könnten deshalb u. a. sein:

- Welche Rolle nehme ich als Lehrkraft gegenüber Lernenden ein, die sich im Feld der digitalen Medien unter Umständen wesentlich besser auskennen?
- Wie gestalte ich als Lehrkraft das Lernarrangement so, dass der Einsatz der digitalen Medien alle Lernenden in ihrem selbstständigen Spracherwerb bestmöglich unterstützt?

Mit Blick auf den digital gestützten Unterricht sollte die (Fremdsprachen-)Lehrkraft sich folgenden Anforderungen stellen und diese vor dem Hintergrund der angestrebten Kompetenzen und des curricularen Kontexts reflektieren: *modeling media use, analysing activities, demonstrating tools, scaffolding learning, assessment* (Benitt et al., 2018, S. 18). Diese Anforderungsebenen werden bei der Analyse der Lernaufgabe, die im dritten Teil des Artikels aufgezeigt wird, aus didaktisch-methodischer Perspektive detaillierter betrachtet.

3. Bereitstellung von Unterrichtsarrangements – Lernaufgaben im Kontext des SAMR-Modells

(Fremdsprachen-)Lehrkräfte integrieren digitale Medien produktiv in ihre Unterrichtsplanung und -ausführung oder realisieren Varianten eines *flipped classroom* – mit Medien als Grundlage, Instrument und auch als Thema. Lütge & Merse argumentieren, dass die Digitalisierung nicht nur Fragen der Ausbildung oder unterrichtlichen Entscheidungen tangiert, sondern auch die inhaltlichen Grundlagen des Englischunterrichts: *language, communication, culture, texts* (vgl. Lütge & Merse, 2021). Ein digital gestützter Englischunterricht

1 Vgl. für ausführlichere theoretische Ausführungen zum Konzept des *Online-Task-Based Language Learning* und unterrichtspraktische Herangehensweisen (Roters, 2021).

kann dazu führen, dass einige der notwendigen Bedingungen für erfolgreichen Spracherwerb (*comprehensible input, output, meaningful activities and tasks, language awareness etc.*) durch digitale Medien optimiert werden können (vgl. Hockly, 2021, S. 25), da z. B. der Zugang zu authentischen Texten und Sprecherinnen und Sprechern leichter ist. Dennoch wird bei der Diskussion um den Einsatz von digitalen Medien im (Englisch-)Unterricht häufig ein vermeintlich notwendiger Mehrwert gefordert. Auf dieser instrumentellen Ebene werden digitale Medien nur als Werkzeug gesehen. Diese Einteilung lässt sich gut vor dem Hintergrund des SAMR-Modells (Puentedura, 2014) analysieren. Das Modell besteht aus vier Ebenen, auf denen digitale Medien funktional unterschiedlich eingesetzt werden können. Die Diskussion um einen vermeintlich notwendigen Mehrwert des Einsatzes digitaler Medien berücksichtigt nicht, dass nicht nur die Ebenen der *substitution* und *augmentation*, sondern auch die Ebenen der *modification* und *redefinition* im Sinne des SAMR-Modells in den Blick genommen werden sollten. Denn: Wir befinden uns bereits in einer Kultur der Digitalität (Stalder, 2019), die über reine *substitution* hinausgeht. Eine kritisch-konstruktive Auseinandersetzung mit dem SAMR-Modell, z. B. in der Phase der Unterrichtsplanung, kann zu Lernarrangements führen, in denen der Einsatz von digitalen Medien die Lernenden in ihrem selbstständigen Spracherwerb unterstützen kann. Es ist Aufgabe der (Englisch-)Lehrkraft und Teil ihrer Professionalität, diese Lernarrangements vorzubereiten und Materialien im Sinne der Fähigkeit der (*re-)design-related literacy* zu entwickeln. Gleichzeitig sollten die Lernarrangements flexibel gestaltet sein, um auf Bedürfnisse der Lernenden situativ eingehen zu können, z. B. mit einer Lernaufgabe. Das SAMR-Modell (Puentedura, 2014) ist als Folie für unterrichtliche Entscheidungen schon in der Phase der Unterrichtsplanung einsetzbar. Tabelle 1 zeigt diese Ebenen sowie Beispiele für den frühen Englischunterricht auf.

Auch wenn das SAMR-Modell für Lehrkräfte als Reflexionsfolie für den Einsatz von digitalen Medien bei der Gestaltung von Lernarrangements und unterrichtlichen Entscheidungen hilfreich sein kann, steht es auch in der Kritik: „We focus on the absence of context, its hierarchical structure, and the emphasis placed on product over process“ (Hamilton et al., 2016, S. 433). Es fehlen eine grundlegende theoretische Einbettung sowie empirische Nachweise zur Einordnung des Modells, die wiederum zu Fehlinterpretationen desselben führen könnten. Die Lernprozesse sollten stärker im Vordergrund stehen als das eigentliche digitale Medium: „When integrating technology, the purpose of this integration should be on enhancing and supporting student learning rather than using a particular technology“ (Hamilton et al., 2016, S. 438). Der innerhalb des SAMR-Hierarchiemodells steigende Anforderungsgrad bei der

Tabelle 1: Anwendungsfelder des SAMR-Modells im frühen Englischunterricht

<i>Ebene</i> (vgl. Fastiggi, o.J.)	<i>Perspektive auf frühen Englischunterricht</i> in Anlehnung an das <i>English Language Teaching scenario</i> , inklusive eigener Ergänzungen mit Blick auf den frühen FSU (vgl. Schmidt & Strasser, 2018, p. 219)
Substitution: Tech acts as a direct tool substitute, with no functional change	„Teacher uses multimedia projector instead of OHP.“ – am PC erstellte und ausgedruckte Arbeitsblätter – Upload von Bildern auf einen Computer – digital zur Verfügung gestellte Arbeitsmaterialien (Schulbuch, Arbeitsblätter, Bilder), welche auch analog zur Verfügung gestellt werden könnten – ggf. Videokonferenzen statt Unterrichtsgespräch
Augmentation: Tech acts as direct tool substitute, with functional improvement	„Teacher shares grammar handouts or online newspaper articles with URL-shorteners instead of handing out copies or writing down links on the blackboard.“ – multimodale Nutzung des Computers durch Einbindung von Bildern, Hyperlinks oder Hörtexten – Verwendung von QR-Codes, z. B. auf Arbeitsblättern, zur leichteren Einbindung von Links – Nutzung von Übungsprogrammen (z. B. Phase 6) – Internetrecherchen
Modification: tech allows for significant task redesign	„Teacher uses a learning management system [...], so that students can interact with their peers.“ – Erstellung von Videos durch Lehrende oder Lernende – vielfältige multimodale Nutzung, z. B. von Arbeitsplattformen (wie Online-Pinnwände, Lernmanagementsysteme, Smartboards)
Redefinition: tech allows for the creation of new tasks, previously inconceivable	„Teacher lets students create cartoons or digital stories (instead of written texts on paper).“ – Erstellung von digitalen Portfolios, E-Books oder von kollaborativ erarbeiteten Dokumenten – Interaktion in realen und kollaborativen Kontexten, z. B. im Kontext sozialer Medien und Netzwerken – Veröffentlichung von mündlichen Produkten (z. B. Podcasts) auf Blogs, Plattformen o.ä.

Bewältigung der dem Modell zugeordneten Aufgaben setzt mit Blick auf einen frühen Englischunterricht einen zunehmend höheren Grad an Selbständigkeit bei den Lernenden in ihren Sprachhandlungen voraus, da sie durch digitale Medien ihren sprachlichen Output zunehmend aktiv gestalten und modifizieren und verstärkt interagieren. Phasen des *Modeling* durch die Lehrkraft sowie ausgeprägte Maßnahmen des *Scaffolding* können die Lernenden hier unterstützen (vgl. Roters, 2021).

Die reine Integration eines digitalen Mediums führt noch nicht dazu, dass die Lernenden auch ihre sprachlichen und interkulturellen Kompetenzen ausbauen. Bei der Gestaltung digital gestützter Lernarrangements ist deshalb zu bedenken, dass digitale Medien unter kompetenzorientierter und didaktisch-methodischer Perspektive sinnvoll eingebunden werden sollten, denn: „[Sie] können uns unterstützen, die Prinzipien eines modernen, kommunikationsori-

entierten Englischunterrichts zu verwirklichen. Sie können uns aber auch dabei unterstützen, sinnentleerte *pattern-drills* zu effektivieren“ (Bündgens-Kosten & Schildhauer, 2021, S. 17f.).

Eine zielführende Möglichkeit, kommunikativ ausgerichteten, digital gestützten Englischunterricht und den individuellen, selbstständigen Lernprozess der Lernenden in einer bedeutsamen Lernumgebung zu realisieren, ist der gesteuerte Zugriff über *tasks* (Ellis, 2017; González-Lloret, 2017; González-Lloret, 2020). Der Fokus im frühen Englischunterricht kann dabei weniger auf der Verwendung der Schriftsprache, sondern auf der multimodalen Integration von Bildern und ggf. mündlichen Texten liegen. Durch eine ggf. engere Steuerung bei der Gestaltung der Lernumgebung im Sinne eines *task-supported language learning* und ausreichenden Angeboten durch *Scaffolding* kann die Lehrkraft hier einen Ausgleich schaffen (Roters, 2021). Es kann dadurch sichergestellt werden, dass der Kompetenzerwerb, die individuellen Zugänge zur *task*, der individuelle Lernfortschritt der Lernenden sowie die Reflexion der Lernprozesse im Mittelpunkt stehen, auch wenn der Englischunterricht digital oder ggf. in Teilen auf Distanz ausgerichtet ist.

4. Unterrichtspraktische Optionen

Es werden im Folgenden unterrichtliche Optionen vorgestellt, in denen die Einbindung von digitalen Medien nicht nur auf instrumenteller Ebene erfolgt, sondern Lernende auch als Produzenten wie auch Konsumenten (*Prosumer*; Schmeinck, 2013) schon im frühen Fremdsprachenunterricht Gelegenheiten bietet, eine aktive und sprachlich angemessen herausfordernde Rolle einnehmen zu können – bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Grades der Selbstständigkeit der Lernenden durch flankierende Maßnahmen des *Scaffolding*. Mit Blick auf das SAMR-Modell werden hierbei vor allem die Ebenen der *Modification* und *Redefinition* angesprochen, da die Lernenden aktiv – unterstützt durch den Einsatz digitaler Medien – sprachliche Handlungen vornehmen. Der Lehrkraft kommt hier die entscheidende Rolle zu, Materialien und Aktivitäten so auszuwählen, dass eine bedeutsame *task* zentrales Element des Lernarrangements ist.

Die vorgestellte Unterrichtseinheit² zum Thema *Wild Animals* ist für eine Jahrgangsstufe 4 in NRW konzipiert und auf ca. 10 Unterrichtsstunden aus-

² Die gesamte Unterrichtseinheit ist hier abrufbar: <https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/distanzunterricht/lehren-und-lernen-in-distanz/unterstuetzungsmaterialien/primarstufe/englisch/index.html> (Datum des letzten Zugriffs: 05.08.2021). Herzlich danken möchte

gelegt. Die Lernenden erarbeiten sich im Rahmen einer Lernaufgabe zunächst das Wortfeld *wild animals*, lernen unterschiedliche Tiere, passende Adjektive (*slow, fast, strong, long, dangerous, big, small*) und Verben (*swim, climb, walk/run, fly, jump*) kennen und schulen ihr Hörverstehen. Übungsformate zu den Wortfeldern und Redemitteln (*my animal is ..., my animal can ...*) sind: *listen and point, listen and repeat, listen and number, listen and circle, read and match, listen, match, tick, read and write, act & guess* (in Präsenz oder ggf. in Videokonferenzen in Kleingruppen). Dazu wird das Schriftbild eingefügt und ein Wimmelbild passend zum Thema eingebunden, um die Kompetenz des zusammenhängenden Sprechens anzubahnen. Die Anwendung des zuvor Erarbeiteten erfolgt in der Erstellung eines *guessing game*: Beschreibung eines *wild animal*, das am Ende der Einheit präsentiert wird.

Für die erfolgreiche Durchführung dieser Unterrichtseinheit sind folgende Voraussetzungen zu berücksichtigen:

- Inhaltlich: Die Wortfelder *numbers, colours* und *bodyparts* sowie die Phrasen *My X is ..., My X can ..., My X has got ..., Is it a?, Yes, it is. / No, it isn't.* sind bekannt.
- Technisch: Der Einsatz und der Umgang mit einer Online-Pinnwand sowie die Teilnahme an Videokonferenzen sind bekannt. Darüber hinaus sind die Lernenden mit Höraufgaben vertraut.
- Sozial-emotional: Die Gesprächsregeln (auch im Rahmen von Videokonferenzen) sind bekannt. Eine Feedback-Kultur innerhalb der Klasse ist angelegt.
- Organisatorisch: Am Anfang des Schuljahres wurden feste Lernpartnerinnen und Lernpartner installiert, die sich telefonisch, per Chat oder Video über Produkte/Schwierigkeiten austauschen.

Mit Blick auf einen möglichen Wechsel des Unterrichts zwischen Präsenz oder Distanz sollten folgende Aspekte vorab berücksichtigt werden:

- Bereitstellung einer Online-Pinnwand
- Bereitstellung von Materialien (vor erster Videokonferenz)
- Wochenplan mit Übersicht der Aufgaben
- Verbindliche Kommunikationsabsprachen
 - o Mindestens ein synchroner Kontakt mit den Lernpartnerinnen und Lernpartnern pro Woche

ich sowohl der Kommission als auch meiner Kollegin Vera Windmüller-Jesse, die diese Unterrichtseinheit zusammen mit erfahrenen Grundschullehrkräften konzipiert hat und bei der Erstellung des gemeinsamen Vortrags sowie zum Artikel wertvolle Hinweise gegeben hat.

- o Eine Videokonferenz pro Woche im Fach Englisch
- o Mindestens ein persönlicher Kontakt mit der Lehrkraft pro Woche

Ritualen und rhythmisierten Abläufen kommt in distanten Phasen des frühen Fremdsprachenunterrichts eine besondere Funktion zu, da die Lernenden aktiviert werden, an ihre Vorerfahrungen anknüpfen können, Vertrauen in ihre eigene Sprachhandlungsfähigkeit gewinnen und motiviert werden, die *task* zu erarbeiten und zu präsentieren. Hier gibt es verschiedene Möglichkeiten der Präsentation des *guessing game*: als Text (als Leserätsel), als Audio oder als Video (als Hörverstehensrätsel), jeweils als Upload auf der Online-Pinnwand. Zu den einzelnen Dateien können Mitschülerinnen und Mitschüler auch wertschätzende Kommentare hinterlegen. Alternativ kann das Produkt auch im Rahmen einer Videokonferenz vorgestellt werden.

Aufgrund der gleichbleibenden Funktion der Rituale, an die die Lernenden gewöhnt sind, ist der Ablauf der Unterrichtsreihe auch asynchron möglich. Sie können sich in die Fremdsprache einhören und werden durch die Gestaltung der *task* zur produktiven Auseinandersetzung angeregt. Falls die Option Videoclips gewählt wird, sind diese recht einfach zu erstellen und die Lernenden können entsprechend ihrer individuellen Voraussetzungen die *task* bearbeiten. Außerdem kann auf die Materialien aus dem Unterrichtsvorhaben zurückgegriffen werden. Weitere mögliche unterrichtliche Optionen könnten sein:

- Upload/Mail Text + Feedback durch die Lehrperson (Präsenz/Distanz)
- Übung des Vortrags + Feedback mit Lernpartnerinnen und Lernpartnern (Präsenz/Distanz)
- Präsentation im Plenum (Präsenz)
- Präsentation in Videokonferenzen, ggf. in Kleingruppen (Distanz)
- ggf. digitale Erweiterung: *guessing game* als Erklärvideo (Distanz)
- digitales Portfolio

Die Gestaltung der Unterrichtsreihe ist geprägt von einer selbstständigen und aktiven Nutzung der digitalen Medien durch die Lernenden, ganz im Sinne der Perspektive der *Prosumer* (Schmeinck, 2013).

5. Entwicklung von *digital citizenship* durch digitale Unterrichtsgestaltung

Auch nach der Pandemie werden sicherlich Elemente einer digitalen Unterrichtsgestaltung und -entwicklung bestehen bleiben, zum Beispiel als sinnvolle Ergänzung und Vorbereitung unterrichtlicher Phasen im Kontext eines *flipped*

classroom (Chen Hsieh et al., 2017). Die Lernprozesse aller beteiligten Akteure, in verschiedenen Institutionen und über Institutionen hinweg werden aber unabhängig von der Pandemie bestehen bleiben, da sie Chancen und Potentiale bieten, auch im Hinblick auf den Erwerb von *digital citizenship* auf Seiten der Lernenden, um einem *digital divide* zu begegnen:

The term „digital divide“ is used to describe unequal access to digital technology and information. Simple binary constructions of access, whether of devices or the Internet, have evolved to cover more complicated and nuanced discussions of device density, Internet speed, and even relevant skills and social support. Current concerns about the digital divide no longer simply relate to access to a device or the Internet but rather to people’s ability to make use of the device and Internet to engage in meaningful social practices (Tate & Warschauer, 2017, S. 1).

Schule als Institution sollte dafür Sorgen tragen, den *digital divide*, der durchaus in Abhängigkeit zum sozioökonomischen Hintergrund der Lernenden stehen kann, zu verringern, nachhaltig Bildungschancen zu sichern und den Weg zum mündigen *digital citizen* zu bereiten.: „Digital citizens are those who use technology frequently, who use technology for political information to fulfill their civic duty, and who use technology at work for economic gain“ (Mossberger et al., 2008, S. 2). Sicherlich kann es nicht nur um die Bereitstellung von digitalen Medien oder deren reine funktionale Nutzung mit Blick auf wirtschaftliche Interessen gehen. Die Lernenden sollten in bedeutsamen Lernumgebungen, in denen sie sich aktiv mit einer *task* auseinandersetzen, Gelegenheit erhalten, den Einsatz digitaler Medien und ihre Bedeutung in der Gesellschaft auch kritisch zu reflektieren, auch schon im frühen Fremdsprachenunterricht. Durch „die Teilhabe an medial vermittelten, globalen gesellschaftlichen Diskursen, die sich in der Fremdsprache manifestieren“ (Vogt & Schmidt, 2021, S. 40), erweitern die Lernenden ihre sprachlichen, sozialen und kulturellen Kompetenzen.

Die Entwicklung von *digital citizenship* beinhaltet auch, rechtliche Rahmenbedingungen im Blick zu behalten. Mit Blick auf das in diesem Artikel beschriebene Unterrichtsvorhaben können Lehrkräfte folgende Reflexionsfragen hinsichtlich des Urheberrechts und des Datenschutzes zugrunde legen:

- Sind die digitalen Medien, z. B. die Online-Pinnwand, lizenz- und/oder registrierungsfrei zugänglich? Welche Daten werden hier veröffentlicht?
- Welche Internetseiten nutzen die Lernenden, um ihre Recherche über *wild animals* durchzuführen?

- Welche Rechte werden durch die Verwendung der Materialien berührt? Gibt es geeignete, frei verwendbare Ressourcen (Texte, Bilder, Videos), z. B. über CC0-Lizenzen?
- Welche Alternative zur Verarbeitung personenbezogener Daten gibt es? (z. B. Fotoaufnahme ohne erkennbares Gesicht)
- An welchen Stellen erscheint die Verarbeitung personenbezogener Daten (z. B. Stimme) geeignet? Liegt eine Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten vor?
- Bleibt das Recht auf „informationelle Selbstbestimmung“ gewahrt?
- ...

6. Reflexion

Da der Diskurs um die digitale Unterrichtsentwicklung im frühen Englischunterricht noch am Anfang steht, sollte eine kritische, professionsorientierte Reflexion der gegenwärtigen Entwicklungen mit Blick auf unterrichtliche und systemische Entscheidungen nicht unberücksichtigt gelassen und weiter kollaborativ, mit Akteuren aus unterschiedlichen Professionen (Lehrkräfte, Administration, Wissenschaft) exploriert werden. Schmidt & Strasser (2016) argumentieren, dass es drei Grundvoraussetzungen geben sollte, um den digitalen Wandel auf Schul- und Unterrichtsebene erfolgreich zu gestalten:

1. gut ausgebildete und in ihrer Mediennutzung kompetente, kritische und reflektierte Fachlehrkräfte, 2. bezüglich ihrer Wirkung empirisch erprobte, an den Bedarfen des Unterrichts und der zu vermittelnden Kompetenzen ausgerichtete, sehr gut konstruierte Lernmedien und 3. intelligente mediale Nutzungsszenarien, die das digital unterstützte Lernen und Arbeiten mit bewährten anderen Methoden und Inhalten des Unterrichts verknüpfen (vgl. Schmidt & Strasser, 2016) (Schmidt, 2019, S. 229).

Der vorliegende Artikel gibt einen ersten Blick in die Realisierungsmöglichkeiten und Chancen, aber auch Herausforderungen der digitalen Unterrichtsentwicklung im frühen Englischunterricht. Um den Diskurs weiter voranzubringen, könnte eine Zusammenarbeit verschiedener Akteursgruppen aus Wissenschaft, Administration und Schule besonders zielführend sein.

Literatur

- Benitt, N., Schmidt, T. & Legutke, M.K. (2018). Teacher learning and technology-enhanced teacher education. In J. Voogt, G. Knezek, R. Christensen & Kwok-Wing Lai (Hrsg.), *Springer International Handbooks of Education. Second Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education* (S. 1–24). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58542-0_58-1
- Bündgens-Kosten, J. & Schildhauer, P. (2021). Englischunterricht in einer digitalisierten Gesellschaft: The Times They Are a-Changin' oder there is nothing new under the sun? In Judith Bündgens-Kosten & Peter Schildhauer (Hrsg.), *Englischunterricht in einer digitalisierten Gesellschaft* (S. 9–23). Weinheim: Beltz Juventa.
- Caspari, D. (2003). *Fremdsprachenlehrerinnen und Fremdsprachenlehrer: Studien zu ihrem beruflichen Selbstverständnis*. Zugl.: Gießen, Univ., Habil.-Schr., 2001–2002. *Gießener Beiträge zur Fremdsprachendidaktik*. Tübingen: Narr.
- Chen Hsieh, J. S., Wu, W.-C. V. & Marek, M. W. (2017). Using the flipped classroom to enhance EFL learning. *Computer Assisted Language Learning*, 30 (1–2), 1–21. <https://doi.org/10.1080/09588221.2015.1111910>
- Ellis, R. (2017). Position paper: Moving task-based language teaching forward. *Language Teaching*, 50 (4), 507–526. <https://doi.org/10.1017/S0261444817000179>.
- Fastiggi, W. (Hrsg.) (o. J.). The SAMR Model. Verfügbar unter: <https://technology-forlearners.com/the-samr-model> [09.01.2022].
- Gerlach, D. & Leupold, E. (2019). *Kontextsensibler Fremdsprachenunterricht. Studienbücher*. Tübingen: Narr Francke Attempto.
- Gerlach, D., Roters, B. & Steininger, I. (2020). Zur Spezifik fremdsprachendidaktischer Professionsforschung: Unterrichtsplanung als Kategorie für Professionalisierungsprozesse. *Fremdsprachen Lehren und Lernen*, 49 (1), 113–130.
- González-Lloret, M. (2017). Technology and Task-Based Language Teaching. In S. Thorne & S. May (Hrsg.), *Encyclopedia of Language and Education, Language, Education and Technology* (3rd ed.). Cham: Springer International Publishing; Imprint: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02237-6_16
- González-Lloret, M. (2020). Collaborative tasks for online language teaching. *Foreign Language Annals*, 53 (2), 260–269. <https://doi.org/10.1111/flan.12466>
- Hamilton, E. R., Rosenberg, J. M. & Akcaoglu, M. (2016). The Substitution Augmentation Modification Redefinition (SAMR) Model: A Critical Review and Suggestions for its Use. *TechTrends*, 60 (5), 433–441. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0091-y>
- Hockly, N. (2021). In Dialogue with Nicky Hockly. In C. Lütge & T. Merse (Hrsg.), *Studienbücher. Digital Teaching and Learning: Perspectives* (S. 21–27). Tübingen: Narr Francke Attempto.
- Kallenbach, C. (1996). *Subjektive Theorien: Was Schüler und Schülerinnen über*

- Fremdsprachenlernen denken.* Zugl.: Gießen, Univ., Diss. *Giessener Beiträge zur Fremdsprachendidaktik.* Tübingen: Narr.
- Kessler, G. (2018). Technology and the future of language teaching. *Foreign Language Annals*, 51 (1), 205–218. <https://doi.org/10.1111/flan.12318>
- Kolb, A. (2021). Digital Teaching and Learning in the Primary EFL Classroom. In C. Lütge & T. Merse (Hrsg.), *Studienbücher. Digital Teaching and Learning: Perspectives* (S. 125–140). Tübingen: Narr Francke Attempto.
- Lütge, C. & Merse, T. (2021). Revisiting Digital Education: Dialogues and Dynamics in Foreign Language Teaching and Learning. In C. Lütge & T. Merse (Hrsg.), *Studienbücher. Digital Teaching and Learning: Perspectives* (S. 9–20). Tübingen: Narr Francke Attempto.
- Mossberger, K., Tolbert, C. J. & McNeal, R. S. (2008). *Digital citizenship: The internet, society, and participation.* Cambridge, Mass.: MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/7428.001.0001>
- Puentedura, R. R. (Hrsg.) (2014). Building transformation: An introduction to the SAMR model. Verfügbar unter: <http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2014/06/29/LearningTechnologySAMRModel.pdf> [09.01.2022].
- Roters, B. (2012). *Professionalisierung durch Reflexion in der Lehrerbildung. Studien zur international und interkulturell vergleichenden Erziehungswissenschaft: Vol. 12.* Münster: Waxmann Verlag.
- Roters, B. (2021). Neue Professionalitätsfacetten im frühen Englischunterricht auf Distanz. In A. Grünwald, S. Noack-Ziegler, M. G. Tassinari & K. Wieland (Hrsg.), *Fremdsprachendidaktik als Wissenschaft und Ausbildungsdisziplin. Festschrift für Daniela Caspari.* Tübingen: Narr Francke Attempto Verlag. (S. 177–191). Tübingen: Narr Francke Attempto.
- Roters, B. (2022, im Druck). Digitale Unterrichtsentwicklung in virtuellen Lernorten im frühen Fremdsprachenunterricht. In D. Feick & J. Rymarczyk (Hrsg.), *Digitale Lernorte und -räume.* Frankfurt: Peter Lang.
- Schmeinck, D. (2013). Digital Natives und Prosumer. Medienkompetenz in der Grundschule. *Grundschule*, 12, 6–7.
- Schmidt, T. (2019). *Digitally empowered teaching and learning – Kompetente Fremdsprachenlehrkräfte + intelligente Technologie.* In E. Burwitz-Melzer, C. Riemer & L. Schmelter (Hrsg.), *Giessener Beiträge zur Fremdsprachendidaktik. Das Lehren und Lernen von Fremd- und Zweisprachen im digitalen Wandel. Arbeitspapiere der 39. Frühjahrskonferenz zur Erforschung des Fremdsprachenunterrichts* (S. 228–236). Tübingen: Narr Francke Attempto.
- Schmidt, T. & Strasser, T. (2016). Digital Classroom. *Der fremdsprachliche Unterricht. Englisch*, 50 (144), 2–7.
- Schmidt, T. & Strasser, T. (2018). Media-assisted foreign language learning – concepts and functions. In C. Surkamp & B. Viebrock (Hrsg.), *Teaching English as a Foreign Language. An Introduction* (S. 211–231). Stuttgart: J.B. Metzler. https://doi.org/10.1007/978-3-476-04480-8_12

- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Stalder, F. (2019). *Kultur der Digitalität* (4. Auflage, Originalausgabe). Berlin: Suhrkamp.
- Tate, T. & Warschauer, M. (2017). The Digital Divide in Language and Literacy Education. In S. Thorne & S. May (Hrsg.), *Encyclopedia of Language and Education, Language, Education and Technology* (3rd ed., S. 1–12). Cham: Springer International Publishing; Imprint: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02237-6_5
- Vogt, K. & Schmidt, T. (2021). Digitale Transformation (fremdsprachlicher Lehr-)Lernprozesse und der Bildungsauftrag im Fach. In C. Maurer, K. Rincke & M. Hemmer (Hrsg.), *Fachdidaktische Forschung und Diskurse. Fachtagung der Gesellschaft für Fachdidaktik. Fachtagung der Gesellschaft für Fachdidaktik 2020* (S. 40–43). Regensburg: Universität. <https://doi.org/10.25656/01:21659>.

Christoph Schäfer und Birgit Brandt

Sachrechnen digital kompetent

Einsatzmöglichkeiten der App *Book Creator* im Mathematikunterricht der Grundschule

Abstract

Die Entwicklung digitaler Kompetenz ist ein Querschnittsthema, sowohl in der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen als auch in der Schule. Im BMBF-Projekt DigiLeG – Digitale Lernumgebungen in der Grundschule¹ wird an der TU Chemnitz, eingebunden in die Lehre für den Studiengang Lehramt an Grundschulen, ein internetbasiertes Portal entwickelt, das digital gestützte Lernumgebungen für den Einsatz in der Grundschule bereitstellt. In dem Beitrag wird die Einbindung in die Lehrveranstaltungen der Fachdidaktik Mathematik vorgestellt und auf erste studentische Produkte eingegangen. Dabei wird das Sachrechnen als ein Kernbereich des Mathematikunterrichts der Grundschule fokussiert und es werden insbesondere Potenziale der App Book Creator diskutiert.

1. Der Rahmen: Das Projekt *DigiLeG*

„Das Lernen mit und über digitale Medien und Werkzeuge [sollte] bereits in den Schulen der Primarstufe beginnen. [...] Voraussetzungen dafür sind eine funktionierende Infrastruktur [u. a. Portale], [...] die Weiterentwicklung des Unterrichts und vor allem auch eine entsprechende Qualifikation der Lehrkräfte“ (KMK, 2017, S. 11). Entsprechend zielt das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung geförderte Projekt *DigiLeG* darauf ab, Grundschulen bei der Umsetzung der Digitalisierung zu unterstützen. Die Erreichung des anvisierten Ziels fußt im Wesentlichen auf der Professionalisierung zukünftiger Lehrpersonen sowie dem Aufbau eines öffentlich zugänglichen, internetbasierten Portals.

¹ Für mehr Informationen siehe: <https://www.tu-chemnitz.de/zlb/digileg/>

Im Projekt *DigiLeG* erfolgt die Entwicklung fachspezifischer sowie fächerübergreifender Lernumgebungen zum Einsatz digitaler Werkzeuge² im Rahmen verschiedener fachdidaktischer Seminare. Es schließen sich Erprobungen durch die Studierenden in schulpraktischen Studien sowie Reflexionen in begleitenden Übungen und darauffolgenden Seminaren an, so dass die Studierenden im Laufe ihres Studiums einen Zyklus der Kompetenzentwicklung, bestehend aus Wissen um Handlungspotenzialen, Handlungsplanung und -bereitschaft sowie Handlungsreflexion (Fröhlich-Gildhoff et al., 2011) bestenfalls in mehreren Fachdidaktiken durchlaufen können. Ausgewählte Lernumgebungen werden über das Portal veröffentlicht, in dem neben Unterrichtsmaterialien auch Erfahrungen aus der Umsetzung in der Praxis dokumentiert und Hürden und Stolpersteine aufgezeigt werden.

1.1 Erste Erfahrungen: Seminar „Arithmetikunterricht in der Primarstufe“

Im Teilprojekt Mathematik wird das Lehren und Lernen mit digitalen Werkzeugen für die Studierenden zunächst im Modul Didaktik der Arithmetik als erste fachdidaktische Spezifizierung integriert. Die Grundlage bildet die Thematisierung wissenschaftlicher Erkenntnisse zum fachdidaktisch sinnvollen Einsatz digitaler Medien. Ausgehend vom „Primat der Fachdidaktik“ (Krauthausen, 2012, S. 52) stehen mathematikdidaktische Potenziale digitaler Medien (Rink & Walter, 2020; Walter, 2018) sowie die sinnvolle Kombination mit analogen Arbeitsmitteln im Sinne eines *Duos of Artefacts* (Ladel, 2018; Soury-Lavergne, 2016) im Mittelpunkt. Aufbauend auf dieser Auseinandersetzung erhalten die Studierenden die Gelegenheit, verschiedene Werkzeuge zu erkunden, eigene Produkte zu entwickeln³ sowie erste Unterrichtsideen zu entwerfen. Das Spektrum der verwendeten digitalen Werkzeuge reicht dabei von Arbeitsmitteln, wie beispielsweise der *Stellenwerttafel* (Kortenkamp, 2012; Kortenkamp et al., 2018), über Trainingsapps wie *Zahlensucher* (Urrff, 2014) bis hin zu Apps zur Erstellung digitaler Produkte wie *Book Creator* (Tools for Schools Limited, 2011).

2 Im Projekt *DigiLeG* dient der Begriff digitale Werkzeuge als umfassende Bezeichnung für Hardware (Laptops, Tablets etc.) und die damit nutzbare Software.

3 Aufgrund der pandemiebedingten Schulschließungen zielten die von den Studierenden im WiSe 2020/2021 entwickelten Produkte auf den Einsatz im Distanzunterricht.

1.2 Vertiefung: Seminar „Anwendungsorientierte Mathematik und ihre Didaktik“

Die Möglichkeit zur Vertiefung im Rahmen der mathematikdidaktischen Ausbildung bietet das Modul *Anwendungsorientierte Mathematik und ihre Didaktik*, da damit insbesondere auch fachübergreifende Aspekte im Zusammenhang mit dem Einsatz digitaler Medien im Mathematikunterricht thematisiert werden können.

Neben der Entwicklung mathematischer Lernpfade mittels der App *Actionbound* (Actionbound GmbH, o. J.) bzw. *Mathcitymap* (Ludwig & Gurjanow, o. J.) lag der Fokus im Sommersemester 2021 auf der Konzeption von Lernumgebungen, welche die Erstellung digitaler Produkte durch die Lernenden selbst zum Ziel hatten. Durch die aktive Erstellung eines digitalen Produkts (z. B. AudioPodcast, Stop-Motion-Film, E-Book, interaktives Plakat) setzen sich die Lernenden einerseits intensiv mit fachlichen Inhalten auseinander und andererseits wird so die Förderung der im Strategiepapier der Kultusministerkonferenz (2017) zur digitalen Bildung genannten digitalen Kompetenzen unterstützt. Besonders wurden hierbei die Kompetenzbereiche „Kommunizieren und Kooperieren“, „Produzieren und Präsentieren“ sowie „Problemlösen und Handeln“ (KMK, 2017, S. 16ff.) in den Blick genommen.

Im Folgenden wird auf die Möglichkeit zur Förderung von mathematischen sowie digitalen Kompetenzen durch die Bearbeitung und Erstellung von E-Books genauer eingegangen. Dazu werden zunächst die verwendete App *Book Creator* näher vorgestellt sowie die Potenziale, welche ein Einsatz dieser App im Mathematikunterricht der Grundschule mit sich bringen könnte, erläutert.

2. Book Creator

Der *Book Creator* ist sowohl als Browser-Version für den PC als auch als App auf iPads nutzbar. Die App existiert im App-Store als kostenlose und als kostenpflichtige Version. In der kostenfreien Variante kann nur ein E-Book erstellt werden, in der kostenpflichtigen Variante ist die Anzahl an erstellbaren E-Books unbegrenzt. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Tablet-App, da das Tablet durch u. a. die handliche Größe, die Mobilität und die unmittelbarere Bedienung über das Display für den Einsatz in der Grundschule viele Vorteile gegenüber dem PC-Einsatz bietet (Krauthausen, 2012, S. 154). Die App ist insgesamt sehr intuitiv zu bedienen und ab der ersten Klasse ein-

setzbar. Die Funktionen der browserbasierten Version sind denen der Tablet-App sehr ähnlich.

2.1 Funktionsweisen der Tablet-App

Bei der Erstellung eines neuen E-Books stehen unterschiedliche Formate zur Auswahl. Ein neu erstelltes E-Book besteht aus drei weißen Seiten; weitere Seiten können durch einen „+“-Button hinzugefügt werden.

Hinzufügen multimedialer Elemente

Sehr intuitiv können verschiedene multimediale Elemente in die angezeigte Buchseite integriert werden. So können sowohl gespeicherte Fotos und Videos eingefügt als auch Fotos und Videos direkt mit der App aufgenommen werden. Der *Stift* bietet die Möglichkeit, durch Gesteuerung oder mithilfe des Apple Pencils Freihandzeichnungen oder Texte zu erstellen. Die Funktion *Auto-Stift* analysiert Freihandzeichnungen und bietet aus einer großen Sammlung von Piktogrammen eine Auswahl an, welche der Zeichnung ähnelt und diese so ersetzen kann. Mittels der *Text*-Funktion können über eine virtuelle Tastatur Texte verfasst sowie zahlreiche farbige Piktogramme („Emojis“) eingefügt werden. Über die *Sound*-Funktion können auf dem Tablet gespeicherte Audioaufnahmen eingefügt sowie direkt in der App Sprachaufnahmen erstellt werden. Weiterhin können verschiedene Formen, Kartenausschnitte, Webinhalte sowie Verknüpfungen zu gespeicherten Dateien hinzugefügt werden.

Bearbeiten multimedialer Elemente

Ausgewählte Elemente können intuitiv verschoben, verkleinert oder dupliziert werden. Es existieren weitere zusätzliche Bearbeitungsmöglichkeiten wie z. B. die Änderung von Schriftgröße, -art und -farbe oder das Löschen des Elements sowie die Anpassung des Seitenhintergrunds (z. B. auch Karopapier).

Lesemodus

Nach dem Wechsel vom Bearbeitungsmodus in den Lesemodus kann man in den erstellten Seiten blättern und ggf. multimediale Elemente abspielen lassen. Durch die *Vorlesen*-Funktion werden automatisch Texte vorgelesen, Audio- und Videodateien abgespielt sowie Seiten umgeblättert.

2.2 Potenziale der App-Nutzung

Die Nutzung der dargestellten Grundfunktionen können beim Einsatz des *Book Creators* folgende Potenziale eröffnen: *Multimedialität* (KMK, 2017, S. 32), *kognitive Entlastung* (Walter, 2018, S. 38), *Interaktivität, leichte Veränderbarkeit, Verfügbarkeit* (Ladel, 2017, S. 177) und *mündliches Darstellen von Mathematik* (Schreiber & Klose, 2017). Diese identifizierten Potenziale werden nicht automatisch durch die App-Nutzung wirksam, sondern sind von einer wohldurchdachten methodischen und didaktischen Einbettung abhängig (Irion & Scheiter, 2018, S. 10).

Multimedialität

Digitale Medien bieten die Möglichkeit, Lerninhalte durch das Zusammenwirken verschiedener Medientypen (z. B. Text, Bild, Audio, Video) aufzubereiten und zu präsentieren. Diese Multimedialität eröffnet dadurch neue Zugangsweisen zu Lerninhalten. Durch die Darbietung verschiedener Sinnesmodalitäten kann die Verarbeitung und Speicherung von Informationen unterstützt und die Auseinandersetzung mit dem Lernstoff intensiviert werden (Schaumburg, 2015). Es gilt dabei jedoch zu beachten, dass die präsentierten Inhalte tatsächlich inhaltstragend sind und bspw. Bilder nicht nur dekorativen Zwecken dienen (Böhme et al., 2020, S. 5).

Aus mathematikdidaktischer Perspektive wird argumentiert, dass die Multimedialität digitaler Medien alternative Lernwege ermöglicht und mathematische Sachverhalte durch multiple externe Repräsentationen dargestellt werden können (z. B. Bierbrauer, 2020).

Mithilfe des *Book Creators* lässt sich die multimediale Darstellung von Lerninhalten einfach umsetzen. Es ist beispielsweise möglich, eine Sachaufgabe neben der Textform (Funktion *Text*) auch auf auditiver (Funktion *Audio* bzw. *Vorlesen*) und (audio)visueller Ebene (*Foto* bzw. *Video*) darzustellen.

Kognitive Entlastung

Digitale Medien bieten die Möglichkeit, die kognitive Belastung von Lernenden zu reduzieren, um dadurch freiwerdende mentale Ressourcen für mathematische Lernprozesse nutzen zu können. Dies ist besonders vor dem Hintergrund der Cognitive Load Theory (Sweller, 2005), die davon ausgeht, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses beschränkt ist und eine Überlastung entsprechend zu einer verringerten Leistungsfähigkeit führen kann, bedeutsam (Walter, 2018). In der App *Book Creator* wird dieses Potenzial im Besonderen

durch die Vorlesefunktion ermöglicht. Das Lesen einer Aufgabe wird durch das digitale Medium übernommen und die freiwerdenden Ressourcen können entsprechend für andere Tätigkeiten, wie das Verstehen der Aufgabe, genutzt werden. Das Verstehen einer Textaufgabe kann ebenso eine extrinsische Belastung des Arbeitsgedächtnisses darstellen und viele Ressourcen beanspruchen, wodurch die mathematische Modellierung beeinträchtigt oder gar verhindert wird. Die App kann den Verstehensprozess beim Aufbau des Situationsmodells zwar nicht übernehmen, aber durch unterschiedliche Darstellungen der Aufgabe (auditiv, visuell) unterstützen und so das Arbeitsgedächtnis kognitiv entlasten (Rink & Walter, 2020, S. 31).

Interaktivität

Interaktivität wird oft als ein Potenzial digitaler Medien aufgeführt (Bonow et al., 2019; Ladel, 2018; Schaumburg, 2015). Keil (2006) merkt an, dass der Begriff zwar zentral ist, aber keine einheitliche Definition vorzufinden ist und Krauthausen warnt in der Diskussion über Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien vor einem reduktionistischen Begriffsverständnis (Krauthausen, 2012, S. 47). Wir folgen hier der Definition nach Keil:

Interaktiv bedeutet, dass man die Objekte selber nicht nur durch einen Aufruf erzeugen lassen kann (Response), sondern sie auch danach unmittelbar bearbeiten kann. Man kann Eigenschaften verändern (Auszeichnen durch Farbe, Größe, Strichstärke etc.), die Objekte auch nach ihrer Erzeugung noch neu anordnen (Arrangieren, Sortieren), sie miteinander über Verweise verknüpfen (Hyperlink) oder sie als ein Objekt zusammenfassen (z. B. Gruppieren) (Keil, 2006, S. 52).

Mit Ausnahme des Gruppierens lassen sich diese genannten Bearbeitungsmöglichkeiten mithilfe des *Book Creators* umsetzen. Diese Interaktivität ermöglicht es den Lernenden, die Auseinandersetzung mit den Inhalten zu intensivieren und dadurch die Verarbeitungstiefe zu erhöhen (Schaumburg, 2015).

Leichte Veränderbarkeit

Unter leichter Veränderbarkeit verstehen wir die Eigenschaft eines digitalen Mediums, dass quasi jede Handlung unmittelbar wieder rückgängig gemacht werden kann. Durch diese Flexibilität wird ein experimenteller Zugang ermöglicht (Krauthausen, 2012, S. 191), welcher den Lernenden dabei helfen kann, Zusammenhänge zu entdecken oder Ideen im Problemlöseprozess zu finden (Roth, 2017). Beim *Book Creator* ist diese Eigenschaft bei nahezu jeder Funktion wiederzufinden. Besonders anschaulich lässt sich das Potenzial bei

der Nutzung der *Stift*-Funktion beschreiben. Durch die leichte Veränderbarkeit werden Lernende ermutigt, Skizzen zur Bearbeitung von Problemlöseaufgaben anzufertigen. Ein als fehlerhaft wahrgenommener Strich kann unmittelbar wieder gelöscht werden und ein experimenteller Zugang zur Problemlösung wird gestärkt.

Verfügbarkeit

Das Potenzial der Verfügbarkeit steht für die theoretisch unbegrenzte Anzahl an virtuell verfügbaren Arbeits- und Anschauungsmitteln. Im *Book Creator* kann jedes Element beliebig oft dupliziert und verwendet werden. Ein als Bilddatei verfügbares Hunderterfeld kann auf mehreren Seiten des E-Books eingefügt werden, um beispielsweise verschiedene Mengendarstellungen oder Muster übersichtlich einzeichnen zu können. Weiterhin können über die *Formen*-Funktion eingefügte Kreise als virtuelle Plättchen genutzt werden. Neben der unbegrenzten Anzahl haben diese virtuellen Plättchen auch den unterrichtsorganisatorischen Vorteil, dass sie nicht herunterfallen und verloren gehen können.

Mündliches Darstellen von Mathematik

Das Darstellen wird in den Bildungsstandards als eine allgemeine mathematische Kompetenz aufgeführt und sollte in allen Schulstufen gefördert und genutzt werden (KMK, 2005). Es kann dabei auf schriftlicher, graphischer aber auch auf mündlicher Ebene geschehen. In der Erstellung von Sprachaufnahmen (*Audiofunktion*) sehen wir das Potenzial zur Förderung des mündlichen Darstellens von Mathematik. In einer eher schriftbasierten Wissenschaft kann die Auseinandersetzung mit der mündlichen Darstellung eine besondere Lerngelegenheit darstellen. So werden mit der Erstellung eines Audio-Podcasts in der Primarstufe „Schülerinnen und Schüler dazu angeregt, sich fachlich und (fach-)sprachlich mit bereits bekannten mathematischen Inhalten und Begriffen vertieft auseinanderzusetzen“ (Schreiber et al., 2017, S. 22). Durch die Erstellung von Audio-Podcasts werden neben dem Darstellen vor allem auch das Kommunizieren gefördert, da hierbei die sachgerechte Verwendung von Fachbegriffen, das Beschreiben von Vorgehensweisen und das gemeinsame Reflektieren eine wesentliche Rolle spielen (KMK, 2005, S. 8). Während bei der Erstellung eines *PriMaPodcasts* ein rein mündliches Endprodukt entsteht, bietet die entsprechende Funktion des *Book Creators* die Möglichkeit der Verwendung von Sprachaufnahmen im multimodalen Kontext in Verbindung mit schriftlichen und graphischen Elementen. Hierbei geht es also darum, dass sich

die Lernenden aktiv mit der Vernetzung verschiedener Darstellungsebenen auseinandersetzen.

3. Förderung von Sachrechenkompetenz mithilfe des *Book Creators*

Sachrechnen ist einer der Kernbereiche des Mathematikunterrichts in der Grundschule und bezieht sich allgemein auf das Bearbeiten von Aufgaben, die Situationen aus der Lebenswelt der Kinder thematisieren (Franke & Ruwisch, 2010). Diese Aufgaben beschreiben ein außermathematisches Problem, welches mit mathematischen Mitteln gelöst werden soll. Dazu muss das Ausgangsproblem der Realsituation zunächst durch geeignete Abstraktionsprozesse über ein Situationsmodell in ein mathematisches Modell überführt werden, an dem innermathematische Lösungsprozesse durchgeführt werden. Das so innermathematisch ermittelte Ergebnis sollte schließlich im Kontext der Ausgangssituation interpretiert und validiert werden. Dieser Grundgedanke des Sachrechnens wird als mathematisches Modellieren bezeichnet (Greerath, 2018) und in den Bildungsstandards als eigenständige allgemeine mathematische Kompetenz aufgeführt (KMK, 2005).

Im Folgenden wollen wir anhand der Analyse von Seminarprodukten der Studierenden aufzeigen, wie die App *Book Creator* Lernende in verschiedenen Phasen des Modellierungsprozesses unterstützen und damit zur Förderung von Sachrechenkompetenz beitragen kann. Dabei lassen sich zunächst im Hinblick auf Aktivität der Lernenden die beiden konträren E-Book-Typen *konsumierend* und *produzierend* unterscheiden. Weiter lassen sich diese beiden Typen in vorstrukturierten E-Books mit konsumierenden und produzierenden Elementen als dritter Typ kombinieren. Die drei verschiedenen Typen werden hinsichtlich ihrer Potenziale und Grenzen zur Förderung von Sachrechenkompetenz genauer vorgestellt und durch Studierendenbeispiele konkretisiert und veranschaulicht.

3.1 Typ A: Konsumierend – durch die Lehrperson erstellt

Bei dieser Einsatzmöglichkeit des *Book Creators* erhalten die Lernenden ein bereits durch die Lehrperson erstelltes E-Book, das ihnen im Lesemodus zur Verfügung steht und auf dessen Gestaltung sie keinen Einfluss nehmen können. Sie nehmen bezogen auf die Nutzung digitaler Werkzeuge zunächst eine

ehler passive Rolle als Rezipierende bzw. Konsumierende ein. Damit sind kaum Vorerfahrungen mit der App notwendig und nur grundlegende Funktionen wie das Umblättern und Abspielen von Audio- oder Videodateien müssen besprochen werden. Der Lehrperson stehen in der Erstellung des digitalen Buchs sämtliche Funktionen zur Verfügung, die entsprechend sinnvoll eingesetzt werden können. Das digitale Medium kann die Lernenden hierbei vor allem beim Textverständnis und dem Aufbau eines adäquaten Situationsmodells unterstützen. Sachaufgaben stellen für Lernende (sowie Lehrende) eine besondere Herausforderung dar, da neben mathematischen Kompetenzen auch Lesekompetenzen und Sachwissen notwendig sind, um die beschriebene Situation verstehen und erfassen zu können (Franke & Ruwisch, 2010, S. 79). Wenn ein grundlegendes Verständnis der Realsituation fehlt, kann auch kein passendes Situationsmodell aufgebaut werden, wodurch es letztlich gar nicht zu einer Anwendung mathematischer Kompetenzen kommen kann (Rink & Walter, 2018). Durch die oben beschriebenen Potenziale der *Multimedialität* und der *kognitiven Entlastung* kann das Verstehen der Aufgabe und damit der Aufbau eines adäquaten Situationsmodells unterstützt werden.

A black and white photograph of five elephants standing at a watering hole, surrounded by rocks. A speech bubble on the right contains the text: "Jeder Elefant trinkt am Tag 5 Eimer Wasser." Below the photo, a text box says: "Schaut mal wie riesig die 5 Elefanten sind. Die haben bestimmt ganz viel Durst." To the right, a cartoon illustration of a boy in a cap and vest holding a watering can.

Wie viele Eimer Wasser muss der Pfleger am Tag tragen, damit alle Elefanten zufrieden sind?

Zusatz: Von den 5 Elefanten war gestern ein Elefant krank und in einem anderen Gehege. Er hat daher nur 2 Eimer getrunken. Wie viele Eimer musste der Pfleger gestern tragen?

Abbildung 1: E-Book als kontextbezogene Aufgabensammlung

Die im Arithmetikseminar entwickelte kontextbezogene Aufgabensammlung zur Multiplikation und Division (Abb. 1) kann diesem Typ zugeordnet werden. Die Aufgaben sind thematisch an einem Zoobesuch orientiert. Fiktive Charaktere führen durch das Buch und formulieren Aufgaben. Zur Differenzierung werden Simplex- sowie Komplexaufgaben angeboten. Durch die Nutzung der Text-Funktion können die Aufgaben im Lesemodus vorgelesen werden. Ergänzend wären bei diesem E-Book auch weiterführende Hilfestellungen und Tipps in Form von Audiokommentaren denkbar. Die verwendeten Illustrationen im ausgewählten Beispiel haben überwiegend dekorativen Charakter und sollen der Motivation dienen. Diese Bilder haben jedoch keinen direkten Einfluss auf den Lernerfolg, sondern können eine Ablenkung und damit eine weitere kognitive Belastung darstellen.

3.2 Typ B: Produzierend – durch Lernende erstellt

Beim Typ B füllen die Lernenden ein neues, leeres Buch mit eigenen Inhalten. Sie arbeiten entsprechend im Bearbeitungsmodus und sollten die Grundfunktionen der App bereits kennen, um produktiv damit umgehen zu können. In einer von Studierenden geplanten Unterrichtseinheit sollen sich die Lernenden in Gruppenarbeit selbst Sachaufgaben ausdenken und mithilfe des *Book Creators* darstellen und bearbeiten sowie den Lösungsweg mit Fotos, Videos oder Audios erklären. Die Erstellung eines E-Books durch die Lernenden ist ein anspruchsvoller Prozess und sollte daher durch zusätzliche Materialien unterstützt werden. Denkbar wären beispielsweise Hilfekarten (Bierbrauer, 2018, S. 69), die einzelne Funktionen nochmals erklären oder auch Checklisten, welche als zusätzliche Orientierung dienen können, z. B.:

- Das E-Book enthält ein Deckblatt.
- Bei Rechnungen steht dabei, was berechnet wird.
- Es ist ein Antwortsatz für die Lösung angegeben.
- Das E-Book enthält eine Erklärung zur Lösung (Fotos, Videos, Ton, ...).
- ...

Durch das selbstständige Bilden von Sachaufgaben kann Sachrechenkompetenz gezielt aufgebaut und gefördert werden (Franke & Ruwisch, 2010, S. 137f.). Die Erklärung zum Lösungsweg erfordert zudem das Übertragen der Sachaufgabe in eine andere Darstellungsform. Dieser Wechsel der Repräsentationsebenen trägt ebenso zur Förderung von Sachrechenkompetenz bei (Franke & Ruwisch, 2010, S. 145 ff.). Wird für die Erklärung die Audio-Funk-

tion genutzt, kann der Verschriftlichungsprozess entlastet werden und das Potenzial der App zur Förderung des mündlichen Darstellens von Mathematik zum Tragen kommen.

Neben diesem beschriebenen Einsatzszenario sind viele weitere Möglichkeiten denkbar, ein E-Book durch Lernende erstellen zu lassen. Abhängig von der Aufgabenstellung können verschiedene Phasen des Modellierungs-kreislaufs unterstützt werden. Beispielsweise kann eine gegebene Sachaufgabe in verschiedene Darstellungsformen übertragen werden, um das Verständnis der Situation und damit den Aufbau eines adäquaten Situationsmodells zu unterstützen. Weiterhin kann das Mathematisieren und das Lösen innerhalb des mathematischen Modells durch die vielfältigen Funktionen der App (z. B. das Anfertigen einer Skizze) gefördert werden. Durch die aktive Erstellung von Inhalten sind dabei vor allem die Potenziale *Interaktivität*, *leichte Veränderbarkeit* sowie *Verfügbarkeit* relevant.

3.3 Typ C: Kombinierend – Durch Lehrperson und Lernende erstellt

Der dritte Typ beinhaltet sowohl konsumierende (durch die Lehrperson erstellt) als auch produzierende (durch Lernende erstellt) Elemente. Zu Beginn der Bearbeitung steht den Lernenden wie bei Typ A ein durch die Lehrperson erstelltes E-Book zur Verfügung. Im Typ C haben die SuS hierbei jedoch die Möglichkeit, wie im Typ B aktiv Inhalte zu ergänzen oder zu bearbeiten und so weitere Potenziale des *Book Creators* einzubeziehen. Im Spektrum zwischen Typ A und Typ B sind dabei E-Books mit einem hohen Anteil an konsumierenden Elementen ebenso möglich wie solche mit einem hohen Anteil an produzierenden Elementen. Das hier beispielhaft vorgestellte E-Book soll die Lernenden dabei unterstützen, die Fermi-Aufgabe „Wie viele Gebäude gibt es in Sachsen?“ bearbeiten zu können (Abb. 2). Konsumierende Elemente sind unter anderem Hinweise zu Arbeitstechniken wie dem Schätzen oder dem Berechnen eines Durchschnitts sowie Hilfsfragen zur Strukturierung der Aufgabe durch das Zerlegen in Teilprobleme. Im Lesemodus können sich die Lernenden die Texte vorlesen lassen, wodurch das Potenzial der *kognitiven Entlastung* zum Tragen kommt. Sie werden weiterhin ermutigt, erste Ideen und Daten zu sammeln, diese im Buch festzuhalten und die App-Funktionen zur Bearbeitung der Aufgabe zu nutzen. Dadurch werden dem E-Book produktive Elemente hinzugefügt und die Potenziale *Interaktivität*, *leichte Veränderbarkeit* sowie *Verfügbarkeit* können genutzt werden.

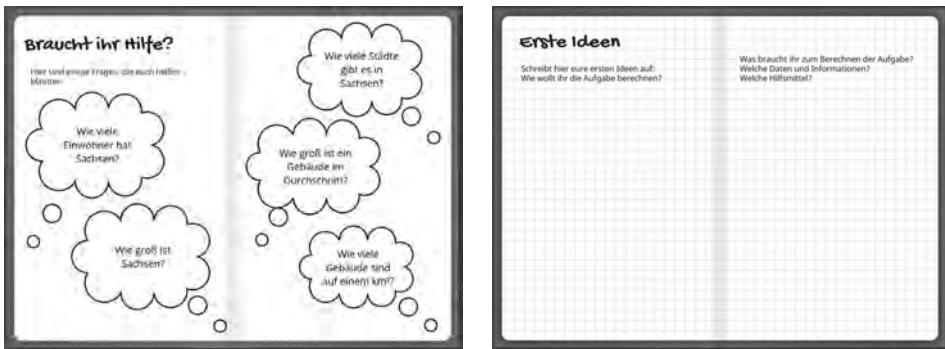


Abbildung 2: Konsumierende Elemente (links) und produzierende Elemente (rechts)

Bei diesem Typ sind viele weitere Einsatzmöglichkeiten denkbar. So können auch E-Books zum Bilden, Darstellen oder Verändern von Sachaufgaben sowie zur Förderung von Größen- und Stützpunktvorstellungen erstellt werden. Dieser kombinierende Typ C vereinigt die Vorteile der Typen A und B: Die konsumierenden Elemente bieten den Lernenden Orientierung im Bearbeitungsprozess und können das Verständnis der Aufgaben bzw. der Aufgabenstellung unterstützen. Die produzierenden Elemente ermöglichen den Lernenden gleichzeitig eine aktive und handlungsorientierte Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand.

4. Fazit

Die App Book Creator bietet mit *Multimedialität, kognitive Entlastung, Interaktivität, leichte Veränderbarkeit, Verfügbarkeit* und *mündliches Darstellen von Mathematik* eine Vielzahl an Potenzialen, die für die Förderung von Sachrechenkompetenz in der Grundschule genutzt werden können. Im Rahmen des Projektes DigiLeG erstellten Studierende Lernumgebungen zum Einsatz konsumierender, produzierender oder kombinierender E-Books, die jeweils verschiedene didaktische Zielstellungen aufweisen. Die praktische Erprobung und damit die Überprüfung, ob die identifizierten Potenziale des digitalen Werkzeugs tatsächlich zum Tragen kommen, ist für zukünftige Forschungen geplant.

Förderhinweis

Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2019 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin und dem Autor.

Literatur

- Actionbound GmbH (o. J.). *Actionbound* (2.15.2) [App]. <https://apps.apple.com/de/app/actionbound/id582660833>
- Bierbrauer, C. (2018). Tablet-App Book Creator im Mathematikunterricht – Digitale Bücher zu Sachaufgaben mit dem Tablet erstellen. In S. Ladel, U. Kortenkamp, & H. Etzold (Hrsg.), *Mathematik mit digitalen Medien – konkret. Ein Handbuch für Lehrpersonen der Primarstufe* (S. 63–76). WTM-Verlag.
- Bierbrauer, C. (2020). Digitale Medien zur Unterstützung beim Verstehen von Textaufgaben – Konzeption und Erprobung einer Tablet-App im Förderschwerpunkt Lernen. In S. Ladel, R. Rink, C. Schreiber, & D. Walter (Hrsg.), *Forschung zu und mit digitalen Medien. Befunde für den Mathematikunterricht der Primarstufe* (S. 217–231). WTM-Verlag. <https://doi.org/10.37626/GA9783959870788.0.05>
- Böhme, R., Munser-Kiefer, M. & Prestridge, S. (2020). Lernunterstützung mit digitalen Medien in der Grundschule. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 13(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s42278-019-00066-3>
- Bonow, J., Leiningen, A., Greisbach, M., & Schreiber, C. (2019). Digital und inklusiv – Der Einsatz von Apps in inklusiven Settings im Mathematikunterricht. In D. Walter & R. Rink (Hrsg.), *Digitale Medien in der Lehrerbildung Mathematik* (S. 51–72). WTM-Verlag. <https://doi.org/10.37626/GA9783959871204.0>
- Franke, M., & Ruwisch, S. (2010). *Didaktik des Sachrechnens in der Grundschule* (2. [überarb.] Aufl.). Spektrum, Akad. Verl.
- Fröhlich-Gildhoff, K., Nentwig-Gesemann, I., & Pietsch, S. (2011). *Kompetenzorientierung in der Qualifizierung frühpädagogischer Fachkräfte: eine Expertise der Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF)*. Dt. Jugendinst.
- Greefrath, G. (2018). *Anwendungen und Modellieren im Mathematikunterricht: Didaktische Perspektiven zum Sachrechnen in der Sekundarstufe* (2. Aufl.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57680-9>
- Irion, T., & Scheiter, K. (2018). Didaktische Potenziale digitaler Medien. Der Einsatz digitaler Technologien aus grundschul- und mediendidaktischer Sicht. *Grundschule aktuell*(142), 8–11.

- Keil, R. (2006). Zur Rolle interaktiver Medien in der Bildung. In R. Keil & D. Schubert (Hrsg.), *Lernstätten im Wandel. Innovation und Alltag in der Bildung* (S. 45–62). Waxmann.
- KMK. (2005). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich. Beschluss vom 15. 10. 2004*. Wolters Kluwer, Luchterhand.
- KMK. (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Berlin.
- Kortenkamp, U. (2012). *Stellenwerttafel (5.0)* [App]. <https://apps.apple.com/de/app/stellenwerttafel/id568750442>
- Kortenkamp, U., Etzold, H., Goral, J., Schmidt, A., & Börrnert, M. (2018). *Digitale Stellenwerttafel. Leitfaden für Lehrerinnen und Lehrer*. <https://dlgs.uni-potsdam.de/sites/default/files/u3/Leitfaden-Stellenwerttafel-v5-Online.pdf>
- Krauthausen, G. (2012). *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule*. Springer Spektrum.
- Ladel, S. (2017). Ein Essay zu den Begriffen „sinnvoll“ und „Mehrwert“. In C. Schreiber, S. Ladel, & R. Rink (Hrsg.), *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Primarstufe. Ein Handbuch für die Lehrerausbildung* (S. 171–180). WTM-Verlag. <https://doi.org/10.37626/GA9783959870252.0.09>
- Ladel, S. (2018). Kombinierter Einsatz virtueller und physischer Materialien. Zur handlungsorientierten Unterstützung des Erwerbs mathematischer Kompetenzen. In B. Brandt & H. Dausend (Hrsg.), *Digitales Lernen in der Grundschule. Fachliche Lernprozesse anregen* (S. 53–72). Waxmann.
- Ludwig, M., & Gurjanow, I. (o. J.). *MathCityMap*. <https://mathcitymap.eu/de/>
- Rink, R., & Walter, D. (2018). Denk- und Sachaufgaben 2.0 – Eine App zur virtuellen Unterstützung der Texterschließung bei problemhaltigen Sachaufgaben. In: Fachgruppe Didaktik der Mathematik der Universität Paderborn (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2018* (S. 1495–1498). WTM-Verlag.
- Rink, R., & Walter, D. (2020). *Digitale Medien im Matheunterricht. Ideen für die Grundschule*. Cornelsen.
- Roth, J. (2017). Computer einsetzen: Wozu, wann, wer & wie? *mathematik lehren*, 205, 35–38.
- Schaumburg, H. (2015). *Chancen und Risiken digitaler Medien in der Schule. Medienpädagogische und -didaktische Perspektiven*. Bertelsmann Stiftung.
- Schreiber, C., & Klose, R. (2017). Audio-Podcasts zum Darstellen und Kommunizieren. In C. Schreiber, S. Ladel, & R. Rink (Hrsg.), *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Primarstufe. Ein Handbuch für die Lehrerausbildung* (S. 63–88). WTM-Verlag. <https://doi.org/10.37626/GA9783959870252.0.04>
- Schreiber, C., Klose, R., & Kromm, H. (2017). „Ton ab – Erklär doch mal!“. Audio-Podcasts zu mathematischen Themen. *Mathematik differenziert*, 1, 22–27.
- Soury-Lavergne, S. (2016). Duos of artefacts, connecting technology and manipulatives to enhance mathematical learning. *Proceedings of the 13th International*

- Congress on Mathematical Education, 24 – 31. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01492990>*
- Sweller, J. (2005). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In R. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 19–30). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.003>
- Tools for Schools Limited (2011). *Book Creator for iPad* (5.5.3) [App]. <https://apps.apple.com/de/app/book-creator-for-ipad/id442378070>
- Urff, C. (2014). *Zahlensucher – Orientierung im Hunderterfeld* [App]. <http://www.lernsoftware-mathematik.de/?p=1699>
- Walter, D. (2018). *Nutzungsweisen bei der Verwendung von Tablet-Apps. Eine Untersuchung bei zählend rechnenden Lernenden zu Beginn des zweiten Schuljahres*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-19067-5>

Tamara Schilling und Anne Frenzke-Shim

WebQuests im Deutschunterricht

Ein Instrumentarium zur Ausgestaltung

Abstract

Mit WebQuests hat sich um die Jahrtausendwende ein Konzept etabliert, das zur Förderung der Internetrecherchekompetenz eingesetzt werden kann. Um Lehrkräfte bei der Auswahl von geeigneten WebQuests oder bei der Erstellung eines eigenen WebQuests zu unterstützen, wurde an der PH Karlsruhe im Rahmen von InDiKo (TP Deutsch; BMBF) ein Instrumentarium entwickelt, das im vorliegenden Beitrag vorgestellt wird. Dabei handelt es sich zum einen um einen Bewertungskatalog, der als Orientierungsrahmen für die Auswahl und Gestaltung eines WebQuests dienen kann. Zum anderen werden die Anforderungen, auf welche die Schüler:innen bei ihrer weitgehend selbstständigen Bearbeitung eines WebQuests treffen, aufgezeigt und es wird demonstriert, wie Lehrkräfte Unterstützungsangebote in ein WebQuest integrieren können.

1. Einführung

Der Zugriff auf das Internet ist in den letzten Jahren für Kinder und Jugendliche immer einfacher geworden. Damit steigt die Relevanz einer fundierten Entwicklung der Recherchekompetenz auf Seiten der Heranwachsenden. Ein diesbezügliches Lernangebot, bei dem die Lernenden zudem möglichst nah am alltäglichen Prozess der Informationsrecherche bleiben, stellt das WebQuest-Konzept dar. Dieses wurde bereits zur Jahrtausendwende von Bernie Dodge und Tom March entwickelt und hat jüngst wieder vermehrt Aufmerksamkeit gefunden (vgl. z. B. Schreiber & Kromm, 2020; Baschek et al., 2021; TP Deutsch *Quests im Deutschunterricht*, InDiKo (BMBF), PH Karlsruhe).

Ziel dieses Beitrages ist es, Lehrpersonen zwei Instrumente an die Hand zu geben, welche ihnen erlauben, WebQuests für ihren (Deutsch-)Unterricht gezielt auszuwählen oder selbst zu gestalten und durch Hilfestellungen zu ergänzen. Dazu werden zunächst wesentliche Merkmale des WebQuest-Konzepts

anhand eines Beispiels referiert. Auf dieser Basis wird ein Bewertungskatalog vorgestellt, der als Orientierungshilfe sowohl bei der Auswahl als auch bei der Gestaltung von WebQuests dient. Anschließend werden Anforderungen, welche die Bearbeitung von WebQuests an die Schüler:innen stellt, umrissen, um aufzuzeigen, wie Hilfsangebote sinnvoll integriert werden können.

2. Das WebQuest-Konzept

Zur Veranschaulichung wird die Umsetzung typischer WebQuest-Elemente nach Dodge, die Strukturebenen sowie didaktische Anpassungen, die folgend dargestellt werden, anhand des WebQuests *Ein Haustier für Lea*¹ vorgestellt. Im Beispiel-WebQuest erhalten die Schüler:innen die Aufgabe, Lea bei der Auswahl eines Haustieres zu beraten. Dafür informieren sie sich in Gruppen arbeitsteilig zu verschiedenen Haustieren. Die Informationen tragen sie aus Internetquellen in Steckbriefen zusammen. Die Steckbriefe dienen gleichzeitig als Sprechvorlage bei der abschließenden Präsentation und Diskussion. Dabei werden Kompetenzen aus allen Bereichen des Deutschunterrichts gefordert (vgl. Kap. 4).

2.1 Der Leitgedanke

In einem WebQuest begeben sich Schüler:innen auf „eine anforderungsreiche Suche“ (Moser, 2008, S. 21). Dieser Grundgedanke spiegelt sich in den Zielen der Begründer Bernie Dodge und Tom March wider, die WebQuests als mediendidaktisches Konzept entwickelt haben. Ihr Anliegen war es, Lernende sinnvoll an die Recherche im Internet heranzuführen. Sie definieren WebQuests entsprechend als „an inquiry-oriented activity in which some or all of the information that learners interact with comes from resources on the internet“ (Dodge, 1997, o.S.). Damit handelt es sich bei WebQuests um ein Konzept, in dessen Rahmen Schüler:innen weitestgehend eigenständig mit Informationen aus dem Internet arbeiten.

Gerade Schüler:innen im Grundschulalter können beim Arbeiten mit Informationsressourcen aus dem Netz auf Inhalte treffen, welche sie ablenken oder überfordern (z.B. Informationsflut, Werbung, fake news). An diesem Punkt setzt das WebQuest-Konzept an, indem eine vorstrukturierte Lernumgebung für die Recherche geschaffen wird. Angesichts der Informationsflut im Internet

¹ URL-Link zu WebQuest „Ein Haustier für Lea“: <https://schillta.wixsite.com/webquestd>

und der Anforderung, zuverlässige Informationen zu identifizieren, entlastet die Lehrperson die Schüler:innen bei deren Recherche außerdem durch eine Vorauswahl an Online-Ressourcen. Gerade diese Auswahl stellt eine große Herausforderung dar, da für die Primarstufe vergleichsweise wenige Quellen bezüglich ihrer sprachlichen Gestaltung, dem Zugang, aber auch der zugeschalteten Werbung geeignet sind (vgl. Schreiber, 2007, 39). Auf der Grundlage der aus diesen Quellen zusammengetragenen Informationen arbeiten die Schüler:innen in Kleinstgruppen an der Lösung des zuvor gestellten Problems. Auf diese Weise wird der Umgang mit digitalen Texten und anderen Medien im Rahmen einer zielgerichteten und vorstrukturierten Recherche gefördert.

2.2 Die Strukturebenen

Maßgeblich für den Einsatz von WebQuests im Unterricht sind die klaren Strukturen, die das Arbeiten mit dem Konzept sowohl für Lehrende als auch Lernende vereinfachen. Der klassische Aufbau eines WebQuests nach Dodge besteht aus den Bereichen Einführung, Aufgabe, Material, Vorgehen, Hilfe, Fazit (vgl. Tab. 1)² und bildet dabei eine wesentliche Grundlage für drei Strukturebenen: Rahmen-, Problem- und Aufgabenstruktur.

Tabelle 1: Aufbau eines WebQuests nach Bernie Dodge (eigene Darstellung)

Einführung (<i>introduction</i>)	führt in das Thema ein und liefert erste Hintergrundinformationen
Aufgabe (<i>task</i>)	stellt eine interessante und umsetzbare Aufgabe
Material (<i>resources</i>)	verweist auf die Informationsressourcen im Internet und ist erforderlich zum Bearbeiten der Aufgabe
Vorgehen (<i>process</i>)	beschreibt und unterteilt den Lernprozess während der Bearbeitung der Aufgabe in klare Schritte
Hilfe (<i>guidance</i>)	bietet Hilfestellungen zur Aufbereitung der gesammelten Informationen an
Fazit (<i>conclusion</i>)	bildet in einer geeigneten Form den Abschluss des WebQuests

Die *Rahmenstruktur* betrifft den formalen und inhaltlichen Aufbau eines WebQuests. Ihre Funktion ist es, das WebQuest übersichtlich in seine Abschnitte einzuteilen (vgl. Tab. 1; Abb. 1).

² Die hier angeführten Abschnitte beziehen sich auf die von Dodge ursprünglich aufgeführten Elemente (vgl. Dodge, 1997). Es gibt Abwandlungen in der Bezeichnung, der Reihenfolge und der inhaltlichen Ausgestaltung (vgl. z. B. Moser, 2008; Schreiber & Baschek, 2020).

Liebe Kinder,

Lea braucht eure Hilfe. Die Aufgaben auf diesen Seiten zeigen euch, wie ihr Lea helfen könnt. In Gruppen werdet ihr diese Aufgaben gemeinsam bearbeiten

Bevor ihr startet, lest euch alles auf dieser Seite durch. Das Bearbeiten der Aufgaben wird euch dann leichter fallen.

Abbildung 1: WebQuest „Ein Haustier für Lea“ (Startseite)

Diese Struktur erleichtert der Lehrperson die Erstellung einzelner Bereiche, da festgelegt ist, welcher Inhalt in welchem Abschnitt auftaucht (vgl. Tab. 1). Zudem werden die Lernenden bei der Navigation innerhalb des WebQuests unterstützt. Für die Primarstufe bietet es sich an, die Komplexität der Rahmenstruktur stark zu reduzieren, indem mit wenigen Abschnitten, die eindeutig bezeichnet sind, gearbeitet wird. So werden im Beispiel-WebQuest *Einführung* und *Aufgabe* zusammengefasst als *Leas Problem* und der Bereich *Hilfe (guidance)* wurde zu *Tipps* umbenannt.

Die *Problemstruktur* findet sich in der *Einführung* sowie bei der *Aufgabe* des WebQuests. Ein kurzer verständlicher Einstieg in das Thema dient dazu, das Interesse der Lernenden zu wecken. Daher sollte dieser einen klaren Bezug zur Lebenswelt der Schüler:innen haben. Im vorliegenden Beispiel wird so der häufige Wunsch nach einem Haustier aufgegriffen (vgl. Abb. 2).

Einleitung und Aufgabe wurden an dieser Stelle zusammengeführt, um den Aufbau des WebQuests einfach zu halten. Beides kann von der Lehrperson im Unterrichtsgespräch nach Bedarf ergänzt werden. Die Aufgabe aus dem Beispiel ist ergebnisoffen: Die Schüler:innen können die Entscheidung, welches Haustier am Ende vorgeschlagen wird, offen diskutieren. Dies entspricht dem Leitgedanken des WebQuest-Konzeptes.

Die *Aufgabenstruktur* nimmt das konkrete Vorgehen in den Blick. Hierbei kann ein an die Niveaustufe der Lernenden angepasster Lernweg skizziert werden, welcher je nach Bedarf eng geführt bis sehr offen gestaltet sein kann. Für die Primarstufe empfiehlt es sich, relativ kleinschrittig vorzugehen, um die Lernenden zu entlasten. Besonders wenn die Lernenden zum ersten Mal mit einem WebQuest arbeiten, kann dies Überforderungen durch die neue Lernumgebung sowie durch webbasierte Arbeiten vorbeugen. Hierbei kann es, wie im Beispiel-WebQuest, von Vorteil sein, lediglich die Suche nach Informa-

Start Leas Problem Arbeitsplan Material Woraul es ankommt Tipps zu... Über unser Lernen sprechen

Leas Problem

Lea möchte unbedingt ein Haustier haben. Sie kann sich aber nicht entscheiden: Soll sie sich einen Hund, eine Katze, ein Kaninchen oder doch einen Wellensittich wünschen? Lea mag alle Tiere gern.

Leas Eltern empfehlen ihr, dass sie sich doch über jedes Tier informieren soll. Wenn Lea mehr über die Tiere weiß, dann kann sie sich bestimmt besser entscheiden.

Helft Lea dabei, mehr über die Tiere zu erfahren, und schlagt ihr am Ende ein Tier vor.



Abbildung 2: WebQuest „Ein Haustier für Lea“ (Einführung/Aufgabe)

tionen am Computer durchzuführen, während das Aufbereiten derselbigen mit Stift und Papier stattfindet. Zudem empfehlen Schreiber und Baschek, für die Primarstufe die Aufgabenstellung und Erläuterungen der Arbeitsschritte im Bereich *Projektbeschreibung* zusammenzufassen (vgl. Abb. 3). Konkret sollen dort ein kurzer Text, welcher die Aufgabe umreißt, sowie organisatorische Hilfen (z. B. Umgang mit Quellen, Leitfragen etc.) zu finden sein (vgl. Schreiber & Baschek, 2021, S. 106).

Insgesamt lässt sich festhalten, dass es sich beim WebQuest-Konzept um ein mediendidaktisches Konzept handelt, welches eine webbasierte Recherche in eine klare Struktur fasst. Es fördert das selbstgesteuerte und problemorientierte Lernen, welches je nach Bedarf enger oder offener in der Gestaltung der Aufgabe und des Vorgehens sein kann. Die Lernenden arbeiten dabei kooperativ und/oder kollaborativ an einem Thema.

Um Lea zu helfen, müsst ihr selbst erst einmal mehr über die verschiedenen Haustiere erfahren. Folgt dazu diesen Schritten, dann fällt es euch leichter:

- Findet euch in einer Gruppe von 4 Kindern zusammen. Ihr seid jetzt ein Entscheidungsteam.
- Legt in eurem Entscheidungsteam fest, wer zum Experten für welches Haustier wird. Es gibt Hund, Katze, Kaninchen, Wellensittich.
- Finde 2-3 andere Kinder, die das gleiche Tier wie du gewählt haben. Ihr seid jetzt eine Expertengruppe für euer Tier.
- Erarbeitet euch in der Expertengruppe alles notwendige Wissen, über euer Tier, um Lea zu helfen.
Bearbeitet gemeinsam die Aufgaben, die ihr findet, wenn ihr [hier](#) klickt.
- Geht zurück in eure Entscheidungsgruppe.
Bearbeitet gemeinsam die Aufgaben, die ihr findet, wenn ihr [hier](#) klickt.:
- Am Ende besprechen wir gemeinsam in der Klasse, was welches Tier benötigt und was Lea bei welchem Tier beachten muss.

Abbildung 3: WebQuest „Ein Haustier für Lea“ (Arbeitsplan)

3. Bewertungsbogen

Möchte man ein WebQuest im Unterricht einsetzen, kann ein bereits bestehendes WebQuest genutzt oder ein eigenes entwickelt werden. Für beide Varianten sind Kriterien zur Beurteilung der Qualität des WebQuests hilfreich. Der im Folgenden vorgestellte Bewertungsbogen wurde empiriebasiert³ entwickelt und berücksichtigt die oben referierten Merkmale des WebQuest-Konzeptes. Der Bogen umfasst die zwei Oberkategorien mediale und didaktische Gestaltung⁴.

3 Für die Entwicklung wurde im Rahmen des InDiKo-Teilprojekts Deutsch ein iterativer Prozess mit den Schritten Analyse, (Re-)Design und Testung mehrfach durchlaufen, um den Katalog möglichst handhabbar, verständlich und dennoch so vollständig wie möglich zu gestalten.

4 Der Bewertungsbogen erhebt an dieser Stelle keinerlei Anspruch darauf, alle möglichen Kriterien zu einem WebQuest zu umfassen. Vielmehr zielt er auf die relevantesten Aspekte, um in der Praxis noch handlich zu bleiben.

3.1 Mediale Gestaltung

Die Kategorie *Mediale Gestaltung* befasst sich mit der bewussten Ausgestaltung von Elementen eines WebQuests. Es werden dabei sowohl visuelle als auch technische Kriterien betrachtet. Letztere konzentrieren sich auf den Aspekt der Bedienbarkeit. Dazu werden die allgemeine Bedienung und der strukturelle Aufbau beurteilt (vgl. Tabelle 2). Es geht hier um die konkrete Umsetzung der Rahmenstruktur (vgl. Kap. 2.2), welche einen lernerorientierten Aufbau des WebQuests beinhaltet (Kriterien 1, 2, 3). Die Einhaltung dieser Kriterien schafft eine nutzerfreundliche Lernumgebung, in der Schüler:innen sich intuitiv zurechtfinden und agieren können. Damit ein WebQuest bearbeitet werden kann, muss es zudem technisch verlässlich sein (Kriterium 4): Innerhalb des WebQuests dürfen keine technischen Probleme auftauchen (z. B. defekter Link etc.).

Tabelle 2: Bewertungskriterien: Mediale Gestaltung

Mediale Gestaltung	
	Bedienbarkeit
1.	Man findet sich jederzeit zurecht.
2.	Man weiß immer, wo man etwas findet.
3.	Es ist leicht zu verstehen, wie man innerhalb des WebQuests agiert. (z. B. Seitenwechseln, Links aufrufen, Material herunterladen)
4.	Es gibt keine technischen Probleme innerhalb des WebQuests. (z. B. Links funktionieren, Videos können abgespielt werden, Material kann heruntergeladen werden)
	Screen Design
5.	Die Anordnung der Inhalte ist übersichtlich.
6.	Wichtige Inhalte sind hervorgehoben.
7.	Die Farbauswahl unterstützt die Inhalte des WebQuests.
8.	Die Schrift ist überall gut lesbar.

Die allgemeine visuelle Gestaltung der Inhalte⁵ innerhalb des WebQuests wird mit der Unterkategorie *Screen Design* erfasst. Die optische Aufbereitung unterstützt Rahmen-, Problem- und Aufgabenstruktur. Ziel ist es einerseits, einen übersichtlichen und nachvollziehbaren Aufbau des WebQuests (Kriterium 5) zu erreichen. Andererseits soll eine ansprechende Komposition aller Gestaltungselemente entstehen, in der Schrift, Farbschema und Hervorhebungen zielführend und konsistent zum Einsatz kommen. So unterstützt beispielsweise eine sinnvolle Farbauswahl die Lesbarkeit von Texten. Ein durchdachtes Screen

⁵ Mit Inhalten sind hier sowohl Texte als auch Bilder, grafische Darstellungen und Videos gemeint. Die Gestaltung kann dabei Farbe, Größe und Form betreffen.

Design hilft zusätzlich der Bedienbarkeit. Beide Kriterien bilden daher die Basis für die Rahmenbedingungen eines WebQuests.

3.2 Didaktische Gestaltung

Die Oberkategorie *Didaktische Gestaltung* thematisiert die didaktische Ausarbeitung von zentralen Lehr-Lern-Elementen innerhalb eines WebQuests. Hierbei kommen allgemeine, aufgaben-, material- sowie bewertungsspezifische Aspekte zum Tragen (vgl. Tabelle 3).

Unter *Allgemein* werden allgemein didaktische Entscheidungen innerhalb des WebQuests beurteilt. An dieser Stelle werden durchaus Kriterien abgefragt, welche auch für andere Unterrichtskonzepte relevant sind und nicht exklusiv nur für WebQuests Anwendung finden. Zunächst muss der Frage nachgegangen werden, ob ein WebQuest zur Bearbeitung des vorliegenden Themas überhaupt geeignet ist (Kriterium 9). Dieses Kriterium ist erfüllt, wenn angemessenes (aktuelles) Material im Internet vorliegt, das sich für die Recherchearbeit eignet. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die Quellen einen Mehrwert innerhalb des Lernprozesses gewähren, so z. B. unterschiedliche Informationsmodalitäten (Text, Video etc.) oder Differenzierung. Die Kriterien 10 bis 12 berücksichtigen die Perspektive der Lernenden. So klärt Kriterium 10, ob das WebQuest auf ihre Lebenswelt zugeschnitten ist. Ein nachvollziehbarer Bezug zur eigenen Lebenswelt motiviert Schüler:innen und weckt das Interesse, sich mit dem Thema auseinanderzusetzen. Die beiden Kriterien 11 und 12 lenken den Blick auf formale Eigenschaften des WebQuests. Die Nutzung einer für die Lerngruppe angemessenen Sprache wird in Kriterium 11 untersucht. Es geht hierbei um eine sinnvolle Wahl in den Bereichen Wortschatz, Satzstruktur und Formulierungen. Besonders für den Einsatz in der Primarstufe ist dies relevant, da aufgrund zu komplexer Sätze und Wörter die Bearbeitung des WebQuests für die Schüler:innen unnötig erschwert wird. Zuletzt wird die Differenzierung der Lernenden nach Niveaustufen beurteilt (Kriterium 12). Die Berücksichtigung unterschiedlicher Niveaustufen unterstützt ein selbstgesteuertes, personalisiertes Lernen. Im Rahmen des WebQuest-Konzeptes kann eine solche Differenzierung in vielfältiger Form in Erscheinung treten, beispielsweise innerhalb der Aufgabenstellung, der Informationsquellen oder des Unterstützungsmaterials.

Das Kriterium *Recherche* betrachtet die Ausgestaltung der Suche nach Informationen. Es geht hier somit um einen Teil der Aufgabenstruktur. In welchem Umfang eine gezielte Suche nach Informationen für die Aufgabenstel-

lung stattfindet, wird in Kriterium 13 untersucht⁶. Die Recherche sollte als für das WebQuest-Konzept zentrales Element auch ein wesentlicher Bestandteil des Lernprozesses sein. Das bedeutet, dass die Lernenden eine angemessene Zeit damit verbringen, relevante Informationen aus den Quellen herauszuarbeiten. Die Informationen müssen dabei aus verschiedenen Quellen zusammengestellt werden (Kriterium 14). Um ein Copy & Paste zu vermeiden, ist es notwendig, dass die Lernenden die Informationen aus den Quellen in eine andere Form überführen (Kriterium 15).

In der Kategorie *Online-Material* wird das Online-Material innerhalb des WebQuests beurteilt. Es handelt sich dabei um das Arbeitsmaterial, wie Homepages, Online-Videos, Wikis usw., das ausschließlich online zugänglich und zur Bearbeitung der Aufgabe notwendig ist. Dieses Material bildet die Arbeitsgrundlage für den Lernprozess und spielt somit in die Aufgabenstruktur hinein. Die zu beurteilenden Kriterien konzentrieren sich dabei vornehmlich auf die Passung auf die Lerngruppe. Neben einer angemessenen Anzahl an Quellen (Kriterium 18) müssen diese ebenfalls altersangemessen gewählt werden (Kriterium 17), damit die Schüler:innen sinnvoll mit diesen arbeiten können. Inwieweit Online-Material und Aufgaben zueinander passen, wird mit Kriterium 16 geprüft. Mit den Kriterien 19 und 20 wird die Art der Quellen näher betrachtet: Während Kriterium 19 hinterfragt, ob es mehrere unterschiedliche Quellen gibt oder diese sich alle auf einen Ursprung zurückführen lassen, wird in Kriterium 20 die Informationsmodalität betrachtet. Das bedeutet, dass die Informationen in den Quellen unterschiedlich dargeboten werden, z. B. als Text, Bild oder Video. Beide Aspekte untersuchen somit, ob das Potenzial von Online-Texten durch das WebQuest ausgeschöpft wird.

Die letzte Kategorie beschäftigt sich mit den *Anforderungen*, die an die Lernenden im Rahmen des Lernprozesses gestellt werden: Neben einer zur Aufgabenstellung passenden Auswahl an Bewertungskriterien (Kriterium 20) geht es hier um die transparente und verständliche Darlegung dieser Bewertungskriterien (Kriterium 21, 22). Eine offene Kommunikation gegenüber den Lernenden darüber, was auf welche Weise am Ende der Unterrichtseinheit benotet wird, unterstützt den Lernprozess.

6 Es kann durchaus vorkommen, dass der Aufbau einer digitalen Lernumgebung dem eines WebQuests entspricht, ohne dass diese den Anforderungen eines WebQuests nach einer relativ offenen Recherche im Internet entspricht. Dies liegt an den strukturellen Vorteilen, welche das Konzept bietet.

Tabelle 3: Bewertungskriterien: Didaktische Gestaltung

Didaktische Gestaltung	
	Allgemein
9.	Die Bearbeitung des Themas in einem WebQuest ist sinnvoll.
10.	Das WebQuest ist auf die Lebenswelt der Schüler:innen zugeschnitten.
11.	In dem WebQuest wird eine an die Lerngruppe angemessene Sprache genutzt.
12.	In dem WebQuest werden verschiedene Niveaustufen berücksichtigt.
	Recherche
13.	Im Rahmen der Aufgabenstellung findet eine gezielte Suche nach Informationen statt.
14.	Die gesuchten Informationen müssen aus verschiedenen Quellen zusammengestellt werden.
15.	Die gesuchten Informationen müssen selbstständig aufbereitet oder gestaltet werden.
	Online-Material
16.	Die Online-Quellen passen zu den Aufgaben.
17.	Die Online-Quellen sind an das Alter der Zielgruppe angepasst.
18.	Die Anzahl der Online-Quellen ist angemessen.
19.	Informationen stammen aus mehreren Quellen. (nicht nur von z.B. Wikipedia)
20.	Die Informationen aus den Online-Quellen werden in unterschiedlicher Form präsentiert. (z.B. Texte, Bilder, Video)
	Anforderungen
21.	Die Lernenden erfahren, nach welchen Kriterien sie bewertet werden.
22.	Die Anforderungen sind für die Lernenden klar formuliert.
23.	Die Anforderungen passen zur Aufgabe des WebQuests.

4. Integrierte Unterstützungsangebote

Bei der Bearbeitung von WebQuests stoßen die Schüler:innen auf Anforderungen. Damit sie weiterhin selbstständig vorgehen können, ist es sinnvoll, Unterstützungsangebote direkt in das WebQuest zu integrieren. Wie dies realisiert werden kann, zeigen wir exemplarisch für das Lesen.

4.1 Anforderungen

Bei der Betrachtung der Anforderungen ein, welche im WebQuest-Konzept selbst angelegt sind, also in allen WebQuests zu finden sind, fällt auf, dass die Schüler:innen auf Anforderungen aus allen Kompetenzbereichen der Bildungsstandards des Faches Deutsch (KMK, 2004) treffen: Um relevante Informationen zu erschließen, rezipieren sie Informationsquellen (Lesen, Umgang

mit Texten und Medien), die sie im Anschluss häufig in Form eines Textes⁷ zusammenführen (Schreiben), um sie anderen zu präsentieren (Sprechen und Zuhören). Dies möchten wir im Folgenden vertiefend herausarbeiten.

In WebQuests werden digitalisierte Texte eingebunden, deren Charakteristika besondere Anforderungen in Bezug auf ihre Rezeption stellen (Kompetenzbereiche *Lesen, Umgang mit Texten und Medien*):

- Digitalisierte Texte liegen als rein verbale Texte, aber auch als Bilder, diskontinuierliche Texte sowie Audio- und Videodokumente vor. Bei der Rezeption spielen also Faktoren eine Rolle, die vom gewohnten Leseprozess rein verbaler Texte abweichen (vgl. z. B. Schmitz, 2001).
- Ein digitalisierter Text ist zudem häufig multimodal gestaltet. Ähnlich wie bei der Rezeption mehrerer Texte müssen die Lernenden für die Rezeption die Informationen aus diesen unterschiedlichen Quellen nicht nur erfassen, sondern auch synthetisieren (vgl. Philipp, 2020, o. S.). Ein solches Arbeiten auf der Grundlage *multipler Texte*⁸ wird in der Fachdidaktik als eine in der heutigen Informationsgesellschaft grundlegende Kompetenz diskutiert (vgl. Philipp, 2018; Feilke et al., 2016). Dies verweist darauf, wie bedeutsam der Aufbau dieser Kompetenz ist, aber auch wie komplex die Anforderungen sind.
- Die Darstellung auf einem Bildschirm sowie die Vermittlung von Informationen in nicht ausschließlich schriftlich fixierten Modalitäten führen außerdem dazu, dass die Schüler:innen übliche Lesestrategien, wie das Unterstreichen von wichtigen Textpassagen, nicht umsetzen können.⁹
- Bei digitalisierten Texten liegt eine andere Textualität als bei auf Papier gedruckten Texten vor. Das betrifft zum einen die Abgrenzungshinweise: Durch die Präsentation über einen Bildschirm, auf dem man runter- und wieder raufscrollt, fehlt insbesondere bei längeren Texten die Orientierungshilfe, die durch den Druck auf einzelne Seiten gegeben ist. Da der Text in eine Webseite eingebettet ist, müssen die Schüler:innen den Text losgelöst von seiner Rahmung rezipieren. Diese Rahmung kann z. B. durch animierte Werbeanzeigen die Aufmerksamkeit vom Text abziehen. Da sie zudem häufig thematisch auf den Inhalt des Textes abgestimmt ist, kann es gerade für Primarstufenschüler:innen schwer sein, zu entscheiden, welche der dargestell-

⁷ Wir legen grundsätzlich einen erweiterten Textbegriff zugrunde.

⁸ Unter dem Begriff *multiple Texte* werden sowohl multimodale als auch mehrere Texte, die mit derselben Intention rezipiert werden, gefasst.

⁹ Tools, die dies erlauben, weisen wiederum andere Faktoren auf, die zur Komplexität der Anforderungen beitragen.

ten Einheiten noch zum Text gehören. Zum anderen haben Markierungen im Text andere Funktionen: So berichtet Trepkau von einem Schüler, der die farblich abgesetzten Links in einem Text als Markierung wichtiger Textstellen fehlinterpretiert (Trepkau, 2016, S. 12).

- Digitale Texte sind schließlich häufig Hypertexte, d.h., die Schüler:innen finden ein Netz an miteinander verknüpften Texten, wobei sie die Reihenfolge der Rezeption selbst bestimmen (müssen). In diesem Netz müssen sie sich orientieren. Dies wird dadurch erschwert, dass nicht nur am Ende eines Textes verlinkt wird, sondern auch thematisch gebunden aus der Mitte eines Textes heraus, also bevor die Lektüre des Ausgangstextes abgeschlossen ist.

An diese Anforderungen in Bezug auf das Lesen und den Umgang mit Texten und Medien anknüpfend gehen wir im Folgenden näher auf die anderen Kompetenzbereiche ein:

- Um relevante Informationen aus den im WebQuest angebotenen Quellen zu sichern, bietet es sich an, Exzerpte zu erstellen. Dies verlangt von den Schüler:innen eine hohe Formulierungskompetenz (Kompetenzbereiche *Schreiben, Sprache und Sprachgebrauch untersuchen*).
- In der Regel wird im Rahmen der WebQuests eine Präsentation verlangt. Dafür verfassen die Schüler:innen ein mediales Zielprodukt, wie z. B. ein Plakat, eine Powerpoint-Präsentation oder einen Zeitungsartikel. Hier greifen einerseits die Anforderungen des Schreibprozesses bzgl. Planung, Formulierung und Überarbeitung dieser Produkte. Andererseits müssen die Schüler:innen Textsortenmerkmale der Zielprodukte berücksichtigen (Kompetenzbereiche *Schreiben, Sprache und Sprachgebrauch untersuchen*).
- Die Schüler:innen können ihre Zielprodukte digital erstellen. Dafür brauchen sie Kompetenzen in Textverarbeitungs- und Präsentationsprogrammen. Außerdem müssen sie das Tastaturschreiben beherrschen (Kompetenzbereich *Schreiben*).
- Werden die Präsentationen mündlich vorgetragen, benötigen die Schüler:innen u. U. eine Sprechvorlage, die sie vorher anhand festgelegter Kriterien verfassen (Kompetenzbereiche *Schreiben, Sprechen und Zuhören*).
- Für den Vortrag benötigen die Schüler:innen ebenfalls Vorbereitung, damit sie ihn flüssig und adressatengerecht halten und dabei angemessen auf multimodale Ressourcen zurückgreifen können (Kompetenzbereich *Sprechen und Zuhören*).

4.2 Maßnahmen

Um Schüler:innen der Primarstufe trotz der komplexen Anforderungen ein erfolgreiches Arbeiten mit WebQuests zu ermöglichen, können das Konzept angepasst und Hilfestellungen integriert werden. Möglichkeiten der formalen Adaption wurden von Schreiber (2017) im Zuge der Konzeptualisierung von Prima(r)WebQuests formuliert und zum Teil bereits in Kapitel 2 referiert. Für die Integration von Hilfestellungen kann auf Erkenntnisse der Deutschdidaktik zurückgegriffen werden. Dies wird im Folgenden anhand des Beispiel-WebQuests und exemplarisch für einige der oben genannten Anforderungen aus dem Bereich der Lesekompetenz vertieft.

Als Informationsquellen sind in das WebQuest sowohl Text-Bild-Kombinationen als auch Videos integriert. Die Rezeption lässt sich durch Arbeitsaufträge steuern. Diese können direkt im WebQuest formuliert werden oder zusätzlich als differenzierende Hilfestellungen dienen, wie auch im Beispiel-WebQuest.

Da die Bilder dem Text eher mit schmückender als mit illustrierender Funktion beigeordnet sind, können sie unberücksichtigt bleiben. Dagegen bietet es sich an, die Schüler:innen auf die Videos, die in zwei der (verbalen) Texte eingebettet sind, hinzuweisen. Dabei kann spezifiziert werden, dass sie diese Videos ebenfalls ansehen und wie dies in Relation zur Textrezeption erfolgen soll. In beiden Fällen bietet sich eine Rezeption in der Reihenfolge der Präsentation an, d. h. der Lektüre des kurzen einführenden Textes schließt sich das Schauen des Videos an, bevor die Schüler:innen den weiteren Text lesen.

Sowohl in die Texte integriert als auch unter den Texten sind außerdem Textstellen als Links zu weiterführenden Informationen markiert. Für das Beispiel-WebQuest benötigen die Schüler:innen diese Informationen nicht, werden also angewiesen, diesen Links nicht zu folgen. Vereinzelt eignen sich Links für eine Differenzierung, die aber an dieser Stelle nicht umgesetzt wurde. Da den Schüler:innen die Texte nur digital vorliegen, exzerpieren sie die relevanten Informationen. Welche Informationen relevant sind, wird durch die Formulierung von Leas Problem transparent und dadurch konkretisiert, dass die Schüler:innen einen Steckbrief als Sprechvorlage verfassen sollen. In den Hilfestellungen finden die Schüler:innen sowohl eine Vorlage für einen Steckbrief als auch einen Vorschlag für ein Vorgehen zum Exzerpieren. Ein ähnliches Verfahren wird ihnen für die Rezeption der Videos angeboten. Dazu finden sie in den *Tipps* außerdem eine Kurzanleitung zur Bedienung der Schaltflächen.

5. Fazit

Mit unserem Beitrag konnten wir zwei Instrumente zur Arbeit mit WebQuests im Unterricht vorstellen: Ein empiriebasierter Kriterienkatalog zur Bewertung von WebQuests kann genutzt werden, um bestehende WebQuests auszuwählen oder ggf. anzupassen. Der Katalog kann außerdem als Orientierung bei der Entwicklung eigener WebQuests dienen. Er basiert auf zentralen Merkmalen des WebQuest-Konzeptes und fokussiert insbesondere auf die Bereiche der medialen und der didaktischen Gestaltung. Ein zentraler und bereichsübergreifender Faktor ist dabei die Passung des WebQuests an die Lerngruppe. Eine diesbezüglich angemessene Gestaltung stellt insbesondere in der Primarstufe eine große Herausforderung dar. Das zweite Instrument besteht aus einer Aufzählung von Anforderungen, die im WebQuest-Konzept fundiert sind. Auf diese kann zurückgegriffen werden, um Hilfestellungen bedarfsgerecht zu integrieren und die Schüler:innen gezielt bei der Bearbeitung eines WebQuests zu unterstützen.

Literatur

- Baschek, E., Hastrich, A., Martinez, H. & Schreiber, C. (2021). WebQuests als digitale Lernumgebung. In D. Graf, N. Graulich, K. Lengnink, H. Martinez, & C. Schreiber (Hrsg.), *Digitale Bildung für Lehramtsstudierende* (S. 91-96). Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32344-8_12
- Dodge, B. (1997). *Some thoughts about WebQuest*. Verfügbar unter: http://webquest.org/sdsu/about_webquests.html [22.07.2021]
- Feilke, H., Lehnken, K., Rezat, S. & Steinmetz, M. (2016). *Materialgestütztes Schreiben lernen. Grundlagen-Aufgaben-Materialien. Sekundarstufe 1 und 2*. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage.
- KMK (2004). *Bildungsstandards im Fach Deutsch für den Primarbereich*. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluessel/2004/2004_10_15-Bildungsstandards-Deutsch-Primar.pdf [02.03.2022]
- Molebash, P., Dodge, B., Bell, R., Mason, C. & Irving, K. (2002). *Promoting Student Inquiry: WebQuests to Web Inquiry Projects*. Verfügbar unter: http://webinquiry.org/WIP_Intro.htm [02.03.2022]
- Moser, H. (2008). *Abenteuer Internet. Lernen mit WebQuests*. 2. Auflage. Zürich: Pestalozzianum Verlag.
- Philipp, M. (2018). *Lesekompetenz bei multiplen Texten. Grundlagen, Prozesse, Didaktik*. Tübingen: Francke. <https://doi.org/10.36198/9783838549873>
- Philipp, M. (2020). Leseförderung 4.0? Gibt es Unterschiede in den Merkmalen effektiver Lesefördermassnahmen mit multiplen Dokumenten, wenn digitale Me-

- dien genutzt werden? *Zeitschrift MedienPädagogik 17 (Jahrbuch Medienpädagogik)* (S. 141–168). <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.04.29.X>.
- Schmitz, U. (2001). Sehflächenforschung. Eine Einführung. In H. Dietmannshenke, M. Klemm, & H. Stöckl (Hrsg.). *Bildlinguistik. Theorien – Methoden – Fallbeispiele* (S. 23–42). Berlin: ESV.
- Schreiber, C. (2007). Prima(r)WebQuests – WebQuests für die Grundschule modifiziert. *Computer und Unterricht*, 67, S. 38–40.
- Schreiber, C. & Kromm, H. (2020). *Projektorientiertes Lernen mit dem Internet. PrimarWebQuest*. Baltmannsweiler: Schneider.
- Schreiber, C. & Baschek, E. (2020). PrimarWebQuests im bilingualen Mathematikunterricht. Projektorientiertes Arbeiten mit authentischem Material aus dem Internet. In B. Brandt, L. Bröll, & H. Dausend (Hrsg.). *Digitales Lernen in der Grundschule II – Aktuelle Trends in Forschung und Praxis*. (S. 242–258). Münster: Waxmann.
- Schreiber C. & Baschek E. (2021). WebQuests auch in der Primarstufe. In D. Graf N. Graulich, K. Lengnink, H. Martinez & C. Schreiber (Hrsg.). *Digitale Bildung für Lehramtsstudierende*. Edition Fachdidaktiken. (S. 105–112) Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32344-8_14
- Trepkau, C. (2016). *WebQuests im Deutschunterricht. Eine qualitativ-empirische Studie zur handlungsorientierten Förderung der Hypertest-Lesekompetenz*. München: Kopaed.

Johanna Schlieben (geb. Heinrichs)

Testinstrumentenentwicklung zur Messung grundlegender Programmierkompetenz im Sachunterricht

Abstract

Die Behandlung von Programmierkompetenzen im Schulfach Sachunterricht wird durch aktuelle Literatur befürwortet und ist mit zwei wesentlichen Fragen verbunden: Über welche speziellen Programmierkompetenzen verfügen die Kinder und wie lassen sich diese Kompetenzen im Sachunterricht messen? Die vorliegende Studie widmet sich diesen Fragen und verfolgt das Ziel, von Grundschulkindern zu erreichende Programmierkompetenzen im Sachunterricht zu ermitteln. Dafür wird ein Messinstrument konzipiert. In diesem Artikel werden die ersten Schritte zur Testentwicklung dargelegt. Dazu zählt die Finalisierung des theoretischen Konstrukts, die Beschreibung des methodischen Vorgehens zur Aufgabenpoolentwicklung und die Präsentation von Aufgabenbeispielen.

1. Einleitung

Digitale Medien sind allgegenwärtig und aus dem Alltag der Kinder nicht mehr wegzudenken (mpfs, 2018). Es herrscht Konsens darüber, dass Medienkompetenzen ein allgemeines Basiswissen bilden und dass sie für eine kompetente Teilhabe in der Lebenswelt eine zentrale und grundlegende Schlüsselqualifikation darstellen (u. a. Bergner et al., 2018; Eickelmann, 2017; Ferrari, 2013; Irion, 2016; Klafki, 2005; Straube et al., 2018). Der Aufbau von Medienkompetenzen im Bildungsbereich hat durch das im Jahr 2016 verabschiedete Strategiepapier der Kultusministerkonferenz zusätzlich an Relevanz gewonnen. Das Strategiepapier legt fest, dass jedes Fach ab der Primarstufe seinen Beitrag zum Aufbau von Medienkompetenzen bei den Lernenden zu leisten hat (KMK, 2016). Auch internationale Vergleiche von Lehrplänen aus der Primarstufe zeigen, dass die Vermittlung digitaler Kompetenzen fest verankert ist (u. a. Computing at School, 2013; CSTA, 2017; D-EDK, 2016). Unter dem Begriff der Medienkompetenz werden unter anderem informatische Inhalte mit dem Unterthema

Programmieren subsummiert (u. a. Baumgartner et al., 2015; Bergner et al., 2018; Centeno et al., 2020; KMK, 2016; Medienberatung NRW, 2018; Straube et al., 2018).

Empirische Befunde belegen, dass Grundschulkinder unter Verwendung von geeignetem Material Algorithmisierungen begreifen und anwenden können (Gibson, 2012; Hoffmann et al., 2017; Schwill, 2001; Weigend, 2009). Jedoch existieren nur lückenhafte Erkenntnisse darüber, welche informatischen Kompetenzen in der Primarstufe erworben werden können (Bergner et al., 2018). Insbesondere der Aufbau von Programmierkompetenzen im Sachunterricht stand bisher nicht im Zentrum empirischer Studien. Eine Etablierung informatischer Inhalte im Sachunterricht wird durch aktuelle Literatur befürwortet (u. a. GI, 2019; Goecke et al., 2017; Straube et al., 2018). Um dies zu erreichen, sollen insbesondere die beiden folgenden Fragen erforscht werden:

- Über welche speziellen Programmierkompetenzen verfügen die Kinder?
- Wie lassen sich die Kompetenzen im Sachunterricht messen?

Dazu bietet sich ein entsprechendes Diagnoseinstrument an, welches Programmierkompetenzen von Kindern abbildet. In dem vorliegenden Artikel folgt die Kompetenztestkonzipierung dem Entwicklungskreislauf nach Wilson (2005), welcher die vier Bausteine *theoretisches Konstrukt, Aufgabenentwicklung, Ergebnisraum* und *Messmodell* umfasst. Die Basis für das theoretische Konstrukt wurde mit einer theoriegeleiteten Literaturanalyse bereits in Heinrichs (2020) dargelegt. Das Ergebnis von Heinrichs (2020) ist ein zweidimensionales theoretisches Konstrukt der Programmierkompetenz. Dieses Modell wird durch die Inhaltsdimension und die kognitive Dimension aufgespannt. Dabei charakterisiert die Inhaltsdimension die Programmierbausteine Sequenz, Alternative und Iteration und die kognitive Dimension definiert Ausprägungsniveaus, welche an die Anforderungsbereiche der Bildungsstandards angelehnt sind (Heinrichs, 2020; KMK, 2005a; KMK, 2005b). Darauf aufbauend werden in diesem Artikel das Kompetenzmodell erweitert (Abschnitt 2), das methodische Vorgehen der Aufgabenentwicklung dargelegt, erste Aufgabenbeispiele gezeigt (Abschnitt 3) und zukünftige Schritte präsentiert (Abschnitt 4). Abbildung 1 verdeutlicht den Ablauf des Studiendesigns sowie den Aufbau des Artikels.

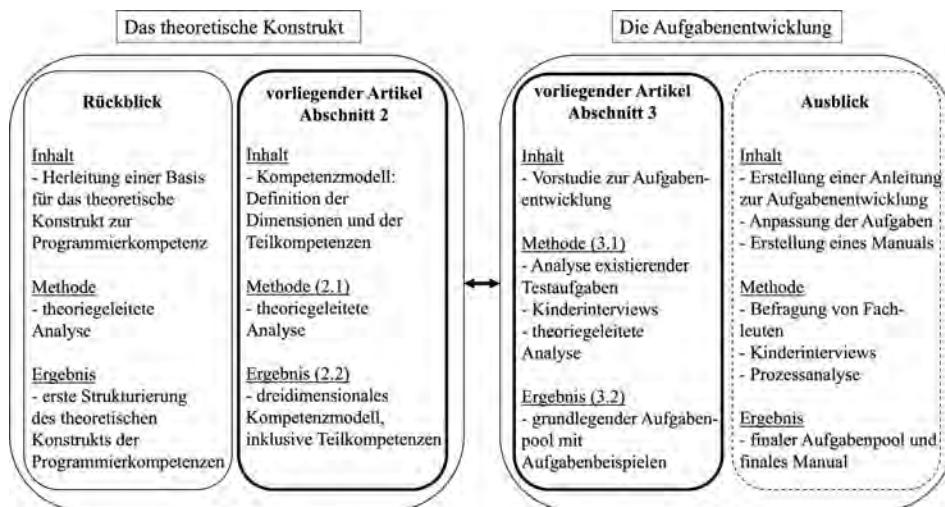


Abbildung 1: Studiendesign und Artikelaufbau

2. Das theoretische Konstrukt der Programmierkompetenz im Sachunterricht

Zur Beschreibung des theoretischen Konstrukturts eignen sich Kompetenzmodelle. Diese berücksichtigen eine oder mehrere Dimensionen und ordnen jeder Dimension verschiedene Ausprägungen zu (Kauertz et al., 2010; Klieme, 2004; Schecker & Parchmann, 2006). Häufig werden auf Grund der Übersichtlichkeit zur Darstellung Koordinatensysteme gewählt (Kauertz, 2014).

Basierend auf dem „Kompetenzmodell zur grundlegenden Programmierkompetenz im Sachunterricht“ (KMgPS) (Heinrichs, 2020, S. 341) wird in Abschnitt 2.1 eine mögliche Kompetenzbeschreibung literaturbasiert hergeleitet. Diese dient im KMgPS als Grundlage zur Spezifizierung der Inhaltsdimension, zur Definition einer Handlungsdimension sowie zur detaillierten Beschreibung der kognitiven Dimension. Abschnitt 2.2 präsentiert das theoretische Konstrukt zur Programmierkompetenz inklusive Beschreibungen der Teilkompetenzen.

2.1 Methodik

Zur Herleitung einer möglichen Definition der Programmierkompetenz werden im Bereich der informatischen Bildung verschiedene Kompetenzmodelle mit unterschiedlicher Kompetenzbeschreibung berücksichtigt. Dafür werden

das Modell der *Kompetenzen in der digitalen Welt* (KMK, 2016), der *Medienkompetenzrahmen NRW* (mpfs, 2018), der *Lehrplan Sachunterricht für die Primarstufe in NRW* (MSB, 2021), das *Konstrukt der Kompetenzen im Bereich „Computational Thinking“* (Eickelmann et al., 2019), die *Zieldimensionen informatischer Bildung auf Ebene der Kita- und Grundschulkinder* (Bergner et al., 2018) und die *Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich* (GI, 2019) untersucht. Insgesamt ergibt die Analyse der Modelle folgende Definition für die grundlegende Programmierkompetenz: *Algorithmen mit den Programmierbausteinen (Sequenz, Alternative und Iteration) entwerfen, implementieren und testen*. Diese Kompetenzformulierung bildet die Grundlage zur Dimensionierung des KMgPS.

Die Inhaltsdimension definiert Algorithmen mit den Programmierbausteinen *Sequenz, Alternative* oder *Iteration*. Die Teilbereiche werden zwecks Messbarkeit als eine in sich geschlossene Einheit betrachtet (Eggert & Bögeholz, 2014). Es ergeben sich folgende Definitionen:

- *Sequenz*: Die Sequenz wird als eine Abfolge von Befehlen verstanden.
- *Alternative*: Die Alternative wird als eine Bedingung verstanden, die entweder wahr oder falsch sein kann (Boolescher Ausdruck) und dadurch bestimmt, welche von zwei Anweisungsfolgen im Anschluss ausgeführt wird.
- *Iteration*: Die Iteration (Schleife) wird genutzt, um Anweisungen wiederholt auszuführen. Dabei wird zwischen Zählschleifen und bedingten Schleifen unterschieden. Bei einer Zählschleife ist die Anzahl der vorzunehmenden Wiederholungen vorher nummerisch festgelegt. Bei der bedingten Schleife wird die Anzahl der Wiederholungen durch die Bedingung bestimmt, die zum Beenden des Schleifenprozesses erfüllt sein muss (Fischer & Hofer, 2011; GI, 2019).

Die Prozessdimension beinhaltet die prozessbezogenen Kompetenzen (Handlungswissen) *entwerfen, implementieren* und *testen*. Diese Verben sind auf die Bausteine Entwurf, Implementierungsphase und Testphase aus der Programmierung zurückzuführen (Claus & Schwill, 2006). Basierend auf den in der Literatur festgelegten Definitionen werden die prozessbezogenen Kompetenzen auf Kinderebene übertragen und wie folgt bestimmt:

- *entwerfen*: Zu einem Sachverhalt oder einer Problemstellung wird ein Algorithmus entwickelt.
- *implementieren*: Ein Algorithmus wird mithilfe von digitalen und/oder analogen Lernmaterialien in einem Programm realisiert.

- *testen*: Zu einem Sachverhalt oder einer Problemstellung wird ein Algorithmus hinsichtlich Korrektheit und Komplexität überprüft und angepasst (Claus & Schwill, 2006; GI, 2019).

Die kognitive Dimension wird zwecks Messbarkeit und Entwicklung von Testaufgaben in die Anforderungsbereiche der Bildungsstandards untergliedert (Kauertz et al., 2010). Für die Grundschule existieren für das Fach Mathematik und Deutsch länderübergreifende Formulierungen zu Anforderungsbereichen (KMK, 2005a; KMK, 2005b). Aus diesen Definitionen werden folgende Formulierungen für die kognitive Dimension vorgeschlagen:

- *reproduzieren (I)*: Wiederholung von bekanntem Wissen mithilfe routinierter Verfahren.
- *anwenden (II)*: Rückgriff auf bekanntes Wissen und bekannte Verfahren, um Zusammenhänge herzustellen.
- *reflektieren (III)*: Bewältigung neuer Problemstellungen. Findung eigener Lösungswege. Erfordert komplexe Verfahren wie das Strukturieren, Beurteilen und/oder Verallgemeinern.

Die kognitive Dimension ist als eine kontinuierliche Skala zu verstehen, welche sich in beide Richtungen unendlich weit aufspannt (Wilson, 2005, S. 26 ff).

2.2 Ergebnis

Durch die vorangestellte Literaturanalyse lässt sich das in Abbildung 2 dargestellte KMgPS entwickeln.

Die Ebene der Sequenz ist schwarz markiert, da für diesen Bereich des KMgPS Teilkompetenzen definiert werden (s. Tabelle 1). Diese Teilkompetenzen lassen sich ebenso auf die Ebenen der Alternative und Iteration übertragen. Somit kann die inhaltlich gefüllte Ebene der Sequenz jeweils durch die Ebenen Alternative und Iteration (untergliedert in Zählschleife und bedingte Schleife) substituiert werden. Durch die Kombination der drei Dimensionen ergeben sich 36 Teilkompetenzen. Allerdings sind die inhaltlich gefüllten Würfel nicht als in sich abgeschlossene Kompetenzbeschreibungen zu verstehen. Vielmehr geht es darum Kompetenzen zu akkumulieren, um Aufgaben geeigneter abilden zu können.

Prozessdimension Kognitive Dimension	reproduzieren	anwenden	reflektieren
entwerfen	Zu einem Sachverhalt oder einer Problemstellung wird ein Algorithmus (bestehend aus Sequenzen) entworfen, indem ein passender Algorithmus identifiziert wird.	Zu einem Sachverhalt oder einer Problemstellung wird ein Algorithmus (bestehend aus Sequenzen) entworfen, indem der Algorithmus vervollständigt wird.	Zu einem neuen Sachverhalt oder einer neuen Problemstellung wird ein Algorithmus (bestehend aus Sequenzen) entworfen, indem eigene Lösungswege gefunden werden.
implementieren	Ein Algorithmus (bestehend aus Sequenzen) wird implementiert, indem eine bekannte Entwurfsform in ein entsprechend bekanntes Programm übersetzt wird.	Ein Algorithmus (bestehend aus Sequenzen) wird implementiert, indem bekannte Entwurfsformen in neuen Programmen vervollständigt werden.	Ein Algorithmus (bestehend aus Sequenzen) wird implementiert, indem unbekannte Entwurfsformen flexibel in neue Programme übersetzt werden.
testen	Zu einem Sachverhalt oder einer Problemstellung wird ein Algorithmus (bestehend aus Sequenzen) getestet, indem Störungen und verzichtbare Anweisungen benannt werden.	Zu einem Sachverhalt oder einer Problemstellung wird ein Algorithmus (bestehend aus Sequenzen) getestet, indem Fehler behoben und Vereinfachungen vorgenommen werden.	Zu einem Sachverhalt oder einer Problemstellung wird ein Algorithmus (bestehend aus Sequenzen) getestet, indem Anpassungen beurteilt werden.

Tabelle 1: Teilkompetenzen des KMgPS mit dem inhaltlichen Schwerpunkt der Sequenz (Substitut für Alternative und Iteration).

3. Die Aufgabenentwicklung

Für die Aufgabenentwicklung ist eine Verbindung zwischen dem theoretischen Konstrukt und den Aufgaben notwendig, da die im Konstrukt beschriebenen Fähigkeiten über die Aufgaben abgebildet werden (Kauertz, 2014). Basierend auf dem KMgPS (Abbildung 2) lassen sich geeignete Aufgaben konzipieren (Kauertz et al., 2010). Bis ein angemessener Aufgabenpool vorliegt ist eine iterative Rückkopplung zwischen den Aufgaben und dem Kompetenzmodell ratsam (Wilson, 2005, S. 10). Folgende methodische Schritte werden in Anlehnung an Eggert und Bögeholz (2014) zur Realisierung des Aufgabenpools vorgenommen. In Absatz 3.1 werden existierende Testaufgaben analysiert. Darauf aufbauend und basierend auf dem KMgPS werden Vorüberlegungen zur Realisierung von analogen Programmieraufgaben vorgenommen. Diese werden von Grundschulkindern der zweiten und dritten Klasse während eines Interviews bearbeitet. Aus den Ergebnissen wird in Absatz 3.2 ein grundlegender Aufgabenpool abgeleitet und es werden Beispilaufgaben dargelegt.

3.1 Methodik

Zur Analyse von existierenden Testaufgaben wird auf die Aufgaben aus den Bundesweiten Informatikwettbewerben (BWINF, o. J.) zurückgegriffen. Ein bewährtes Vorgehen ordnet dabei zunächst Aufgaben den entsprechenden In-

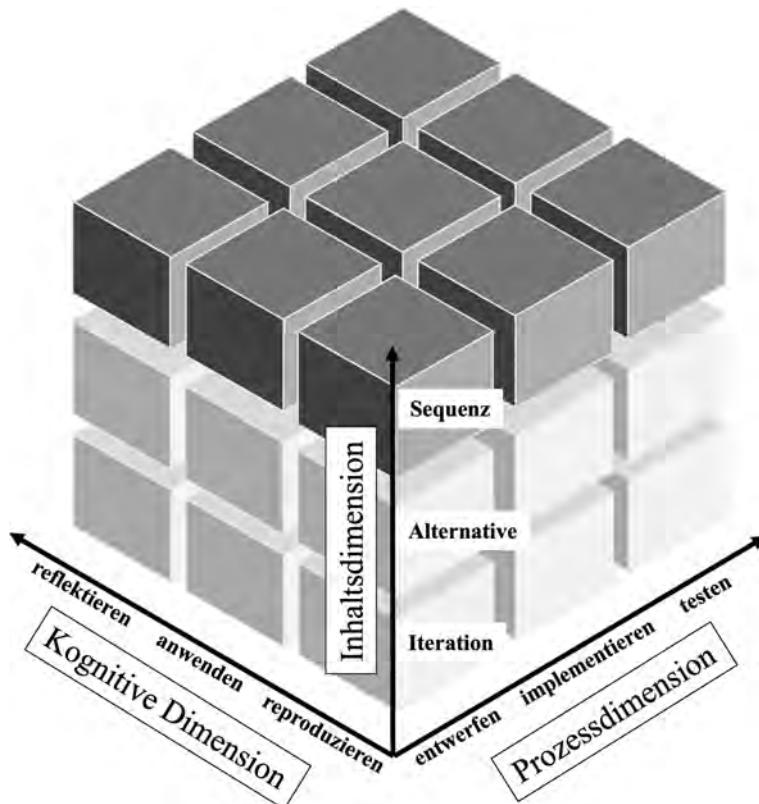


Abbildung 2: KMgPS bestehend aus der Inhaltsdimension **Sequenz**, **Alternative**, **Iteration** (Zählschleife und bedingte Schleife), der kognitiven Dimension **reproduzieren**, **anwenden**, **reflektieren** und der Prozessdimension **entwerfen**, **implementieren**, **testen**.

haltsbereichen (*Sequenz*, *Alternative* und *Iteration*) zu. Anschließend werden die Aufgaben innerhalb der Themengebiete hinsichtlich möglicher Schwierigkeitsmerkmale analysiert und danach entsprechend kategorisiert. Erste Ideen für mögliche Schwierigkeitsgrade und Inhalte zur Entwicklung der Interviewaufgaben werden aus dieser Analyse gewonnen. In Kombination mit dem KMgPS werden anschließend eigene offene, halboffene und geschlossene Aufgaben entwickelt (Graf, 2001). Im Fokus der Aufgabenentwicklung steht die Prozessebene *entwerfen*, welche die Inhalte *Sequenz*, *Alternative* und *Iteration* sowie die kognitiven Anforderungen *reproduzieren*, *anwenden* und *reflektieren* beinhaltet (Abbildung 2). Es werden zwei Ziele verfolgt: Zum einen sollen mit Hilfe der Aufgaben Situationen kreiert werden, welche die jeweiligen Teilkompetenzen abbilden und zum anderen soll durch die Aufgaben ein gewünschtes und beobachtbares Probandenverhalten hervorgerufen werden. Eine geeignete Vorgehensweise bildet die Befragung der Kinder, während diese die Testaufga-

ben durchführen (Kauertz, 2014). Dies kann mithilfe von diagnostischen Interviews erfolgen. Diese Methode beinhaltet das Identifizieren von kognitiven Aktivitäten und geistigen Strukturen der Kinder während der Problembearbeitung. Das geschieht über eine gezielte Fragestellung, welche den Fokus auf den Lösungsprozess legt. Bei diesem Vorgehen gilt es herauszufinden, wie die Versuchspersonen das Problem verstehen, bearbeiten und lösen. Das Erzielen eines korrekten Endergebnisses ist dabei nicht notwendig (Selter & Spiegel, 1997; Wittmann, 1982). Für eine gezielte Fragestellung im Sinne des diagnostischen Interviews bietet sich ein stringenter Aufbau der Interviewleitfragen an. Dieser Aufbau ermöglicht spontane und flexible Reaktionen der testenden Person auf die Kinderantworten. Zudem ist die Methode *lautes Denken* praktikabel, welche die Befragten dazu aktiviert, ihre Gedankengänge zu verbalisieren (Ericsson & Simon, 1993). Für eine adäquate Interviewauswertung sind unterstützende Videoaufzeichnungen empfehlenswert (Trautmann, 2010). Zur Entwicklung eines grundlegenden Aufgabenpools werden diese videobasierten Interviews angelehnt an die Methode *zusammenfassendes Protokoll* evaluiert. Bei dieser Auswertungsmethode werden die Teile aus den Interviews herausgefiltert, die zur Beantwortung der Evaluationsfragen dienlich sind (Trautmann, 2010). Ziel ist es, die Ergebnisse aus den Kinderinterviews in Kombination mit dem Kompetenzmodell (Abbildung 2) zu nutzen, um einen grundlegenden Aufgabenpool zu entwickeln (Eggert & Bögeholz, 2014).

3.2 Ergebnisse

Im Juni 2020 erfolgte eine Durchführung der o.g. Kinderinterviews an einer Grundschule in NRW. An der Vorstudie haben zwölf Grundschulkinder aus der zweiten Klasse teilgenommen. Basierend auf der Ebene der Prozessdimension *entwerfen* wurden 48 Aufgaben entwickelt. Jedes Kind bearbeitete Aufgaben aus einem Inhaltsbereich (*Sequenz*, *Alternative* und *Iteration*), welcher jeweils die drei kognitiven Anforderungen (*reproduzieren*, *anwenden* und *reflektieren*) abdeckte. Dabei standen insgesamt sechs Sequenz-Aufgaben, 30 Alternativ-Aufgaben und zwölf Iterations-Aufgaben zur Verfügung. Die Interviews dauerten durchschnittlich 15 Minuten pro Kind. Bei der Auswertung der Interviews zeigten die Herangehensweisen und die gewählten Lösungswege der Kinder, dass Sequenz-Aufgaben gut gelöst werden konnten. Zur Lösung der Alternativ-Aufgaben benötigten die Kinder teilweise Unterstützung. Die größten Probleme bereiteten den Kindern Iterations-Aufgaben. Damit die Aufgaben im zweiten Schuljahr einsetzbar sind, sind weitere Erkenntnisse für die Aufgabenentwicklung zu berücksichtigen:

- einfach, eindeutig und kurz formulierte Aufgabenstellungen,
- eine Musteraufgabe zu Beginn eines neuen Aufgabenformates, damit Rückfragen bezüglich Material, Aufgabenformulierung und Befehlsbedeutung gestellt werden können,
- übersichtliche und auf das Wesentliche reduzierte Spielfelder, bildliche Darstellungen und Symbole zur Aufgabenrepräsentation.

Die daraus gewonnenen Erkenntnisse dienen in Kombination mit dem KMgPS (Fokus: Prozessdimension *entwerfen*, Inhaltsdimension und kognitive Dimension) als Basis zur Entwicklung eines grundlegenden Aufgabenpools von zwölf Items und vier Musteraufgaben. Drei Items zählen zu dem Bereich der Sequenz und drei Items zu dem Bereich der Alternative sowie sechs Items zu dem Bereich der Iteration, wobei drei Items der Zählschleife und drei Items der bedingten Schleife (Abschnitt 2.1) zugeordnet werden. Ein Querschnitt von drei Aufgabenbeispielen zeigt Abbildung 3. Für ein besseres Verständnis sind zusätzliche Formulierungen aus den einführenden Musteraufgaben in die Aufgabenbeispiele eingearbeitet.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend konnte in diesem Artikel ein Kompetenzmodell zur grundlegenden Programmierkompetenz im Sachunterricht mit der Prozessdimension (*entwerfen*, *implementieren* und *testen*), der Inhaltsdimension (*Sequenz*, *Alternative* und *Iteration*) und der kognitiven Dimension (*reproduzieren*, *anwenden* und *reflektieren*) literaturbasiert hergeleitet werden. Die sich daraus ergebenden Teilkompetenzen wurden, wie in Tabelle 1 dargestellt, definiert. Mit dem entwickelten KMgPS zeigt die vorliegende Studie eine wichtige Grundlage zur Entwicklung eines Aufgabenpools auf. Weitere wichtige Ergebnisse zur Aufgabenentwicklung lieferten die Kinderinterviews:

- Musteraufgaben zu Beginn eines neuen Aufgabenformates einsetzen,
- kurze, eindeutige Aufgabenstellungen formulieren,
- symbolische, bildliche und einfache Darstellungsformen nutzen.

Zusätzlich hat sich herausgestellt, dass Aufgaben mit dem Thema Sequenz, Alternative und Iteration unter Berücksichtigung zuvor genannter Bedingungen für die zweite Klasse als geeignet erscheinen. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde ein erster Aufgabenpool von 12 Items entworfen. Ein Auszug von drei Aufgabenbeispielen, welche das inhaltliche Thema *Sequenz* mit dem Prozess *entwerfen* auf den kognitiven Stufen *reproduzieren*, *anwenden*

Aufgabenbeispiel I

 Inhaltsdimension: Sequenz
Prozessdimension: entwerfen
Kognitive Dimension: reproduzieren

Die Figur folgt den Pfeilen zum Haus.

Aufgabe
Welche Lösung zeigt den passenden Weg?

Kreuze an.

Aufgabenbeispiel II

 Inhaltsdimension: Alternative
Prozessdimension: entwerfen
Kognitive Dimension: anwenden

Aufgabe
Die Figur geht ohne Umwege zum Haus (**Spieldfeld**).

Die **Karte** gibt der Figur die Befehle, was die Figur machen muss. Leider sind die Befehle teilweise verloren gegangen.

Finde die passenden Befehle, damit die Figur am Haus ankommt.
Trage die Lösung auf der Karte ein.

Nutze die Pfeile: .

Spieldfeld

Karte

Die Figur steht auf einem **grauen Feld**.

Ja: Gehe ,
Nein: Gehe ,

Aufgabenbeispiel III

 Inhaltsdimension: Iteration (Zählschleife)
Prozessdimension: entwerfen
Kognitive Dimension: reflektieren

Aufgabe
Die Figur geht durch das Tal (weiße Felder) zum Haus (**Spieldfeld**). Sie geht eine Schrittfolge mehrmals.

Die **Karte** gibt der Figur die Befehle, was die Figur machen muss. Leider sind die Befehle verloren gegangen.

Finde eine passende Schrittfolge, welche die Figur mehrmals geht.
Trage eine Lösung auf der Karte ein.

Nutze die Pfeile: .

Spieldfeld

		Berg	Berg
			Berg
Berg			
Berg	Berg		

Karte

Schrittfolge:

So oft geht die Figur die Schrittfolge:

Abbildung 3: Aufgabenbeispiel I: Sequenz – entwerfen – reproduzieren;
Aufgabenbeispiel II: Alternative – entwerfen – anwenden; Aufgabenbeispiel III: Iteration (Zählschleife) – entwerfen – reflektieren

und *reflektieren* abbilden (Abbildung 3), konnten im Artikel dargelegt werden.

Aus dieser Studie lassen sich folgende zukünftige Schritte ableiten: Zuerst werden weitere Items basierend auf der Prozessdimension (*entwerfen*), der Inhaltsdimension (*Sequenz*, *Alternative* und *Iteration*) und der kognitiven Dimension (*reproduzieren*, *anwenden* und *reflektieren*) unter Berücksichtigung einer Anleitung zur Aufgabenentwicklung konzipiert. Danach bietet es sich an, ein Manual für die Testperson zu erstellen, welches unter anderem einen Leitfaden und genaue Anweisungen beinhaltet. Der Itempool und das Manual werden danach mithilfe einer Befragung von Fachleuten abgesichert. Im nächsten Schritt müssen mittels Prozessanalyse der Itempool und relevante Teile des Manuals mit einer kleinen Stichprobe von Kindern aus der zweiten Klasse getestet werden. Schließlich werden der Itempool und das Manual finalisiert, bevor der Test durch eine anschließend geplante quantitative Pilotstudie geprüft wird.

Literatur

- Baumgartner, P., Brandhofer, G., Ebner, M., Gradinger, P. & Korte, M. (2015). Medienkompetenz fördern – Lehren und Lernen im digitalen Zeitalter. In M. Bruneforth, F. Eder, K. Krainer, C. Schreiner, A. Seel & C. Spiel (Hrsg.), *Nationaler Bildungsbericht Österreich 2015 Band 2: Fokussierte Analysen bildungspolitischer Schwerpunktthemen* (S. 95–132). Graz: Leykam. <http://dx.doi.org/10.17888/nbb2015-2>
- Bergner, N., Hubwieser, P., Köster, H., Magenheim, J., Müller, K., Romeike, R., Schroeder, U. & Schulte, C. (2018). *Frühe informative Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich*. Berlin: Barbara Budrich. <https://doi.org/10.2307/j.ctvbkk1sq>
- Bundesweite Informatikwettbewerbe (BWINF) (o.J.). Verfügbar unter: <https://bwinf.de> [31.08.2020].
- Centeno, C., Kluzer, S. & O’Keeffe, W. (2020). *DigComp at Work: Implementation Guide*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi:10.2760/936769>
- Claus, V. & Schwil, A. (2006). *Duden Informatik A-Z: Fachlexikon für Studium, Ausbildung und Beruf* (4., bearb. Aufl.). Mannheim: Dudenverlag.
- Computer Science Teachers Association (CSTA) (2017). *K-12 computer science standards*. Verfügbar unter: <https://csteachers.org/page/standards/> [13.01.2020].
- Computing at School (2013). *Computing in the national curriculum: A guide for primary teachers*. Bedford: Newnorth Print.

- Deutschschweizer Erziehungsdirektoren Konferenz (D-EDK) (2016). *Lehrplan 21: Medien und Informatik*. Luzern: D-EDK.
- Eggert, S. & Bögeholz, S. (2014). Entwicklung eines Testinstruments zur Messung von Schülerkompetenzen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 371–384). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_2
- Eickelmann, B. (2017). Schulische Medienkompetenzförderung. In H. Gapski, M. Oberle & W. Staufer (Hrsg.), *Medienkompetenz: Herausforderung für Politik, politische Bildung und Medienbildung* (S. 146–154). Bonn: Bundeszentrale für Politische Bildung.
- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M. & Vahrenhold, J. (Hrsg.). (2019). *ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Münster: Waxmann.
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data* (2. Aufl.). Cambridge: MIT. <https://doi.org/10.7551/mitpress/5657.001.0001>
- Ferrari, A. (2013). *DIGCOMP: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi:10.2788/52966>
- Fischer, P. & Hofer, P. (2011). *Lexikon der Informatik* (15. überarb. Aufl.). Heidelberg: Springer. <https://doi10.1007/978-3-642-15126-2>
- Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) (2019). Kompetenzen für informative Bil dung im Primarbereich. *Beilage zu LOG IN*, 39(191/192), 1–26.
- Gibson, J. P. (2012). Teaching graph algorithms to children of all ages. In Association for Computing Machinery (Hrsg.), *ITiCSE' 12: Proceedings of the ACM annual conference on Innovation and technology in computer science education* (S. 34–39). New York: ACM. <https://doi.org/10.1145/2325296.2325308>
- Goecke, L., Stiller, J., Pech, D. & Pinkwart, N. (2017). Informatische Grundbildung: Exploration des Erstzugangs zu Lego® Wedo 2.0 und Cubelets von Drittklässler_innen. In I. Diethelm (Hrsg.), *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt* (S. 417–418). Bonn: GI.
- Graf D. (2001). Welche Aufgabentypen gibt es?. *MNU journal*, 54(7), 422–425.
- Heinrichs, J. (2020). Programmieren im Sachunterricht. In K. Kaspar, M. Becker- Mrotzek, S. Hofhues, J. König & D. Schmeinck (Hrsg.), *Bildung, Schule, Digitalisierung* (S. 339–344). Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830992462>
- Hoffmann, S., Wendlandt, K. & Wendlandt, M. (2017). Algorithmisieren im Grund- schulalter. In I. Diethelm (Hrsg.), *Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt* (S. 73–82). Bonn: GI.
- Irion T. (2016). Digitale Medienbildung in der Grundschule – Primarstufenspezifi- sche und medienpädagogische Anforderungen. In M. Peschel & T. Irion (Hrsg.),

- Neue Medien in der Grundschule 2.0: Grundlagen – Konzepte – Perspektiven* (S. 16–32). Frankfurt am Main: Grundschulverband.
- Kauertz, A. (2014). Entwicklung eines Rasch-skalierten Leistungstests. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 341–353). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_2
- Kauertz, A., Fischer H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 16, 135–153.
- Klafki, W. (2005). Allgemeinbildung in der Grundschule und der Bildungsauftrag des Sachunterrichts. *widerstreit-sachunterricht*, 4, 1–10.
- Klieme, E. (2004). Was sind Kompetenzen und wie lassen sie sich messen?. *Pädagogik*, 6, 10–13.
- Mayer, J. & Wellnitz, N. (2014). Die Entwicklung von Kompetenzstrukturmodellen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 19–29). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_2
- Medienberatung NRW (2018). *Broschüre Medienkompetenzrahmen NRW*. Münster: Medienberatung NRW.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs) (Hrsg.). (2018). *KIM-Studie 2018. Kindheit, Internet, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger*. Verfügbar unter: <https://www.mpfs.de/studien/kim-studie/2018/> [19.08.2021].
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (Hrsg.). (2021). *Lehrpläne für die Primarstufe in Nordrhein-Westfalen*. Verfügbar unter: <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-grundschule/> [19.08.2021].
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 45–66.
- Schubert, S. & Schwill, A. (2011). *Didaktik der Informatik* (2. Aufl.). Heidelberg: Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2653-6>
- Schwill, A. (2001). Ab wann kann man mit Kindern Informatik machen? Eine Studie über informatische Fähigkeiten von Kindern. In R. Keil-Slawik & J. Magenheim (Hrsg.), *Informatikunterricht und Medienbildung* (S. 13–30). Bonn: GI.
- Selter, C. & Spiegel, H. (1997). *Wie Kinder rechnen*. Leipzig: Klett.
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2005a). *Bildungsstandards im Fach Deutsch für den Primarbereich*. München: Luchterhand.
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2005b). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich*. München: Luchterhand.

- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2016). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“*. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf [19.08.2021]
- Straube, P., Brämer, M., Köster, H. & Romeike, R. (2018). Eine digitale Perspektive für den Sachunterricht? Fachdidaktische Überlegungen und Implikationen. *wiederstreit-sachunterricht*, 24, 1–11.
- Trautmann, T. (2010). *Interviews mit Kindern: Grundlagen, Techniken, Besonderheiten, Beispiele*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-92118-1>
- Weigend, M. (2009). Algorithmik in der Grundschule. In B. Koerber (Hrsg.), *Zukunft braucht Herkunft – 25 Jahre „INFOS – Informatik und Schule“* (S. 97–108). Bonn: GI.
- Wilson, M. (2005). *Constructing measures: An item response modeling approach*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9781410611697>
- Wittmann, E. C. (1982). *Mathematisches Denken bei Vor- und Grundschulkindern: Eine Einführung in psychologisch-didaktische Experimente*. Braunschweig: Vieweg.

Mehr als richtig oder falsch?

Digitales formatives Selbst-Assessment verstehensorientiert gestalten

Abstract

Digitale Umgebungen bieten vielfältige Potenziale, Diagnose und Förderung im Mathematikunterricht zu unterstützen. Im Beitrag wird der erste Design-Zyklus bzgl. der Entwicklung und Beforschung eines digitalen, verstehensorientierten Selbst-Diagnostik- und Fördertools (BASE-Tool) zum arithmetischen Basiswissen vorgestellt. Der Beitrag untersucht anhand einer exemplarischen Aufgabe im Themenbereich der Multiplikation, wie automatisiertes Feedback im Rahmen von Selbst-Assessmentprozessen das fachliche Lernen und das Selbst-Assessment der Lernenden unterstützen kann. Zudem werden Gelingensbedingungen und Hürden beschrieben sowie erste Design-Empfehlungen abgeleitet.

1. Einführung

Eine individuelle diagnosegeleitete Förderung der Lernenden (sogenanntes *formatives Assessment*) ist einer der wichtigsten Faktoren, um mathematische Lernprozesse tragfähig zu gestalten (Black & Wiliam, 2009). Dabei bieten digitale Medien zum Beispiel durch dynamische Visualisierungen, Adaptivität und Feedback vielfältige Möglichkeiten, mathematische Diagnose- und Förderprozesse zu unterstützen (Olsher et al., 2016). Gegenwärtig lassen sich jedoch vor allem zwei Herausforderungen mit Bezug zu digitalen Diagnose- und Fördertools benennen: Zum einen beschränken sich digitale Diagnose- und Fördertools meist auf oberflächliche Diagnosen in den Dimensionen *korrekt/inkorrekt*, wodurch das individuelle Verstehen und die Vorstellungen der Lernenden kaum diagnostiziert werden können (Olsher et al., 2016; Thurm, 2021b, Thurm & Graewert, 2022). Ebenso lässt sich feststellen, dass Lernenden meist keine aktive Rolle im Diagnoseprozess zukommt, sondern die Diagnosen oftmals automatisch durch das System erfolgen, während Lernende lediglich

passive Empfänger:innen der Diagnosen sind (Ruchniewicz, 2021; Thurm, 2021b, Thurm & Graewert, 2022). Einem konstruktivistischen Verständnis von Diagnose und Förderung wird hierdurch kaum Rechnung getragen (Bull & McKenna, 2004, S. 13; Cizek, 2010; Ruchniewicz, 2021).

Ausgehend von diesen Befunden wird im Projekt BASE, welches ein kooperatives Forschungs- und Entwicklungsprojekt im Rahmen des Deutschen Zentrums für Lehrkräftebildung (DZLM) ist, ein digitales verstehensorientiertes Selbst-Diagnose- und Fördertool (BASE-Tool) zum arithmetischen Basiswissen entwickelt und beforscht. Im vorliegenden Beitrag wird exemplarisch für den Bereich der Multiplikation der erste Design-Research-Zyklus (Bakker & van Eerde, 2015), vorgestellt, in dem ein erster Prototyp des BASE-Tools entwickelt und beforscht wurde.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Formatives (Selbst-)Assessment

Formatives Assessment „[...] bezeichnet die lernbegleitende Beurteilung von Schülerleistung mit dem Ziel, diagnostische Informationen zu nutzen, um Unterricht und Lernen zu verbessern“ (Schütze et al., 2018, S. 697) und „gilt als eines der wirksamsten Rahmenkonzepte zur Förderung schulischen Lernens“ (Schütze et al., 2018, S. 697; s.a. Black & Wiliam, 2009; Kingston & Nash, 2011). Wichtige Kernelemente formativen Assessments sind dabei unter anderem die Erfassung des Lernstandes zum Beispiel durch geeignete Aufgaben sowie die Rückmeldung von diagnostischen Informationen (Feedback) an die Lehrkraft oder die Lernenden (Schütze et al., 2018). Während in der Vergangenheit oftmals die Lehrkraft als zentrales Element im formativen Assessmentprozess betont wurde, wird mittlerweile verstärkt die aktive Rolle und Eigenverantwortlichkeit der Lernenden gefordert (Cizek, 2010, S. 7). Ein stärkerer Einbezug der Lernenden in den formativen Assessmentprozess lässt sich dabei insbesondere durch Selbst-Assessments der Lernenden realisieren: „Self-assessment is a process of formative assessment during which students reflect on the quality of their work, judge the degree to which it reflects explicitly stated goals or criteria, and revise their work accordingly“ (Andrade, 2010, S. 91). Selbst-Assessment in diesem Sinne beinhaltet also insbesondere eine fachliche Auseinandersetzung mit eigenen Lernprodukten. Selbst-Assessments werden positive Effekte auf das Lernen auf kognitiver, metakognitiver und affektiver Ebene zugesprochen (Brown & Harris 2013; Bürgermeister & Saalbach 2018). So kann die Auseinandersetzung mit fachlichen Beurteilungs-

kriterien einerseits fachliche Lernprozesse fördern aber auch selbstregulative und metakognitive Strategien unterstützen: „Perhaps the most powerful promise of self-assessment is that it can raise student academic performance by teaching pupils self-regulatory processes, allowing them to compare their own work with socially defined goals and revise accordingly“ (Brown & Harris, 2013., S. 367; s. a. Heritage, 2007; Ruchniewicz, 2021). Von selbstregulativen und metakognitiven Fähigkeiten wiederum ist bekannt, dass sie einen hohen Einfluss auf den Lernerfolg haben (Dignath et al., 2008; Robson et al., 2020;). Gleichzeitig bietet die Übernahme von Eigenverantwortung die Möglichkeit für Kompetenz- und Autonomieerleben. Trotz dieser Vorteile wird in Studien aufgezeigt, dass Selbst-Assessment nur selten von Lehrkräften im Unterricht implementiert wird (Kippers et al., 2018).

2.2 Die Rolle von Technologie im Kontext von formativem Assessment

Digitale Technologien bieten verschiedene Potenziale, um formatives Assessment zu unterstützen (Olsher et al., 2016; Ruchniewicz, 2021, Thurm 2021a). Zum einen können digitale Medien eine interaktive formative Assessmentumgebung bereitstellen (interactive environment), in der zum Beispiel neue verstehensorientierte Aufgabenformate und dynamische mathematische Visualisierungen integriert werden können, welche Lernende unterstützen, mathematische Zusammenhänge besser zu verstehen (Olsher et al., 2016). Zum anderen bieten digitale Technologien die Möglichkeit, Eingaben und Aktionen der Lernenden in der digitalen Umgebung automatisch auszuwerten und auf dieser Basis gezieltes (adaptives) Feedback bereitzustellen (van der Klen et al., 2015, Thurm & Graewert, 2022). Trotz dieser vielfältigen Potenziale lässt sich feststellen, dass technologiegestütztes formatives Assessment oftmals eher geschlossene Aufgabenformate fokussiert und auf prozedurales Wissen und Faktenwissen abzielt, während konzeptuelles Wissen kaum fokussiert wird (Ruchniewicz, 2021; Thurm, 2021b, Thurm & Graewert, 2022). So wird Technologie oftmals lediglich genutzt, um bei einer prozeduralen Aufgabe (z. B. $3 \cdot 4 = \dots$) die Korrektheit der eingegeben Antwort zu prüfen und anschließend ein simples *verification feedback* bereitzustellen. Es besteht hier also deutlicher Bedarf für mehr Entwicklungsforschung insbesondere im Kontext von technologiegestütztem formativem Selbst-Assessment (Ruchniewicz, 2021, Thurm & Graewert, 2022).

2.3 Feedback

Wie bereits erwähnt, ist Feedback ein zentrales Element formativer Assessments. Shute (2008) definiert Feedback als „*information communicated to the learner that is intended to modify his or her thinking or behavior for the purpose of improving learning*“ (Shute, 2008., S. 154). Dabei wird zwischen unterschiedlichen Arten von Feedback unterschieden. So bietet einfaches *verification feedback* Informationen über die Korrektheit der Aufgabenbearbeitung (verification), die korrekte Lösung (correct response), Fehlerstellen (error flagging) oder ermöglicht eine erneute Bearbeitung (try again). Elaboriertes Feedback hingegen bietet tiefergehende Informationen z. B. in Form von Hinweisen, Tipps, Orientierungsbeispielen oder Hinweisen auf Fehlvorstellungen der Lernenden. Dabei wird allgemein von einer höheren Lernwirksamkeit von elaboriertem Feedback ausgegangen (van der Klei, Feskens, & Eggen, 2015). Allerdings ist zu beachten, dass die individuelle Ausgestaltung des Feedbacks entscheidend ist. So zeigt etwa Rezat (2021), dass Feedback von Lernenden auf vielfältige Art und Weise nicht-intendierte Wirkungen entfalten kann. Die Feststellung, dass die Bedeutung von Feedback nicht allein von der Person die das Feedback bereitstellt determiniert wird, hat dazu geführt, dass Feedback mittlerweile nicht nur im Sinne von Shute (2008) als „*Information communicated to the learner*“ (Shute, 2008, S. 154) aufgefasst wird, sondern vielmehr als komplexer bidirektonaler *Prozess* konzeptualisiert wird, bei dem Lernende der bereitgestellten Information aktiv Sinn zuschreiben und das Feedback für ihren Lernprozess instrumentalisieren (Rezat, 2021). Es wird daher gefordert, in Forschungen zum Feedback stärker zu fokussieren, wie Lernende Feedback wahrnehmen, interpretieren und im Lernprozess für das fachliche Lernen nutzen und wie Lernumgebungen gestaltet werden müssen, um diese Prozesse produktiv zu unterstützen (Esterhazy & Damşa, 2019; Molloy & Boud, 2014; Rezat, 2021).

3. Forschungsfragen

Ziel des BASE-Projektes ist die Entwicklung und Beforschung eines digitalen verstehensorientierten Selbst-Assessment-Tools (BASE-Tool) zum arithmetischen Basiswissen aus der Grundschule, bei dem die Lernenden aktiv in den Diagnose- und Förderprozess einbezogen werden. Im vorliegenden Beitrag, in dem der erster Design-Research-Zyklus des Projektes vorgestellt wird, werden die folgenden zwei Forschungsfragen in den Blick genommen:

- F1: Wie beeinflusst automatisiertes Feedback im Rahmen von Selbst-Assessmentprozessen das fachliche Lernen und das Selbst-Assessment der Lernenden und welche Rolle spielen dabei unterschiedliche Feedback-Arten?
- F2: Welche Gelingensbedingungen und Hürden bzgl. des automatisierten Feedback zeigen sich im Rahmen des Selbst-Assessments und welche Design-Prinzipien lassen sich daraus ableiten?

4. Entwicklung der digitalen Selbst-Assessment-Umgebung

Die Entwicklung des BASE-Tools greift auf Vorarbeiten aus dem papierbasierten Selbstdiagnose- und Förderkonzept „Rechenbausteine“ (Hußmann et al., 2011; Prediger et al., 2011) zurück. In diesem Konzept stehen neben prozeduralen Aufgaben vor allem verstehensorientierte Diagnoseaufgaben im Fokus, bei denen die Lernenden ihre Lösungen anhand von fachlichen Checklisten selbst beurteilen. Die Konzeption des BASE-Tools übernimmt diesen Ansatz und fokussiert zusätzlich die folgenden zwei Design-Prinzipien:

- Lernende erhalten automatisches Feedback zu ihrem Selbst-Assessment, wobei unterschiedliche Feedbackarten verwendet werden.
- Elaboriertes Feedback wird, soweit möglich, über verstehensförderliche interaktive Visualisierungen realisiert.

Das Design wird im Folgenden exemplarisch an einer Diagnoseaufgabe aus dem mathematischen Inhaltsbereich der Multiplikation erläutert. Zunächst erhalten die Lernenden den Auftrag, zu einer Multiplikations-Aufgabe ein passendes Bild in einen vorgegebenen Zahlenstrahl zu zeichnen. Das Einzeichnen kann über eine Touch-Oberfläche am iPad oder per Maus an einem PC erfolgen. Aus den Freihandbögen werden im Anschluss computerbasiert stilisierte Bögen generiert. Nach Absenden der Aufgabenbearbeitung erhalten die Lernenden eine Selbst-Checkliste (siehe z. B. Abbildung 1). Die Lernenden sollen nun überprüfen, inwiefern die eigene Lösung die Kriterien der Checkliste erfüllt (Selbst-Assessment). Falls die Lernenden unsicher sind oder eine Checklisten-Frage nicht verstanden haben, kann auch die Antwort *Unsicher* gewählt werden. Nach Durchführung des Selbst-Assessments erfolgt eine Prüfung des Selbst-Assessments durch das System. Bei fehlerhaftem Selbst-Assessment werden sukzessive die in Tabelle 1 dargestellten Feedbacks bereitgestellt. Die Feedbacks setzen sich aus unterschiedlichen Teilkomponenten zusammen. So erhalten die Lernenden beim 1. Feedback einen textlichen Hinweis inwiefern ein Fehler vorliegt (verification) und die Möglichkeit, das Selbst-Assessment

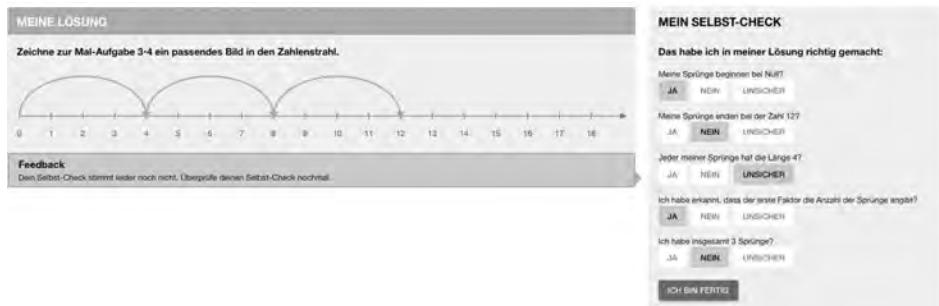


Abbildung 1: Erstes Feedback

zu ändern (try-again). Das zweite und dritte Feedback enthält neben einem Hinweis, ob das Selbst-Assessment korrekt war (verification) auch eine dynamische Musterlösung. In der Musterlösung können sich Lernende einerseits durch das Klicken auf einen *Abspielen*-Button die Sprünge sukzessive abspielen lassen. Zudem können durch das Anklicken verschiedener Buttons Visualisierungshilfen angezeigt werden (z. B. *Anzahl der Sprünge*, siehe Abbildung 2). Das dritte Feedback enthält neben der Musterlösung auch die Auflösung, an welchen Stellen das Selbst-Assessment korrekt war (siehe Abb. 3). Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die verschiedenen Feedbackarten. Abbildungen 1, 2 und 3 zeigen das BASE-Tool mit der Umsetzung des Feedbacks (die abgebildeten Antworten im Selbst-Check sind fiktiv zu illustrativen Zwecken).

Tabelle 1: Implementierte unterschiedliche Feedbackarten

	1. Feedback	2. Feedback	3. Feedback
Feedback-Art	<u>Verification Feedback:</u> Verification + Try again	<u>Elaboriertes Feedback:</u> Verification + Musterlösung + Try again	<u>Elaboriertes Feedback:</u> Correct response + Musterlösung
Beschreibung	Die Lernenden erhalten die Meldung: <i>Dein Selbst-Check stimmt leider noch nicht. Überprüfe deinen Selbst-Check nochmal.</i> Anschließend können Lernende ihren Selbstcheck korrigieren.	Die Lernenden erhalten die Meldung: <i>Dein Selbst-Check ist leider noch nicht ganz richtig. Schaue dir die Musterlösung an. Überprüfe dann deinen Selbst-Check.</i> Anschließend können Lernende ihren Selbstcheck korrigieren.	Die Lernenden erhalten die Meldung: <i>Schau was in deinem Selbst-Check richtig war.</i>
Dynamisches Feedback	Keine	Dynamische Musterlösung	Dynamische Musterlösung

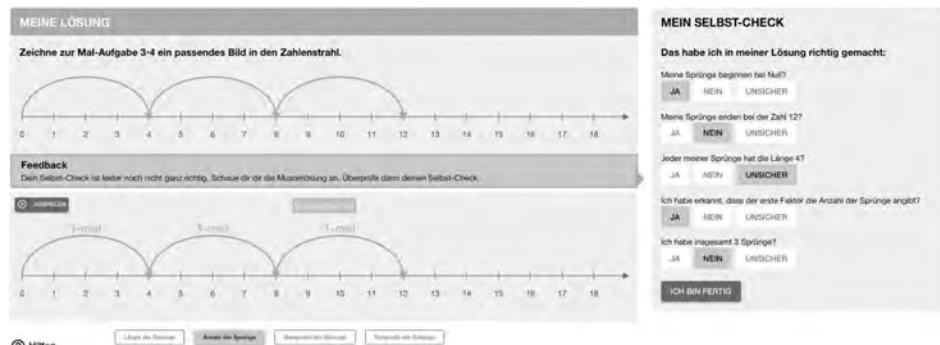


Abbildung 2: Zweites Feedback

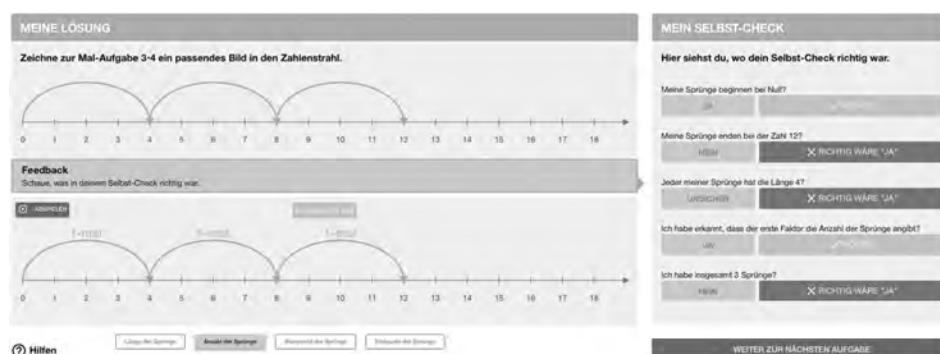


Abbildung 3: Drittes Feedback

5. Studiendesign

Das entwickelte Tool-Design wurde in einem Laborsetting mit acht Lernenden einer Grundschule erprobt. Die Lernenden bearbeiteten zunächst die Aufgabe 3 · 4, führten anschließend das Selbst-Assessment durch, zu dem bei fehlerhaften Selbst-Assessments automatisches Feedback (siehe Tabelle 1) bereitgestellt wurde. Anschließend durchliefen die Lernenden denselben Zyklus bei der Aufgabe 3 · 3. Die Lernenden waren aufgefordert, während der Bearbeitung ihre Gedankengänge zu explizieren (Methode des lauten Denkens; Konrad, 2010). Bei ausbleibender oder unzureichender Explikation der Gedankengänge wurden die Lernenden daran erinnert, ihre Gedanken zu äußern oder es wurden vertiefende Nachfragen gestellt. Im Anschluss an die Aufgabenbearbeitung wurden halbstrukturierte Interviews mit den Lernenden durchgeführt. In diesen wurde gezielt gefragt, welche Elemente als hilfreich oder hinderlich wahrgenommen wurden und inwiefern die Lernenden glauben, dass sie sich

bei zukünftigen Aufgaben desselben Typs besser selbst diagnostizieren können. Der Bearbeitungsprozess der Lernenden wurde videografiert. In einem ersten Auswertungsschritt erfolgte eine qualitative Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2016) der Aufgabenbearbeitungen mit dem Ziel, induktiv Kategorien zu entwickeln, welche erfassen, wie Lernende das Feedback wahrnehmen, interpretieren und im Lernprozess für das fachliche Lernen nutzen (Rezat, 2020). Hierbei wurden die in Tabelle 2 dargestellten Kategorien identifiziert. Die grau hinterlegten Kategorien beziehen sich dabei ausschließlich auf Feedback 2 und 3, welche die interaktive Musterlösung enthalten. Anhand der Kategorien kann abgebildet werden, inwiefern automatisiertes Feedback im Rahmen von Selbst-Assessmentprozessen Wissensentwicklungsprozesse und das Selbst-Assessment der Lernenden beeinflusst und welche Rolle dabei die unterschiedliche Feedback-Arten spielen (F1). Ausgehend hiervon können dann Hürden und Gelingensbedingungen identifiziert werden (F2).

Tabelle 2: Identifizierte Kategorien bzgl. des Umgangs mit dem Feedback

Verstehen	Die Lernenden lesen das Feedback entweder laut oder für sich vor und begreifen, was die Aussage des Feedbacktextes ist.
Ignorieren	Die Lernenden lesen das Feedback und ignorieren es oder ignorieren das Feedback, ohne es gelesen zu haben.
Missverstehen	Die Lernenden lesen das Feedback und verstehen Teile des Feedbacks nicht und ziehen daher teilweise falsche Konsequenzen aus dem Feedback.
Überprüfen	Die Lernenden reagieren auf das Feedback, indem sie ihre Lösung kontrollieren. Sie gehen ihr Selbst-Assessment nochmals durch und reflektieren ihre Lösung vor dem Hintergrund des Selbst-Assessments.
Reine Interaktion	Die Lernenden nutzen interaktive Elemente des Feedbacks. Es erfolgt kein Bezug auf die eigene Lösung oder das Selbst-Assessment.
Interaktion + Lösung reflektieren	Die Lernenden nutzen interaktive Elemente des Feedbacks und beziehen diese auf die eigene Lösung. Sie evaluieren und interpretieren Eigenschaften ihrer Lösung vor dem Hintergrund des interaktiven Feedbacks. Dabei beziehen sie ihre Vergleiche jedoch nicht auf das Selbst-Assessment.

(grau markierte Kategorien erfordern ein interaktives Feedback)

6. Ergebnisse

Die Analyse der Bearbeitungen der Lernenden zeigte dabei deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Feedbacks.

Analyse zum ersten Feedback:

Das erste Feedback wurde in den meisten Fällen von den Lernenden verstanden (Kategorie *Verstehen*). Das Feedback führte häufig dazu, dass die Lernenden ihr Selbst-Assessment überprüften (Kategorie *Überprüfen*). Dies bedeutet, dass sie zum Beispiel das Selbst-Assessment nochmals Punkt für Punkt durchgingen und ihre Lösung evaluierten. Allerdings führte dies nur selten dazu, dass Lernende ihren Fehler identifizierten und dementsprechend ihr Selbst-Assessment korrigierten. Hier ist zu vermuten, dass die wenigen Informationen, die im Feedback bereitgestellt werden (einfaches *verification* Feedback), nicht genügend dazu beitrugen, verstehensförderliche Impulse zu geben, um die Fehler im eigenen Selbst-Assessment zu identifizieren und zu korrigieren.

Analyse zum zweiten Feedback:

Auch das 2. Feedback wurde trotz der erhöhten Komplexität (elaboriertes Feedback bestehend aus textlicher Nachricht und interaktiver Musterlösung) von den meisten Lernenden verstanden (Kategorie *Verstehen*). Viele Lernende nutzten die interaktiven Möglichkeiten der Musterlösung, indem sie zum Beispiel die Sprünge dynamisch abspielten oder sich Visualisierungshilfen (z. B. Länge der Sprünge, Anzahl der Sprünge) anzeigen ließen. Jedoch nahmen nur wenigen Lernenden ein Rückbezug auf die eigene Lösung vor (Kategorie *Interaktion + Lösung reflektieren*). Falls dies geschah, wurden aus dem Vergleich der eigenen Lösung mit der Musterlösung jedoch durchaus Impulse für das eigene Verstehen gezogen. Kein Lernender schaffte es jedoch, einen Bezug zwischen der eigenen Lösung, der Musterlösung und dem Selbst-Assessment herzustellen, eine entsprechende Kategorie taucht dementsprechend auch im induktiv generierten Kategoriensystem (Tabelle 1) nicht auf. Es lässt sich vermuten, dass die elaborierte Feedbackform mit der einhergehenden gesteigerten Informationsdichte die kognitive Anforderung alle drei Informationsquellen (eigene Lösung, Selbst-Assessment und Feedback) in Beziehung zu setzen so stark erhöhte, dass Lernende entweder nur noch die Bezüge mit der eigenen Lösung herstellen konnten oder sogar nur noch auf das Feedback an sich fokussierten und den Gesamtzusammenhang aus den Augen verloren. Interessanterweise betonten die Lernenden in den Interviews im Anschluss

an die Aufgabendurchläufe, dass sie die dynamische Musterlösung generell als hilfreich empfanden. Es lassen sich somit hier zwei gegenläufige Effekte beobachten. Einerseits bietet das elaborierte Feedback in Form der dynamischen Musterlösung die Möglichkeit verstehensförderlich zu wirken. Andererseits führt die erhöhte Komplexität des elaborierten Feedbacks dazu, dass es den Lernenden schwerer fällt, Bezüge zur eigenen Lösung und zum Selbst-Assessment herzustellen bzw. aufrechtzuerhalten. Dies zeigt, dass es nicht ausreicht, beim Design von Feedback darauf zu achten, dass die Komplexität des Feedbacks in dem Sinne passend ist, dass das Feedback verstanden wird. Vielmehr muss beachtet werden, dass komplexere Feedbackformen die Herausforderung erhöht, andere Prozesse wie das Herstellen von Bezügen zwischen dem Feedback, der eigenen Lösung und dem Selbst-Assessment nicht aus den Augen zu verlieren bzw. aufrechtzuerhalten.

Analyse zum dritten Feedback:

Beim 3. Feedback zeigte sich, dass es in einigen Fällen nicht allen Lernenden verständlich war, ob sich die Auflösung (*correct response*) auf die eigene Lösung, auf die Musterlösung oder das Selbst-Assessment bezieht. Zudem zeigte sich auch hier ein ähnliches Muster wie beim 2. Feedback. Die Lernenden nutzten die dynamische Musterlösung zur reinen Interaktion und erkundeten Eigenschaften der Musterlösung, während eine Reflexion in Bezug auf die eigene Lösung (Kategorie *Interaktion + Reflexion*) bzw. in Bezug zum Selbst-Assessment (Kategorie *Überprüfen*) selten beobachtet wurde.

Bei allen Analysen muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Lernenden in der vorliegenden Studie zuvor noch keine Erfahrung mit digital gestütztem Selbst-Assessment gemacht hatten, so dass die Durchführung eines Selbst-Assessments eine ganz neue und ungewohnte Herausforderung darstellte. Insbesondere arbeiteten die Lernenden in der vorliegenden Studie zum ersten Mal mit dem digitalen Selbst-Assessment-Tool.

7. Fazit

Das BASE-Projekt fokussiert die Entwicklung und Beforschung eines digitalen Selbst-Diagnose-Tools. In der vorliegenden Studie wurde in einem ersten Design-Research-Zyklus zwei Forschungsfragen in den Blick genommen. Zum einen wurde untersucht, wie automatisiertes Feedback das Selbst-Assessment sowie fachliches Lernen beeinflusst und welche Rolle dabei unterschiedliche Feedback-Arten spielen (F1). Insgesamt zeigte sich hier, dass die unterschied-

lichen Feedbackkarten auf ganz unterschiedliche Weise genutzt wurden. Ein-faches *verification* Feedback bzgl. des Selbst-Assessments bot nur begrenztes Potenzial zur Unterstützung von Selbst-Assessment und fachlichen Lernprozessen. Elaboriertes dynamisches Feedback in Form einer Musterlösung bot hier die Möglichkeiten für verstehensförderliche Impulse und einem Vergleich von Musterlösung und eigener Lösung.

Die zweite Forschungsfrage fokussierte, welche Gelingensbedingungen und Hürden sich bzgl. des automatisierten Feedback im Rahmen des Selbst-Assessments zeigen und welche Design-Prinzipien sich daraus ableiten lassen. Es lässt sich festhalten, dass elaboriertes Feedback (in Form einer dynamischen Musterlösung) die Gefahr birgt, dass durch die erhöhte Komplexität des Feedbacks das Selbst-Assessments aus den Augen verloren wird und die Musterlösung nicht mehr mit der eigenen Lösung und den Selbst-Assessment-Fragen in Bezug gesetzt wird. Hier stellt sich für den nächsten Design-Zyklus die Frage, wie im BASE-Tool gezielt Designelemente (z. B. in grafischer Form oder in Form von Prompts) integriert werden können, um Lernende zu unterstützen, auch bei erhöhter Komplexität des Feedbacks (wie etwa in Form einer dynamischen Musterlösung) die Bezüge zum Selbst-Assessment sowie der eigenen Lösung herzustellen bzw. nicht aus den Augen zu verlieren. Ebenso wird gegenwärtig das 3. Feedback (siehe Tabelle 1; rechte Spalte Abbildung 3) neu konzipiert, um klarzumachen, inwiefern sich das *correct-response* Feedback auf das Selbst-Assessment oder die Aufgabenperformanz bezieht.

Insgesamt verdeutlicht die vorliegende Studie die hohe Komplexität und die Vielzahl an Wechselwirkungen, die beim Design von automatischem Feedback im Kontext von Selbst-Assessments beachtet werden müssen und wie wichtig es ist, Feedback in Design-Research-Zyklen zu entwickeln. Die Konzeption des BASE-Tool zeigt zudem, wie offenere Diagnoseformate in digitaler Technologie realisiert werden können – z. B. indem Lernende eigene Lösungen einzeichnen und diese computerbasiert ausgewertet werden. Zudem zeigt das BASE-Tool, wie fachliche, metakognitive und selbstregulative Kompetenzen kombiniert in den Blick genommen werden können.

In Zukunft soll neben der Weiterentwicklung des Feedbacks untersucht werden, inwiefern Lernende, die über einen längeren Zeitraum mit dem BASE-Tool arbeiten, Zuwächse in ihrer Selbst-Assessment-Fähigkeiten zeigen und lernen, Bezüge zwischen der eigenen Lösung, dem Feedback und dem Selbst-Assessment herzustellen. Hierzu kann es auch hilfreich sein, mit den Lernenden zu thematisieren, dass das Lernziel im BASE-Tool eben nicht nur in der korrekten Bearbeitung der Aufgabe (Aufgabenperformanz) liegt, sondern insbesondere das eigene Selbst-Assessment gefördert werden soll.

Literatur

- Andrade, H. (2010). Students as the definitive source of formative assessment: academic self-assessment and the self-regulation of learning. In H. L. Andrade & G. J. Cizek (Hrsg.), *Handbook of formative assessment* (S. 90–105). New York: Routledge Taylor; Francis Group.
- Bakker, A. & van Eerde, D. (2015): An Introduction to Design-Based Research with an Example from Statics Education. In: Bikner-Ahsbahs, A., Knipping, C. & Presmeg, N. (Hrsg), *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education. Examples of Methodology and Methods, Advances in Mathematics Education* (S. 429–466). Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6_16
- Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21 (1), 5–31. <https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5>
- Brown, G., & Harris, L. R. (2013). Student self-assessment. In J. H. McMillan (Hrsg.), *SAGE Handbook of Research on Classroom Assessment* (S. 367–393). Los Angeles: SAGE Publications.
- Bull, J. & McKenna, C. (2004) *Blueprint for computer-assisted assessment*. London: Routledge Falmer. <https://doi.org/10.4135/9781452218649.n21>
- Bürgermeister, A. & Saalbach, H. (2018). Formatives Assessment: Ein Ansatz zur Förderung individueller Lernprozesse. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 65 (3), 194–205. <http://dx.doi.org/10.2378/peu2018.art11d>
- Cizek, G. J. (2010). An introduction to formative assessment: history, characteristics, and challenges. In H. L. Andrade & G. J. Cizek (Hrsg.), *Handbook of formative assessment* (S. 3–17). New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315166933-1>
- Dignath, C., Buettner, G., & Langfeldt, H. P. (2008). How can primary school students learn self-regulated learning strategies most effectively?: A meta-analysis on self-regulation training programmes. *Educational Research Review*, 3(2), 101–129. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2008.02.003>
- Esterhazy, R., & Damşa, C. (2019). Unpacking the feedback process: An analysis of undergraduate students' interactional meaning-making of feedback comments. *Studies in Higher Education*, 44(2), 260–274. <https://doi.org/10.1080/03075079.2017.1359249>
- Heritage, M. (2007). Formative Assessment: What Do Teachers Need to Know and Do? *Phi Delta Kappan*, 89 (2), 140–145. <https://doi.org/10.1177/003172170708900210>
- Hußmann, S., Leuders, T., Barzel, B., & Prediger, S. (2011). Kontexte für sinnstiftendes Mathematiklernen (KOSIMA) – ein fachdidaktisches Forschungs- und Entwicklungs- projekt. In R. Haug & L. Holzäpfel (Hrsg.), *Beiträge zum Mathe- matikunterricht 2011* (S. 419–422). Münster: WTM-Verlag.

- Kingston, N., & Nash, B. (2011). Formative Assessment: A Meta-Analysis and a Call for Research. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 30 (4), 28–37. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3992.2011.00220.x>
- Kippers, W. B., Wolterinck, C. H., Schildkamp, K., Poortman, C. L., & Visscher, A. J. (2018). Teachers' views on the use of assessment for learning and data-based decision making in classroom practice. *Teaching and teacher education*, 75, 199–213. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.06.015>
- Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 476–490). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92052-8_34
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Molloy, E. K., & Boud, D. (2014). Feedback models for learning, teaching and performance. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Hrsg.), *Handbook of research on educational communications and technology*. (S. 413–424). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_33
- Olsher, S., & Thurm, D. (2021). The interplay between digital automatic-assessment and self-assessment. In Inprasitha, M., Changsri, N. & Boonsena, N. (Hrsg.), *Proceedings of the 44th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 3, S. 431–440). Khon Kaen, Thailand: PME.
- Olsher, S., Yerushalmy, M., & Chazan, D. (2016). How might the use of technology in formative assessment support changes in mathematics teaching? *For the Learning of Mathematics*, 36(3), 11–18. <https://www.jstor.org/stable/44382716>
- Prediger, S., Hußmann, S., Leuders, T., & Barzel, B. (2011). „Erst mal alle auf einen Stand bringen...“ Diagnosegeleitete und individualisierte Aufarbeitung arithmetischen Basiskönnens. *Pädagogik*, 63(5), 20–24.
- Rezat, S. (2021). How automated feedback from a digital mathematics textbook affects primary students' conceptual development: two case studies. *ZDM – Mathematics Education*, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01263-0>
- Robson, D. A., Allen, M. S., & Howard, S. J. (2020). Self-regulation in childhood as a predictor of future outcomes: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 146(4), 324–354. <https://doi.org/10.1037/bul0000227>
- Ruchniewicz, H. (2021). *Sich selbst diagnostizieren und fördern mit digitalen Medien: Forschungsbasierte Entwicklung eines digitalen Tools zum formativen Selbst-Assessment am Beispiel funktionalen Denkens*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen.
- Schütze, B., Souvignier, E., & Hasselhorn, M. (2018). Stichwort – Formatives Assessment. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 21(4), 697–715. <https://doi.org/10.1007/s11618-018-0838-7>
- Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of educational research*, 78(1), 153–189. <https://doi.org/10.3102/0034654307313795>
- Thurm, D. (2021a). Digital technology supporting formative self-assessment. In M. Inprasitha, N. Changsri & N. Boonsena (Hrsg.), *Proceedings of the 44th Conference*

- of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (Vol. 1, S. 185). Khon Kaen, Thailand: PME.
- Thurm, D. (2021b). Onlinebasiertes Testen: Reichhaltige Mischkultur oder gefährliche Monokultur? *Mathematik lehren*, 225, 43–45.
- Thurm, D. & Graewert, L. A. (2022). Digitale Mathematik-Lernplattformen in Deutschland. Springer.
- Van der Kleij, F. M., Feskens, R. C., & Eggen, T. J. (2015). Effects of feedback in a computer-based learning environment on students' learning outcomes: A meta-analysis. *Review of educational research*, 85(4), 475–511. <https://doi.org/10.3102/0034654314564881>

Heterogenen Lernvoraussetzungen digital gerecht werden

Digitale Werkzeuge zur Unterstützung des Arbeitsgedächtnisses im Mathematikunterricht der Grundschule

Abstract

Digitalen Medien wird das Potenzial zugeschrieben, der zunehmenden Heterogenität gerecht zu werden. Basierend auf der Cognitive Theory of Multimedia Learning sowie auf aktueller Evidenz der Arbeitsgedächtnisforschung wird im Beitrag diskutiert, wie digitale Medien auf sehr unterschiedliche Weisen eingesetzt werden können, um Kinder mit geringer Arbeitsgedächtniskapazität im Mathematikunterricht individuell zu unterstützen. Digitale Medien ermöglichen einerseits eine gezielte Entlastung des Arbeitsgedächtnisses in Situationen, in denen der Fokus auf Problemlöse- und Verstehensprozessen liegt. Andererseits ermöglichen sie auch eine gezielte Belastung des Arbeitsgedächtnisses, so dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses für zukünftiges Lernen adaptiv gesteigert werden kann.

1. Einleitung

Kinder mit besonderen Schwierigkeiten beim Mathematiklernen unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihrer mathematikspezifischen Kompetenzen von ihren Mitschülerinnen und Mitschülern, sondern ebenso hinsichtlich weiterer fächerübergreifend relevanter kognitiver Grundfähigkeiten (Benz et al., 2017; DGKJP, 2018). Eine sehr grundlegende kognitive Fähigkeit, in der sich Kinder mit besonderen Schwierigkeiten beim Mathematiklernen von anderen Kindern stark unterscheiden, und die u.a. auch für das Mathematiklernen nachweislich sehr bedeutsam ist, ist das Arbeitsgedächtnis (z.B. Fuchs et al., 2020; Gössinger, 2020). Die Fähigkeit, mehrere Informationen vorübergehend

zu speichern und miteinander zu verknüpfen wird beispielsweise beim Addieren und Subtrahieren im Zahlenraum bis 100 stark beansprucht:

Ein Kind, das die Aufgabe 54 – 29 ohne Material rechnet, muss sich unterschiedliche Zwischenschritte vorübergehend kurz merken. Abhängig vom Rechenweg können das die bereits abgezogenen Einer oder Zehner sein, die Zerlegung der 9 in 4 und 5 oder das Addieren der 1 nach dem Abziehen von 30 sowie auch die Zwischenergebnisse selbst, über die der Rechenweg führt. Ist die Kapazität, sich im Arbeitsgedächtnis mehrere Informationen gleichzeitig merken und damit operieren zu können, ausgeschöpft, wird der Lösungsprozess schwieriger und fehleranfälliger; selbst dann, wenn keine Einschränkungen beim mathematischen Verständnis vorliegen. Zur Veranschaulichung kann man sich vereinfachend ein Kind vorstellen, dass ca. drei einfache Informationseinheiten im Arbeitsgedächtnis parallel präsent behalten kann, während es die obige Aufgabe löst. Wenn dieses Kind die Zerlegung der 9 in 4 und 5 nicht unmittelbar aus dem Gedächtnis abrufen kann, sondern diesen Zwischenschritt zählend löst, während es die eigentliche Aufgabe im Kopf behalten muss, sind die Arbeitsgedächtnisressourcen schnell ausgeschöpft. In diesem Fall ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Aufgabe nicht, fehlerhaft oder nur sehr langsam gelöst wird, deutlich erhöht. Wenn ein Kind hingegen die Zerlegung von 9 in 4 und 5 bereits automatisiert abrufen kann, bleiben mehr Ressourcen im Arbeitsgedächtnis zur Berechnung der weiteren Zwischenschritte übrig. Ebenso käme ein Kind mit vergleichbaren mathematischen Kompetenzen wie das erste Kind, das aber ca. fünf Informationseinheiten parallel präsent behalten kann, auch nicht so schnell an seine Kapazitätsgrenzen. Dieses Beispiel verdeutlicht, warum das Arbeitsgedächtnis metaphorisch auch als Flaschenhals oder Nadelöhr des Lernens bezeichnet wird.

Das Arbeitsgedächtnis wird nicht nur in der Arithmetik, sondern ebenso in der Geometrie, beim Problemlösen und bei Sachaufgaben mit mehreren zueinander in Beziehung zu setzenden Informationen auf verschiedene Weisen herausgefordert. Zahlreiche empirische Studien zeigen eindeutige statistische Zusammenhänge zwischen den Arbeitsgedächtnisfähigkeiten sowie Kompetenzen in den Bereichen Mathematik, Sprache und Problemlösen (z. B. Frisco-Van den Bos et al., 2013; Szucs et al., 2013; Viesel-Nordmeyer et al., 2020). Für den konkreten Unterricht in heterogenen Lerngruppen ist es daher entscheidend, die Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses – abhängig vom aktuellen Lernziel – mit zu berücksichtigen. Das kann zwei Maßnahmen bedeuten: Zum einen eine gezielte *Entlastung* des Arbeitsgedächtnisses und zum anderen eine gezielte *Steigerung* der Arbeitsgedächtniskapazität.

Die gezielte *Entlastung* des Arbeitsgedächtnisses kann durch drei unterschiedliche Maßnahmen erfolgen:

- (1) Durch gezielte Förderung und Automatisierung mathematischer Basiskompetenzen (wie z. B. Zahlzerlegungen), die notwendig sind, um eine Aufgabe zu lösen, jedoch dabei gerade nicht im Fokus stehen (Stichwort: *Blitzrechenoffensive*, Wittmann & Müller, 2007).
- (2) Durch Auslagern von Tätigkeiten (wie z. B. dem Rechnen an den Taschenrechner), um die dadurch freiwerdende Arbeitsgedächtniskapazität für andere Tätigkeiten (wie z. B. das Entdecken von Zusammenhängen oder das Modellieren beim Sachrechnen) nutzen zu können (Stichwort: *computational offloading*, z. B. Ladel, 2020; Rogers, 2004)
- (3) Durch Beachtung lernförderlicher Prinzipien bei der Gestaltung von Arbeitsmaterial (Stichworte: *Cognitive Load Theory*, Sweller, 1988, 2020 sowie *Cognitive Theory of Multimedia Learning*, Mayer, 2005).

Eine gezielte *Steigerung* der Arbeitsgedächtniskapazität kann durch folgende zwei Maßnahmen erfolgen:

- (4) Durch regelmäßige Übungen zum Operieren mit mentalen bildhaften Vorstellungen von Zahlen (Stichworte: *Zahlvorstellung*, Lorenz, 2015 sowie *Abacus-based mental calculation*, Wang et al., 2019)
- (5) Durch gezielte Arbeitsgedächtnisübungen, bei denen die Belastung des Arbeitsgedächtnisses permanent an die individuellen Fähigkeiten angepasst wird, um konsequent herauszufordern, ohne das Kind zu unter- oder überfordern (Stichworte: *Adaptives Lernen*, Martschinke, 2015 sowie *Arbeitsgedächtnistraining*, z. B. Berger et al., 2020).

Alle fünf Maßnahmen können mit Hilfe digitaler Werkzeuge gezielt unterstützt werden.

Anknüpfend an die Forderung der KMK „Potenziale digitaler Lernumgebungen wirksam werden zu lassen“, um der „zunehmende[n] Heterogenität“ gerecht zu werden (KMK, 2016, S. 8), zeigt der Beitrag auf, wie digitale Werkzeuge für diese Maßnahmen auf sehr unterschiedliche Weise gezielt eingesetzt werden können. Dabei wird diskutiert, wie der Einsatz vom konkreten Kontext und vom Lernziel abhängig ist: Steht bei einer Einführung in ein neues Thema oder bei Problemlöseaufgaben das mathematische Verständnis im Vordergrund, wird eine *Entlastung* des Arbeitsgedächtnisses förderlich sein. Steht hingegen beim Üben im Mathematikunterricht die Verinnerlichung von Zahldarstellungen oder die Automatisierung von Kernaufgaben im Vordergrund, kann eine gezielte *Belastung* des Arbeitsgedächtnisses förderlich sein.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Cognitive Theory of Multimedia Learning

Nicht nur bei dem oben aufgeführten Beispiel zum Addieren im Kopf, sondern auch bei allen anderen Lernprozessen stellt das Arbeitsgedächtnis eine Art Nadelöhr dar. Es ist dafür verantwortlich, aufgenommene Informationen im Gedächtnis aufrecht zu halten, sie zu verarbeiten und mit dem Vorwissen zu verknüpfen (Baddeley & Hitch, 1984). In der Cognitive Load Theory wird dem Arbeitsgedächtnis daher eine zentrale Rolle beim Lernen beigemessen. Dabei wird angenommen, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses (individuell unterschiedlich) begrenzt ist und nur eine gewisse Menge an Informationen für eine gewisse Dauer aufrecht gehalten werden kann (Sweller, 1988, 2020). Ergänzend zu den Annahmen der Cognitive Load Theory unterscheidet die dazu verwandte Cognitive Theory of Multimedia Learning von Mayer (2005) zwischen zwei Kanälen für die Informationsverarbeitung: Einem Kanal für Grafiken und Texte, die über die Augen aufgenommen werden, und einem Kanal für gesprochene Sprache, die über die Ohren aufgenommen wird.

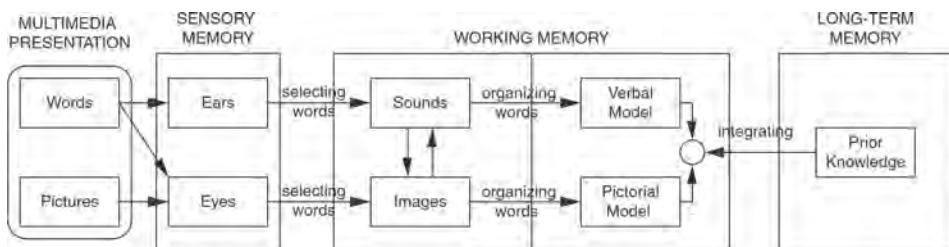


Abbildung 1: Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2005, S. 52)

In dieser Abbildung zur Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) stehen die drei großen Rechtecke für die drei verschiedenen Arten des Gedächtnisses: Links das sensorische Gedächtnis und ganz rechts das Langzeitgedächtnis, von denen aus Informationen ins Arbeitsgedächtnis (mittleres großes Rechteck) gelangen. Der limitierende Faktor beim Lernen ist weder das sensorische Gedächtnis noch das Langzeitgedächtnis, sondern vor allem das Arbeitsgedächtnis.

Wörter und Bilder (links in Abb. 1) können multimedial präsentiert werden und gelangen in das sensorische Gedächtnis. Diese Wörter und Bilder müssen jedoch nicht direkt in verbale oder piktoriale Modelle übersetzt werden, sondern können bereits vor der Modellbildung in die jeweils andere Repräsentationsform umgeformt werden. Bevor die Verknüpfung mit dem – im Langzeitgedächtnis gespeicherten – Vorwissen erfolgt, müssen das verbale und

das piktoriale Modell miteinander verknüpft werden. Auch diese Verknüpfung erfordert aktive Verarbeitungsprozesse im Arbeitsgedächtnis, um ein kohärentes mentales Modell des Lerngegenstands zu erzeugen (kleiner Kreis rechts in Abb. 1). Die fünf kognitiven Prozesse, die in der CTML relevant sind, sind an den Pfeilen in Abb. 1 notiert: Die Auswahl bedeutsamer Wörter und Bilder zur Verarbeitung im visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnis, die Auswahl bedeutsamer Wörter zur Verarbeitung im verbalen Arbeitsgedächtnis, die Organisation dieser in einem verbalen bzw. piktorialen Modell und zum Schluss die Integration aller Informationen miteinander und mit dem relevanten Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis.

Auf Basis dieser Theorie unterscheidet Mayer zwei Arten der Überlastung des Arbeitsgedächtnisses: Erstens durch Aufnahme bzw. Verarbeitung von zu viel irrelevanter bzw. ablenkender Information (*extraneous overload*) und zweitens eine Überlastung durch zu viel lernrelevante Information gleichzeitig (*essential overload*). Daraus leitet er didaktische Gestaltungsprinzipien für multimediales Lernen ab. Ziel ist dabei, die Aufnahme und Verarbeitung lernfremder Informationen zu minimieren (also *extraneous overload* zu vermeiden) und die Verarbeitung lernrelevanter Information so gut zu managen, dass es weder zu einer lernbezogenen Überlastung (*essential overload*) noch zu einer Unterauslastung des Arbeitsgedächtnisses kommt. Diese Unterauslastung bezeichnet Mayer als „generative underutilization“ (2005, S. 62).

2.2 Prinzipien zur Gestaltung von Lernmaterialien zur Entlastung des Arbeitsgedächtnisses

Über bekannte mathematikdidaktische Prinzipien hinaus, die aus fachdidaktischer Perspektive bedeutsam sind für die Gestaltung von Lernmaterialien (z. B. Käpnick & Benölken, 2020), leitet Mayer (2005) aus der CTML weitere Prinzipien ab, die einer vorschnellen Überlastung des Arbeitsgedächtnisses vorbeugen können. Zur Vermeidung von einer lernbezogenen Überlastung sind nach Mayer (2005) u. a. folgende Gestaltungsprinzipien bei multimedialen Lernangeboten zu beachten:

Modality principle: Werden zwei oder mehr auditive (oder visuelle) Informationen miteinander präsentiert, so kann dies zu einer Überlastung des verbalen (oder visuellen) Arbeitsgedächtnisses führen. Das Arbeitsgedächtnis kann gezielt entlastet werden, indem bewusst verschiedene Modalitäten genutzt werden. So benötigt ein Kind beispielsweise sehr viel verbale Speicherkapazität im Arbeitsgedächtnis, wenn eine Aufgabe und deren Lösungsweg rein auditiv erläutert werden (z. B. „Die Aufgabe vierundfünfzig minus

neunundzwanzig kann man lösen, indem man von der vierundfünfzig zunächst dreißig subtrahiert. Man erhält dann vierundzwanzig. Nun muss man zur vierundzwanzig wieder eins addieren, weil man ja eins zu viel abgezogen hat, und erhält dann fünfundzwanzig.“). Ein Aufschrieb des Lösungsweges, Notizen von Zwischenergebnissen, die den visuellen Kanal beanspruchen, können den auditiven Kanal entlasten.

Multimedia principle: Die Darbietung des Lerninhalts in einer Kombination aus Texten und Bildern (symbolisch und ikonisch) kann für ein tieferes Verständnis sorgen, als wenn die Information rein als Text (z. B. verbal- und nonverbal-symbolisch) dargeboten wird. So wäre es im obigen Beispiel vorteilhaft, anstelle der formalen Notation des Lösungsweges diesen beispielsweise am Rechenstrich oder an der Hundertertafel dynamisch mit Hilfe digitaler Werkzeuge zu visualisieren.

Da die zur Verfügung stehende Speicherkapazität im Arbeitsgedächtnis sowohl für den auditiven als auch für den visuellen Kanal begrenzt ist, ist ein rein additives Hinzufügen von Bildern zu einem Text (beides visuell) allein jedoch nicht ausreichend. Beispielhaft hierfür seien im Folgenden ein paar Gestaltungsprinzipien aufgeführt, mit denen sich *extraneous overload* vermindern lässt.

Split-attention principle: Die mentale Integration von auditiven und visuellen Informationen benötigt recht viel Arbeitsgedächtniskapazität. Deshalb ist es ratsam, diese bereits extern zu integrieren, um eine geteilte Aufmerksamkeit zu vermeiden. So sollten Text und zugehörige Grafik räumlich beieinander, sowie gesprochene Sprache und Grafik zeitlich nah dargeboten werden.

Coherence principle: Auch wohlgemeinte, aber belanglose zusätzliche Informationen, wie beispielsweise kleine dekorative Figuren, können sich störend auf das Lernen auswirken und zu einer Abnahme des Lerneffekts führen, wenn diese Informationen nicht lernrelevant sind.

2.3 Evidenz und Prinzipien zur Steigerung des Arbeitsgedächtnisses

Angesichts der großen Bedeutung des Arbeitsgedächtnisses für das Lernen wird seit einigen Jahren intensiv daran geforscht, inwieweit sich die individuelle Arbeitsgedächtniskapazität gezielt steigern lässt (z. B. Frisco-van den Bos et al., 2013; Sala & Gobet, 2020). So gibt es zunehmend mehr Evidenz dafür, dass die Arbeitsgedächtniskapazität durch gezielte Übungen gesteigert werden kann („near transfer effects“, Sala & Gobet 2020, S. 429f.). Auch Neuroimaging-Studien dokumentieren eine Zunahme der Hirnaktivität in arbeitsgedächtnisbezogenen Hirnarealen nach einigen Wochen täglicher Übung (Cubillo et al., 2022).

Die Frage, inwieweit diese gezielten Arbeitsgedächtnisübungen einen Beitrag auch zu Verbesserungen von Mathematikleistungen beitragen können, ist noch nicht abschließend geklärt. Sogar Meta-Analysen liefern hierzu kontroverse Sichtweisen (z. B. Sala & Gobet, 2020). Bei genauerer Betrachtung wird deutlich, dass – trotz der zahlreichen Studien zur Förderung des Arbeitsgedächtnisses – noch nicht hinreichend Evidenz zu Langzeiteffekten vorliegt, um die Nachhaltigkeit der Förderung und längerfristige Transfereffekte beurteilen zu können (Sala & Gobet, 2020). Eine neuere Studie mit über 500 Erstklässlerinnen und Erstklässlern in Mainzer Grundschulen zeigt, dass sich die Arbeitsgedächtniskapazität mit digitalen Arbeitsgedächtnisübungen nachhaltig steigern lässt: Erstens bleiben die positiven Effekte ein Jahr nach Ende der Förderung weiterhin bestehen und zweitens werden zeitgleich Transfereffekte beispielsweise auf die Geometrieleistung sichtbar (Berger et al., 2020). Bei diesen Arbeitsgedächtnisübungen waren die Kinder gefordert, sich räumlich-visuelle oder verbale Informationen zu merken und in einigen Aufgaben auch damit zu operieren. (Für konkrete Beispiele sei auf unser Kapitel 3.2 verwiesen.)

Ein entscheidendes Prinzip, das bei der Gestaltung der Förderung in all diesen Studien Berücksichtigung fand, war das des adaptiven Lernens. Lernformen werden als adaptiv bezeichnet, wenn sie an die individuellen Lernvoraussetzungen der Kinder angepasst werden (Martschinke, 2015). Die individuellen Lernvoraussetzungen bezüglich der Arbeitsgedächtniskapazität sind sowohl zwischen den Kindern (interindividuell) als auch beim gleichen Kind zu verschiedenen Zeitpunkten (intraindividuell) sehr verschieden und entziehen sich der unmittelbaren Beobachtung durch die Lehrkraft. Zudem ist es zur gezielten Förderung nötig, viele Informationen in sehr kurzen Zeitspannen bereit zu stellen und zu dosieren. Um unter diesen Voraussetzungen jedes Kind individuell möglichst genau so zu fördern, dass sein Arbeitsgedächtnis im Sinne der didaktischen Prinzipien der CTML weder unter- noch überfordert wird, muss die Förderung ständig an die individuellen Fähigkeiten des Kindes angepasst werden. Durch dieses Prinzip der hier erforderlichen ständigen Adaptivität wird deutlich, dass eine einzelne Lehrkraft das nicht für alle Kinder leisten kann. Digitale Werkzeuge bieten hierbei Möglichkeiten, der Heterogenität gezielt gerecht zu werden. Eine digitale Arbeitsgedächtnisförderung ist so programmiert, dass sie vorangehende individuelle Leistungen bei der Auswahl der Schwierigkeit der nächsten Aufgabe für ein Kind permanent berücksichtigt. So wird ein Kind, das zu Beginn der Förderung zwei bis drei kurze Informationen – wie z. B. Ziffern, Wörter oder Positionen – im Arbeitsgedächtnis parallel aktiv halten kann, nach und nach herausgefordert, dies bei verschiedenen Arbeitsgedächtnisaufgaben auch mit drei bis vier Objekten zu tun. Ein anderes,

leistungsstarkes Kind, das im Laufe der Förderung durchschnittlich sechs kurze Informationen parallel aktiv halten kann, wird herausgefordert, sieben bis acht Informationen zu behalten oder auf etwas komplexere Weise mit ihnen zu operieren. Die Förderung ist kognitiv anstrengend. So reagiert das Programm auch adaptiv, wenn die Konzentration nachlässt und Informationen im Arbeitsgedächtnis ‚verloren‘ gehen. Die schwierigkeitsbestimmenden Parameter sind bei Aufgaben zum Arbeitsgedächtnis recht transparent ersichtlich: Es sind die Anzahl der präsentierten Objekte, die Anzeigedauer, die Anzahl der parallel zu beachtenden Merkmale, der Grad der ablenkenden Inputs oder die Komplexität der zu verarbeitenden Inputs. Alle Parameter sind technisch mit digitalen Werkzeugen gut zu erfassen. Insbesondere sind sie auch leichter zu modellieren als Mathematikaufgaben, weil die Kinder typischerweise kein inhaltsspezifisches Vorwissen benötigen. Dennoch muss eine derartig systematische Förderung nicht auf eine recht abstrakte Arbeitsgedächtnisförderung beschränkt bleiben, sondern ist auch mit mathematischen Inhalten möglich: Beispielsweise lässt sich über Übungen zum Rechnen mit einem chinesischen Abakus in der Vorstellung die visuelle Arbeitsgedächtniskapazität steigern. Eine Studie liefert hierzu Evidenz auf neuronaler Ebene (Wang et al., 2019). Dieser Befund legt die Vermutung nahe, dass ikonische Vorstellungsbilder, die nach konkreten enaktiven Erfahrungen mit Material systematisch aufgebaut werden und nach und nach – beispielsweise beim „Blitzrechnen“ (Wittmann & Müller, 2007) – zunehmend automatisiert werden, das Potenzial für eine gleichzeitige Steigerung des Arbeitsgedächtnisses und arithmetischer Kompetenzen haben.

3. Praktische digitale Anwendungen

Nachfolgend wird ein kurzer Einblick in zwei Beispiele konkreter Anwendungen zur gezielten Entlastung bzw. Belastung im Mathematikunterricht der Grundschule mithilfe digitaler Medien gegeben.

3.1 Digitale Anwendungen zur Entlastung des Arbeitsgedächtnisses

Inhaltsbezogene Kompetenzen und Automatismen stellen häufig eine wesentliche Voraussetzung für das Entdecken von Zusammenhängen und für den Erwerb prozessbezogener Kompetenzen dar. Lautet eine Aufgabenstellung beispielsweise „Rechne und vergleiche!“, so ist bei vielen Kindern mit besonderen Schwierigkeiten beim Mathematiklernen zu beobachten, dass sie viele Arbeitsgedächtnisressourcen und viel Zeit bereits für den Teil der Aufgabe benötigen,

der sich auf den Anforderungsbereich I „Reproduzieren“ (KMK, 2005, S. 13) bezieht. In derselben Zeit erwerben leistungsstärkere Kinder prozessbezogene Kompetenzen, indem sie ihren Fokus daraus richten, „Zusammenhänge herzustellen“ (ebd., S. 13), also im Anforderungsbereich II aktiv sind. Es ist jedoch ausdrückliches Ziel, allen Kindern die Möglichkeit zu geben, prozessbezogene Kompetenzen zu erwerben. Dies kann im Mathematikunterricht z. B. durch ein Auslagern von Tätigkeiten ermöglicht werden, die momentan nicht im Fokus stehen. Bezogen auf das Beispiel (Abb. 2) könnten den Kindern bereits gelöste Aufgaben gegeben werden, so dass sie sich auf das Entdecken von Zusammenhängen konzentrieren können (Abb. 2, obere Zeile). Alternativ kann das Rechnen an digitale Werkzeuge ausgelagert werden (Stichwort: *computational offloading*, z. B. Ladel, 2012; Rogers; 2004). Der Vorteil dabei ist, dass so wesentlich mehr Aufgaben generiert werden, und die Kinder mit diesen dynamischen Aufgaben interaktiv experimentieren können (Abb. 2, mittlere Zeile). Mit Hilfe geeigneter Tablet-Apps (wie z. B. der App Rechendreieck (Urf, 2017)) können sie das Rechnen auslagern, sich voll auf das Erkennen von Zusammenhängen konzentrieren (Abb. 2, untere Zeile) und dabei prozessbezogene Kompetenzen erwerben.

statisch	
dynamisch	
Entdecken der Struktur, sowie von Zusammenhängen:	

Abbildung 2: Das Rechendreieck

Durch die Möglichkeit dieser App, einzelne Felder – sowohl Randzahlen, als auch Innenfelder – abzudecken, kann diese dynamische Anwendung im konkreten Unterricht in heterogenen Lerngruppen sehr gut eingesetzt werden. Kinder mit geringerer Arbeitsgedächtniskapazität konzentrieren sich auf das Entdecken von Zusammenhängen, während Kinder mit höherer Arbeitsgedächtniskapazität die Randzahlen zudecken und selbst berechnen können.

3.2 Digitale Anwendungen zur gezielten Steigerung des Arbeitsgedächtnisses

Wie oben skizziert, gibt es verschiedene Übungen, mit denen sich das Arbeitsgedächtnis gezielt steigern lässt. Die digitale Förderung erfolgt beispielsweise mit einfachen oder komplexen Spannenaufgaben, bei der das Kind einige Sekunden lang eine Reihe von kurzen Informationen präsentiert bekommt, sich dabei Informationen merken und diese anschließend am Bildschirm – beispielsweise in umgekehrter Reihenfolge – antippen soll. Die Informationen können auditiv oder visuell präsentiert werden und bestehen beispielsweise aus einer Ziffernfolge (z. B. 6 – 3 – 3 – 5 – 0) oder einer Reihe von Positionen in der Ebene.



Abbildung 3: Beispiel einer visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisaufgabe (eigene Programmierung): Es leuchten nacheinander Sterne in der Matrix auf, die sich kontinuierlich langsam drehen. Aufgabe der Kinder ist es anschließend, die passenden Sterne in derselben Reihenfolge auszuwählen.

Wie viele Sterne nacheinander aufleuchten (bzw. wie viele Ziffern präsentiert werden), hängt – entsprechen des Prinzips der Adaptivität – davon ab, wie viele Informationen sich ein Kind bei vorangegangenen Aufgaben gemerkt hat. Obwohl derartige Aufgaben recht abstrakt sind, wirkt sich die Übung damit langfristig positiv auf die Bearbeitung von beispielsweise Geometriaufgaben aus (Berger et al., 2020). Kritisch anzumerken bleibt, dass Arbeitsgedächtnisaufgaben bisher typischerweise wenig mathematischespezifisch sind. Dennoch wäre die Grundidee gut übertragbar auf einige mathematische Aufgaben, die beispielsweise an die Übung „Wie viele?“ im Programm „Blitzrechen“ (Wittmann & Müller 2007) angelehnt sind. Im Rahmen eines laufenden Forschungsprojekts sind digitale Aufgaben in Entwicklung, in denen eine gewisse Anzahl auf einem Zwanzigerfeld visuell präsentiert wird und danach eine andere, ähnliche Anzahl. Aufgabe der Kinder ist es, die Differenz der beiden Anzahlen zu erfassen. Um langsam vom zählenden Rechnen wegzukommen, die Berechnung der Differenz zunehmend in der Vorstellung durchzuführen (wie bei der o. g. Studie von Wang et al., 2019) und das Arbeitsgedächtnis zunehmend herauszufordern, kann die Anzeigezeit adaptiv kürzer werden. Ebenso denkbar sind beispielsweise Übungen zur Mengeninvarianz, zum Blitzrechnen oder

zur Kopfgeometrie mit Spiegelbildern in der Ebene oder zu Kippbewegungen geometrischer Körper. Bisher ist noch keine App verfügbar, in der derartige Übungen adaptiv so gestaltet sind, dass das Arbeitsgedächtnis mathematikspezifisch herausgefordert wird.

4. Fazit

Im Fokus dieses Beitrags stand der Umgang mit heterogenen Lernvoraussetzungen beim Arbeitsgedächtnis. Basierend auf der Cognitive Theory of Multimedia Learning sowie auf aktuellen Forschungsergebnissen zur Trainierbarkeit des Arbeitsgedächtnisses (z. B. Berger et al., 2020; Sala & Gobet, 2020) wurde diskutiert, wie digitale Medien zur Förderung des Arbeitsgedächtnisses eingesetzt werden können. Einerseits ermöglichen sie eine *gezielte Entlastung* des Arbeitsgedächtnisses in Situationen, in denen der Fokus beispielsweise auf dem Erkennen von Zusammenhängen liegt. Andererseits ermöglichen sie auch eine *gezielte Belastung* des Arbeitsgedächtnisses, so dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses für zukünftiges Lernen gesteigert werden kann. Mit Blick auf den Mathematikunterricht wird das Potenzial der skizzierten digitalen Werkzeuge für die individuelle Förderung deutlich sichtbar. Dieses wird zusammengefasst darin gesehen, den unterschiedlichen Lernvoraussetzungen in heterogenen Grundschulklassen gerecht zu werden durch individuelle Adaptivität, dynamische Darstellungen und Darstellungswechsel, interaktives Experimentieren zu mathematischen Zusammenhängen und durch unmittelbares Lern-Feedback. Weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeit in diese Richtung erscheint vielversprechend, um dieses Potenzial stärker in der breiten Praxis wirksam werden zu lassen und so der Heterogenität im Mathematikunterricht besser gerecht zu werden.

Literatur

- Baddeley, A. & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of learning and motivation*, 8, 47–89. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Benz, C.; Grüßing, M.; Lorenz, J. H.; Reiss, K.; Selter, C.; Wollring, B. (2017). *Frühe mathematische Bildung – Ziele und Gelingensbedingungen für den Elementar- und Primarbereich*. Verlag Barbara Budrich, Opladen, Berlin, Toronto. <https://www.doi.org/10.3224/84742051>
- Berger, E., Fehr, E., Hermes, H., Schunk, D., & Winkel, K. (2020). The Impact of Working Memory Training on Children's Cognitive and Noncognitive Skills. *NHH*

- Dept. of Economics Discussion Paper No. 09/2020* <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3622985>
- Cubillo, A., Hermes, H., Berger, E., Winkel, K., Schunk, D., Fehr, E., and Hare, T. (erscheint 2022): Intra-individual variability in task performance after cognitive training is associated with long-term outcomes in children. *Developmental Science*. <https://doi.org/10.1111/desc.13252>
- DGKJP („Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie“) (Hrsg.) (2018). *S3-Leitlinie: Diagnostik und Behandlung der Rechenstörung. Langfassung*. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/028-046l_S3_Rechenst%C3%B6rung-2018-03_1.pdf
- Friso-van den Bos, I., Van der Ven, S., Kroesbergen, E., & Van Luit, J. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational research review*, 10, 29–44. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.05.003>
- Fuchs, L., Fuchs, D., Seethaler, P., & Barnes, M. (2020). Addressing the role of working memory in mathematical word-problem solving when designing intervention for struggling learners. *ZDM Mathematics Education*, 52(1), 87–96. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01070-8>
- Gaidoschik, M., Moser Opitz, E., Nührenbörger, M. & Rathgeb-Schnierer, E. (2021). Besondere Schwierigkeiten beim Mathematiklernen. *Special Issue der Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 47(111S). <https://ojs.didaktik-der-mathematik.de/index.php/mgdm/article/view/1042/1156>
- Gössinger, P. (2020). Kognitive Neurowissenschaft meets Mathematikdidaktik: Interdisziplinäre Forschungsdesigns mit Perspektiven für die Didaktik der Mathematik. *R&E-SOURCE 14, Online Journal for Research and Education*. <https://journal.ph-noe.ac.at/index.php/resource/article/view/892/876>
- Käpnick, F., & Benölken, R. (2020). Mathematikdidaktische Prinzipien. In F. Käpnick & R. Benölken (Hrsg.). *Mathematiklernen in der Grundschule* (S. 55–73). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-60872-2_4
- KMK (Kultusministerkonferenz, Hrsg.) (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusminister*. Eigendruck. Berlin. https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf
- KMK (Kultusministerkonferenz, Hrsg.) (2005). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich (Jahrgangsstufe 4)*. Wolters Kluwer Deutschland GmbH. München, Neuwied. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_10_15-Bildungsstandards-Mathe-Primar.pdf
- Ladel, S. (2009). *Multiple externe Repräsentationen (MERs) und deren Verknüpfung durch Computereinsatz. Zur Bedeutung für das Mathematiklernen im Anfangsunterricht*. Hamburg; Verlag Dr. Kovac.
- Ladel, S. (2012). Förderung allgemeiner mathematischer Kompetenzen durch den Einsatz digitaler Medien in der Primarstufe. In M. Ludwig & M. Kleine (Hrsg.).

- Beiträge zum Mathematikunterricht* (S. 529–532). Münster: WTM-Verlag, 529–532. <http://dx.doi.org/10.17877/DE290 R-6587>
- Ladel, S. (2020). Bildungstechnologie im Mathematikunterricht (Klassen 1–6). In *Handbuch Bildungstechnologie* (S. 645–666). Springer, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54373-3>
- Lorenz, J. H. (2015). *Kinder begreifen Mathematik: frühe mathematische Bildung und Förderung*. Kohlhammer Verlag.
- Martschinke, S. (2015). Facetten adaptiven Unterrichts aus der Sicht der Unterrichtsforschung. In K. Liebers B. Landwehr, A. Marquardt K. Schlotter (Hrsg.). *Lernprozessbegleitung und adaptives Lernen in der Grundschule* (S. 15–32). Springer VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-11346-9_2
- Mayer, R. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 41, 31–48. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.004>
- Rogers, Y. (2004). New theoretical approaches for human-computer interaction. *Annual review of information science and technology*, 38(1), 87–143. <https://doi.org/10.1002/aris.1440380103>
- Sala, G., & Gobet, F. (2020). Working memory training in typically developing children: A multilevel meta-analysis. *Psychonomic bulletin & review*, 1–12. <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01681-y>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 12(2), 257–285. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90023-7](https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90023-7)
- Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3>
- Szucs, D., Devine, A., Soltesz, F., Nobes, A., & Gabriel, F. (2013). Developmental dyscalculia is related to visuo-spatial memory and inhibition impairment. *Cortex*, 49, 2674–2688. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2013.06.007>
- Urff, C. (2017). *Rechendreieck* (Version 1.3) [Mobile app]. App Store. <https://apps.apple.com/de/app/rechendreieck/id575736731>
- Viesel-Nordmeyer, N., Ritterfeld, U., & Bos, W. (2020). Welche Entwicklungszusammenhänge zwischen Sprache, Mathematik und Arbeitsgedächtnis modulieren den Einfluss sprachlicher Kompetenzen auf mathematisches Lernen im (Vor-)Schulalter? *Journal für Mathematikdidaktik*, 1–31, 125–155. <https://doi.org/10.1007/s13138-020-00165-0>
- Wang, C., Xu, T., Geng, F., Hu, Y., Wang, Y., Liu, H., & Chen, F. (2019). Training on abacus-based mental calculation enhances visuospatial working memory in children. *Journal of Neuroscience*, 39(33), 6439–6448. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3195-18.2019>
- Wittmann, E. C., & Müller, G. (2007). *Blitzrechenoffensive: Anregungen für eine intensive Förderung mathematischer Basiskompetenzen*. Klett. <https://www.mathematik.tu-dortmund.de/ieem/mathe2000/pdf/Blitzrechenoffensive.pdf>

Die fundamentale Idee ‚Algorithmus‘ im Mathematikunterricht der Primarstufe

Abstract

In Zeiten der Digitalisierung ist der Begriff ‚Algorithmus‘ in aller Munde und auch Schülerinnen und Schüler sind in ihrer Lebenswelt permanent den Entscheidungen von Algorithmen ausgesetzt. Kompetenzen im Umgang mit Algorithmen können in der Primarstufe vor allem im Mathematikunterricht erworben werden, in welchem sie als fundamentale Idee bereits relevantes Thema sind. In diesem Artikel werden exemplarische Elemente einer Unterrichtssequenz vorgestellt, mit welcher Algorithmen explizit gemacht und damit digitalisierungsbezogene Kompetenzen erworben werden können.

1. Einführung

Algorithmen gehören zu den fundamentalen Ideen der Mathematik und sind in Zeiten der fortschreitenden Digitalisierung vieler Lebensbereiche allgegenwärtig. Obwohl in einer Befragung der Bertelsmann Stiftung (Fischer & Petersen, 2018, S. 13f.) über 70% der Befragten angeben, den Begriff des Algorithmus bereits gehört zu haben, weiß mehr als die Hälfte dieser Personen kaum etwas Konkretes über Algorithmen. Dabei ist die digitalisierte Welt durchzogen von Algorithmen – auch Kinder und Jugendliche kommen täglich mit ihnen in Berührung, da sie bei der Nutzung von digitalen Medien mit Entscheidungen konfrontiert werden, welche auf der Grundlage von Algorithmen getroffen werden. Im Sinne einer zukunfts- und berufsorientierten Ausbildung sollten Algorithmen deshalb bereits in der Schulbildung thematisiert werden, um Alltagsphänomene in einen fachlichen Kontext einordnen zu können und die Grundlage für eine Diskussion über Anwendungsbereiche, Möglichkeiten und Grenzen von Algorithmen zu bilden.

Das Fach Mathematik kann bereits in der Primarstufe dazu beitragen, Kompetenzen im Umgang mit Algorithmen zu erwerben. So sind auch mathematische Verfahren zur Lösung von Rechenaufgaben nichts anderes als

Algorithmen. In den Lehrplänen Mathematik sind diese Kompetenzen bisher hingegen kaum explizit verankert. Dabei kann die Behandlung des Unterrichtsthemas ‚Algorithmus‘ dazu beitragen, Sicherheit in der Auseinandersetzung mit diesem Thema herzustellen und das Wesen von Algorithmen zu verinnerlichen, indem an algorithmische Strukturen in alltäglichen Vorgängen angeknüpft wird. Kinder können erste Vorstellungen zu Algorithmen und zur Programmierung zunächst auch ohne digitale Endgeräte sammeln, indem sie beispielsweise Vorgänge durchführen, Vorgänge beschreiben und Kochrezepte oder Bastelanleitungen als Beispiele von im Alltag angewandten Algorithmen (be-)schreiben.

Das Teilprojekt Mathematik des von Bund und Ländern in der gemeinsamen Qualitätsoffensive Lehrerbildung geförderten Entwicklungsprojekts ‚Cumulativer und curricular vernetzter Aufbau digitalisierungsbezogener Kompetenzen zukünftiger Lehrkräfte‘ (Cu₂RVE) an der Universität Hildesheim untersucht die Nutzung von digitalen Technologien zur Förderung fachlichen Lernens und zur Förderung von Kompetenzen in der digitalen Welt im Mathematikunterricht. Dazu wurde eine Unterrichtssequenz zum Thema Algorithmen entwickelt, aus welcher exemplarische Elemente in diesem Beitrag vorgestellt werden sollen.

Im Folgenden klären wir dazu zunächst unser Verständnis des Begriffs ‚Algorithmus‘ als fundamentale Idee der Mathematik (2) und der Kompetenz des algorithmischen Denkens als fächerübergreifende Aufgabe (3). Anschließend stellen wir Ansätze vor, wie das Thema ‚Algorithmus‘ in der Primarstufe eingeführt werden kann (4), bevor ein Fazit gezogen und ein Ausblick gegeben wird (5).

2. ‚Algorithmus‘ als fundamentale Idee der Mathematik

2.1 Fundamentale Ideen in der Mathematik

In seinem Werk ‚The Process of Education‘ (1960) plädiert Bruner dafür, dass in erster Linie zentrale Strukturen der zugrundeliegenden Wissenschaft eines Faches im Unterricht vermittelt werden sollen. Darauf geht die Auffassung der Vermittlung von *fundamentalen Ideen* im Unterricht zurück. Fundamentale Ideen sind in jedem Alter relevant und können daher über die gesamte Schullaufbahn im Rahmen eines Spiralprinzips hinweg vermittelt werden (Bruner, 1980, S. 26). So wird es Lernenden ermöglicht, Beziehungen zwischen Inhalten zu erkennen (ebd., S. 25) und Transferaufgaben zu bearbeiten (ebd., S. 37). Mit der Zeit kann Wissen so immer weiter vertieft werden.

Bruner erläutert das Konzept der fundamentalen Ideen am Beispiel der Mathematik, sieht aber in allen Disziplinen eine mögliche Anwendung (ebd., S. 26). Daher existieren diverse Interpretationen sowie bereichsspezifische Festlegungen fundamentaler Ideen. Auffällig ist allerdings, dass die Diskussion über fundamentale Ideen nach Bruner hauptsächlich in Bezug auf die Mathematik geführt wird. Dabei gibt es auch hier keine Einigung auf einen verbindlichen Katalog, sondern viele verschiedene – zum Teil allgemein gehaltene, zum Teil bereichsspezifische – Kataloge von fundamentalen Ideen der Mathematik.

Nach Tietze et al. (1982, S. 41) sind fundamentale Ideen der Mathematik „eine Antwort auf die Überflutung mit unverbundenem Detailwissen, auf das Problem der Stofffülle und Stoffisolation“. In dem Versuch, fundamentale Ideen bereichsübergreifend zusammenzufassen, kommen die Autoren zu folgender Aufzählung: „Algorithmus, Approximation, Modellbildung, Funktion, Geometrisieren, Linearisieren“ (ebd., S. 42). Schreiber (2011, S. 76–78) entwickelt als einen Katalog fundamentaler Ideen der Mathematik: „Exhaustion, Iteration, Reduktion, Abbildung, Algorithmus, Quantität, Kontinuität, Optimalität, Invarianz, Unendlich, Ideation, Abstraktion, Repräsentation, Raum, Einheit“ (ebd., S. 78). Es gibt noch viele weitere Zusammensetzungen von fundamentalen Ideen der Mathematik, auf die an dieser Stelle nicht eingegangen werden kann. Auffällig ist dabei, dass ‚Algorithmus‘ bei fast allen Autoren und Autorinnen angeführt wird (Ziegenbalg, 2015, S. 303). Der Algorithmus hat „für die gesamte Mathematik Bedeutung, bilde[t] aber auch gebietsspezifische Schwerpunkte“ (Schreiber, 2011, S. 77). Dabei sind Algorithmen im Mathematikunterricht sowohl Lerngegenstand als auch ein Hilfsmittel zur Verfolgung methodologischer Ziele (Ziegenbalg et al., 2016, S. 8 ff.).

2.2 Zum Begriff des Algorithmus

Für eine Einordnung des Begriffs Algorithmus werden an dieser Stelle exemplarisch zwei Definitionen aus fachdidaktischen Werken angeführt: Ziegenbalg (2015, S. 307) definiert einen Algorithmus als „eine endliche Folge von eindeutig bestimmten Elementaranweisungen, die den Lösungsweg eines Problems exakt und vollständig beschreiben“. Nach Schubert und Schwill (2011) ist ein Algorithmus ein „mit formalen Mitteln beschreibbares, mechanisch nachvollziehbares Verfahren zur Lösung einer Klasse von Problemen“ (ebd., S. 4). Algorithmen können also genutzt werden, um ein gegebenes Problem beziehungsweise eine Klasse von Problemen zu lösen. Dazu werden einzelne

Schritte mit Anweisungen in einer bestimmten Reihenfolge so kombiniert, dass der Weg zur Problemlösung exakt und vollständig beschrieben ist.

Aus diesen Definitionen lässt sich ableiten: Algorithmen existieren nicht nur im Zusammenhang mit Computern, immerhin gab es Algorithmen in der Mathematik schon deutlich vor dem Zeitalter der Computer. Das Wort ‚Algorithmus‘ entstand dabei ca. 800 v. Chr. durch die lateinische Übersetzung des Namens des persisch-arabischen Mathematikers Abu Ja'far Mohammed ibn Musa al-Khowarizmi, welcher unter anderem Lösungsverfahren für quadratische Gleichungen systematisch zusammenstellte (Ziegenbalg et al., 2016, S. 21f.).

Die Grundstruktur eines Algorithmus besteht aus *elementaren Anweisungen*, die hintereinander ausgeführt werden und nicht teilbar sind (Hubwieser et al., 2013, S. 12). Einzelne Schritte können in Algorithmen zu *Sequenzen* zusammengefasst werden, in denen jeder Schritt das Ergebnis des Vorherigen übernimmt (ebd., S. 12). Außerdem werden bei einem Großteil der Algorithmen Schritte benötigt, die nur unter bestimmten Bedingungen ausgeführt werden (diese werden *bedingte Anweisung* oder *Verzweigung* genannt) (ebd., S. 12). Bei mehreren aufeinanderfolgenden gleichen Sequenzen können diese zu *Schleifen* zusammengefasst werden, bei welchen die Anzahl der Wiederholungen häufig wiederum durch Bedingungen geregelt ist (ebd., S. 13). Sequenzen, bedingte Anweisungen und Schleifen sind die Grundbausteine von Algorithmen.

Die Eigenschaften eines Algorithmus werden im Folgenden noch einmal gebündelt dargestellt (Dörn, 2016, S. 4f.; Hubwieser et al., 2013, S. 15; von Rimscha, 2017, S. 2f.)

- Der Algorithmus löst eine Menge von gleichartigen Aufgaben (*Allgemeingültigkeit*).
- Die einzelnen Anweisungen des Algorithmus sind verständlich und ausführbar (*Ausführbarkeit*).
- Der Algorithmus benötigt nur endlich viele Schritte (*Endlichkeit*).
- Jede Anweisung des Algorithmus ist eindeutig (*Eindeutigkeit*).
- Ein Algorithmus heißt determiniert, wenn bei der gleichen Eingabe stets dieselbe Ausgabe erzeugt wird (*Determiniertheit*).
- Ein Algorithmus heißt deterministisch, wenn er sich für jede auszuführende Anweisung nur auf eine Art fortsetzen lässt (*Determinismus*).

Um einen Algorithmus mitzuteilen, muss dieser in einer passenden Darstellungsform präsentiert werden. Als Möglichkeiten für die Ausformulierung von Algorithmen führen Ottmann und Widmayer (2017, S. 2) folgende an: Umgangssprache, umgangssprachliche Programmiersprache (Befehlsliste), Pro-

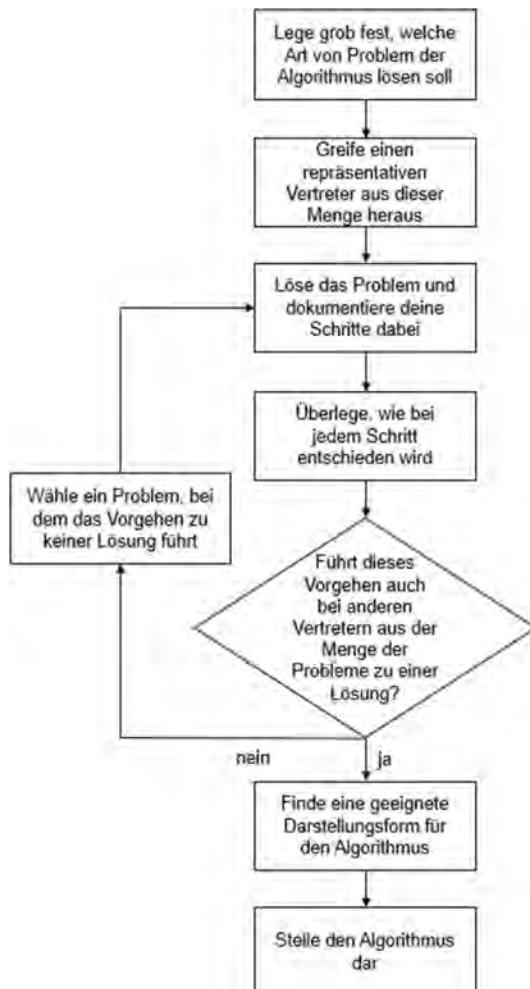


Abbildung 1: Vorgehen bei der Darstellung eines Algorithmus; Quelle: Eigene Darstellung

gramm, Schaltkreis. Neben der sprachlichen Darstellung können Algorithmen durch Handlungen oder Grafiken, wie etwa Struktogramme, Flussdiagramme oder Bilder, dargestellt werden.

Abbildung 1 legt dar, wie bei der Darstellung eines Algorithmus vorgegangen wird.

2.3 Algorithmen im Mathematikunterricht

Wir betrachten exemplarisch das Kerncurriculum aus Niedersachsen für das Fach Mathematik in der Grundschule, um zu elaborieren, inwieweit das Thema ‚Algorithmus‘ auch in Lehrplänen verankert ist: Bei den Basiskompetenzen, die

1. – 2. Klasse	3. – 4. Klasse
	<i>Zahlen und Operationen</i>
<ul style="list-style-type: none"> — Prozesse des Zählens, Sortieren, Ordnen — Mustererkennung in Zahlenfolgen, Fortsetzen von Zahlenfolgen — Figurierte Zahlen 	<ul style="list-style-type: none"> — Schriftliche Rechenverfahren (Addition mit mehreren Summanden, Subtraktion mit einem Subtrahenden, Multiplikation mit mehrstelligem Faktor, Division mit einstelligem Divisor) — Rechenmauern — Mustererkennung in Zahlenfolgen, Fortsetzen von Zahlenfolgen — Kettenaufgaben — Rechnen mit Klammern
	<i>Raum und Form</i>
<ul style="list-style-type: none"> — Bastelanleitungen (Bauen und Falten nach mündlichen Vorgaben) — Fortsetzen von geometrischen Mustern 	<ul style="list-style-type: none"> — Bastelanleitungen (Bauen und Falten nach mündlichen oder schriftlichen Vorgaben) — Wegbeschreibungen — Konstruktionsverfahren mit Einheitsflächen und Einheitswürfeln
	<i>Größen und Messen</i>
<ul style="list-style-type: none"> — Messen, Vergleichen und Ordnen von Längen, Zeitspannen und Geldbeträgen 	<ul style="list-style-type: none"> — Messen, Vergleichen und Ordnen von Längen, Hohlmaßen, Gewichten und Zeitspannen
	<i>Daten und Zufall</i>
	<ul style="list-style-type: none"> — Vorstrukturierte Baumdiagramme von Zufallsexperimenten

Abbildung 2: Algorithmische Themen im Mathematikunterricht der Primarstufe; Quelle: Eigene Darstellung, in Anl. an Niedersächsisches Kultusministerium, 2017; Ziegenbalg et al., 2016, S. 9

von Schülerinnen und Schülern sicher und schnell verfügbar sein sollen, findet der Begriff ‚Algorithmus‘ („Algorithmen bis zur Geläufigkeit“) zwar Erwähnung (Niedersächsisches Kultusministerium, 2017, S. 16), in der Auflistung der erwarteten Kompetenzen wird der Begriff hingegen nicht erneut angeführt. Allerdings gibt es in der Schulmathematik auch ohne die explizite Nennung des Begriffs, wie es etwa beim Euklidischen Algorithmus oder beim Gaußschen Algorithmus der Fall ist, zahlreiche Algorithmen. Die implizite Auseinandersetzung mit dem Algorithmus beginnt in der Primarstufe im Mathematikunterricht vor allem mittels der Behandlung der schriftlichen Rechenverfahren, welche im Kerncurriculum unter den inhaltsbezogenen Kompetenzen im Bereich ‚Zahlen und Operationen‘ vorgegeben sind (ebd., S. 27 ff.).

Bei einer genaueren Betrachtung der behandelten Themen können weitere weniger offenkundige algorithmische Themen im Mathematikunterricht der Primarstufe identifiziert werden. In Abbildung 2 sind diese aufgelistet. Hierdurch wird deutlich, dass die implizite Auseinandersetzung mit Algorithmen in allen im Kerncurriculum beschriebenen mathematischen Inhaltenbereichen

auftritt. Damit ist auch das algorithmische Denken ein bedeutender Bestandteil des Mathematikunterrichts der Primarstufe.

3. Algorithmisches Denken als digitalisierungsbezogene Kompetenz

Neben der Auseinandersetzung mit Algorithmen als fundamentale Idee im Mathematikunterricht wird das algorithmische Denken, als Teil digitalisierungsbezogener Kompetenzen, als fächerübergreifende Aufgabe in der Schule angesehen.

3.1 Algorithmisches Denken in der ICILS und der KMK-Strategie

Der Begriff ‚Computational Thinking‘ wurde ursprünglich von Seymour Papert in seinem Buch „Mindstorms“ (1980) zu konstruktivistischen Lerntheorien geprägt und vor allem durch die Informatikprofessorin Jeanette Wing populär, die das Konzept wie folgt definiert: „Computational thinking is the thought processes involved in formulating problems and their solutions so that the solutions are represented in a form that can be effectively carried out by an information-processing agent.“ (Wing, 2010, S. 1). Wir benutzen den Begriff hier synonym mit algorithmischem Denken. Hervorzuheben ist, dass sich das algorithmische Denken auf Menschen und nicht auf Computer fokussiert: „Computational thinking is a way humans solve problems; it is not trying to get humans to think like computers. Computers are dull and boring; humans are clever and imaginative. We humans make computers exciting.“ (Wing, 2006, S. 35).

Über die im algorithmischen Denken beinhalteten Aspekte herrscht kein allgemein gültiger Konsens. Kortenkamp und Lambert (2015, S. 5) definieren algorithmisches Denken prägnant als „eine Denkweise, die typisch für den Umgang mit Algorithmen ist“ und nennen als Tätigkeiten beim algorithmischen Denken die Entwicklung, das Formalisieren, die Implementierung, die Anwendung, die Bewertung und ggf. die Weiterentwicklung von Algorithmen. In der ‚International Computer and Information Literacy Study‘ (ICILS) 2018 (Eickelmann, Bos et al., 2019), in der das ‚Computational Thinking‘ erstmals als Zusatzmodul erfasst wurde, wird diese Kompetenz als „Gesamtheit von Denkprozessen betrachtet, die genutzt werden, Probleme sowie Verfahren zu deren Lösungen so zu modellieren, dass eine algorithmische Verarbeitung möglich wird“ (Eickelmann, Vahrenhold et al., 2019, S. 367). Dafür werden die Kompetenzen in die zwei Teilebereiche ‚Probleme konzeptualisieren‘ und

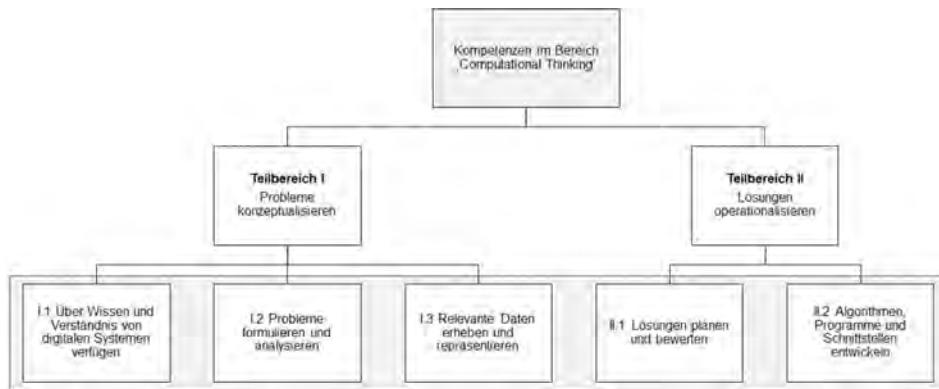


Abbildung 3: Das Konstrukt der Kompetenzen im Bereich ‚Computational Thinking‘ in ICILS 2018; Quelle: Eickelmann et al., 2019, S. 372

„Lösungen operationalisieren“ unterteilt, welche jeweils die in Abbildung 3 dargestellten, zugehörigen Aspekte umfassen.

Der Kern des algorithmischen Denkens liegt darin, kreative Ideen für die Lösung von Problemen zu finden und diese dann formal so zu formulieren, dass Mensch oder Maschine (oder Kombinationen von beidem) sie eindeutig ausführen könnten. Dabei liegt der Fokus des algorithmischen Denkens auf einem Problem und betont Problemlösekompetenzen.

Die Berücksichtigung von algorithmischem Denken neben computer- und informationsbezogenen Kompetenzen in der ICILS 2018 zeigt, wie wichtig die damit verbundenen Kompetenzen weltweit für die schulische Bildung geworden sind – auch unabhängig vom Informatikunterricht. Das Konstrukt der betrachteten Kompetenzen im Bereich ‚Computational Thinking‘ der ICILS zeigt eine Übereinstimmung zu der KMK-Strategie ‚Bildung in der digitalen Welt‘ (Kultusministerkonferenz (KMK), 2017), in der Anforderungen an die Kompetenzen formuliert sind, die Schülerinnen und Schüler in ihrer Schulzeit erlangen sollen, um für ein selbstständiges und mündiges Leben in einer von Digitalisierung geprägten Gesellschaft befähigt zu werden.

Diese *Kompetenzen in der digitalen Welt* umfassen eine umfassende Auswahl an Kompetenzen für eine zukunftsorientierte Bildung. Es wird zwischen sechs Kompetenzbereiche unterschieden (KMK, 2017): (1) Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren, (2) Kommunizieren und Kooperieren, (3) Produzieren und Präsentieren, (4) Schützen und sicher Agieren, (5) Problemlösen und Handeln und (6) Analysieren und Reflektieren. Im Kompetenzbereich (5) ist dabei die Entwicklung der Teilkompetenz ‚Algorithmen erkennen und formulieren‘ vorgesehen, welche in einer dritten Ebene in die folgenden noch spezifischeren Kompetenzen ausdifferenziert wird (ebd., S. 18): 5.5.1. *Funktionsweisen und*

grundlegende Prinzipien der digitalen Welt kennen und verstehen, 5.5.2. Algorithmische Strukturen in genutzten digitalen Tools erkennen und formulieren und 5.5.3. Eine strukturierte, algorithmische Sequenz zur Lösung eines Problems planen und verwenden.

3.2 Algorithmisches Denken als fächerübergreifende Aufgabe

Als fundamentale Idee der Mathematik gehören Algorithmen und algorithmisches Denken eindeutig (auch) in den Mathematikunterricht. Der Unterricht im Fach Mathematik kann dazu beitragen, die in der KMK-Strategie geforderten Kompetenzen im Bereich ‚Algorithmen erkennen und formulieren‘ zu fördern und zugleich innerfachliche Unterrichtsziele zu verfolgen. Denn Algorithmen werden auch in anderen Fächern, wie etwa dem Sprachunterricht, bereits in der Primarstufe durch verschiedene Formen von Anleitungen behandelt. Die Verbindung dieser Themen und die Präzisierung des Begriffs ‚Algorithmus‘ wird in den Kerncurricula bisher allerdings nicht gefordert. Dabei ist nach Jung (1978, S. 172) gerade diese Präzisierung ein „didaktisch wichtig scheinende[r] Gesichtspunkt“ für Algorithmen.

Der Ausgangspunkt von Bastelanleitungen, Wegbeschreibungen und Konstruktionsbeschreibungen sind Probleme sprachlicher Natur. Werden Algorithmen als eindeutige und präzise Handlungsvorschriften zum Lösen eines Problems verstanden, können in diesem Sinne auch Anleitungen als Varianten eines Algorithmus, welcher in Umgangssprache formuliert ist, betrachtet werden. Beschreibungen und Anleitungen werden für andere oder sich selbst als eine Versprachlichung von Zusammenhängen in der Lebenswelt genutzt. Dabei ist nach Feilke (2005, S. 25) eine Beschreibung ein sprachliches Handeln, bei dem die beschreibende Person zeigt, wie er oder sie die Realität wahrnimmt und sich dabei stets an der Adressatin oder dem Adressaten orientiert. Alle Vorgangsbeschreibungen bestehen aus einzelnen Teilhandlungen, die zu einem gewünschten Endergebnis führen, wenn sie vollständig und in einer bestimmten Reihenfolge ausgeführt werden (Boles, 2013, S. 6). Die Teilhandlungen der Vorgangsbeschreibung stellen hierbei die Anweisungen des Algorithmus dar und auch die drei Hauptbestandteile von Algorithmen (Sequenzen, bedingte Anweisungen und Schleifen) können in Vorgangsbeschreibungen gefunden werden (ebd., S. 6).

An diesem Beispiel wird sichtbar, dass sich das Thema ‚Algorithmen‘ und algorithmisches Denken als fächerübergreifendes und gegebenenfalls fächerverbindendes Thema in der Primarstufe anbietet.

4. Ideen für eine Unterrichtssequenz zum Thema ‚Algorithmus‘

In diesem Abschnitt gehen wir auf Möglichkeiten ein, wie das Thema ‚Algorithmus‘ im fächerübergreifenden Unterricht der Primarstufe eingeführt und präzisiert werden kann. Dabei stellen wir exemplarisch Elemente einer Unterrichtssequenz vor (geplant und durchgeführt innerhalb des Teilprojekts Mathematik des Projekts Cu₂RVE an der Universität Hildesheim¹).

Die Einführung des Themas ‚Algorithmus‘ erfolgt hier im Unterricht ab der vierten Klassenstufe, wenn das nötige Vorwissen zu einem schriftlichen Rechenverfahren vorhanden ist und die Schreibkompetenzen der Schülerinnen und Schüler hinreichend ausgeprägt sind. Am Ende der Unterrichtssequenz sollen Schülerinnen und Schüler das algorithmische Denken derartig Weise gefestigt haben, dass sie verschiedene Darstellungsformen von Algorithmen (er-)kennen und ihnen bekannte Algorithmen in einer geeigneten Form darstellen können. Dazu ist es notwendig, dass die Schülerinnen und Schüler ausgewählte Eigenschaften von Algorithmen kennen. Ihnen sollte deutlich werden, dass Algorithmen aus endlich vielen festgelegten Handlungsanweisungen bestehen, mit denen ein (mathematisches) Problem gelöst wird, wobei die Handlungsanweisungen in einer festen Reihenfolge vorkommen und genau und komplett beschrieben werden. Die Einführung und Präzisierung des Begriffs findet in drei Blöcken statt: Durch verschiedene Darstellungsformen von Vorgangsbeschreibungen findet zunächst die Einführung von Algorithmen statt, woraufhin ein schriftliches Rechenverfahren als Algorithmus erkannt wird und zuletzt der Begriff ‚Algorithmus‘ und die Eigenschaften von Algorithmen an diesem Verfahren expliziert werden.

An einfachen, in Umgangssprache formulierten oder durch Handlungen dargestellten Algorithmen können die Eigenschaften von Algorithmen erkannt werden. Die Schülerinnen und Schüler entdecken dafür zunächst durch eigenes Handeln einen Algorithmus. Hier bieten sich simple und präzise formulierte Anleitungen, wie etwa eine Bauanleitung für ein Gebäude aus Bauklötzen, eine Bastelanleitung oder ein kurzes Rezept (z. B. für einen KiBa-Saft oder eine Schokomilch) an. Durch die Durchführung und die Beschreibung des Vorgangs können die Schülerinnen und Schüler entdecken, dass die Reihenfolge von Anweisungen eingehalten werden muss, die Anzahl der Anweisungen endlich ist und die einzelnen Anweisungen genau und komplett beschrieben werden müssen.

¹ Materialien zum Teil abrufbar unter www.digiducation.de/project/lerneinheit-algorithmen/

Um diese Erkenntnisse zu vertiefen, wird als folgende Abstraktionsebene die bildliche Darstellung eines Algorithmus herangezogen: Dafür kann zunächst mithilfe von vorbereiteten Fotos der Schritte eines Vorgangs, für den gemeinsam die zugehörigen Anweisungen formuliert werden, deutlich gemacht werden, wie diese Anweisungen formuliert werden sollten. In der im Rahmen von Cu₂RVE durchgeführten Unterrichtssequenz in einer vierten Klasse wurde dafür der Vorgang des Teekochens mit den nachfolgenden Anweisungen gewählt:

1. Hänge einen Teebeutel in die Tasse.
2. Fülle den Wasserkocher mit Wasser.
3. Schalte den Wasserkocher ein.
4. Warte, bis der Wasserkocher sich ausschaltet.
5. Gieße das heiße Wasser vorsichtig in die Tasse.
6. Warte 5 Minuten.
7. Nimm den Teebeutel aus der Tasse.

Im Anschluss dokumentieren die Schülerinnen und Schüler die Durchführung eines selbst gewählten Vorgangs, indem sie jeden einzelnen Schritt mit einem Foto festhalten. Zu diesem Zweck können digitale Endgeräte wie Smartphones oder Tablets genutzt werden, auf denen die Fotos anschließend in eine Bilderbuch-App (z. B. *Kids Story Builder* (Aurita, 2020) oder *Story Creator* (Innovative Mobile Apps Ltd, o.J.)) eingefügt werden, um zu jedem Foto die zugehörige Anweisung als Befehl zu formulieren. Durch die im Imperativ formulierten Anweisungen werden die Eigenschaften von Algorithmen nun deutlich sichtbar. Beispiele für alltägliche Vorgänge, die von den Schülerinnen und Schülern genutzt werden können, sind in Abbildung 4 zu finden.

- Jacke anziehen - Roller fahren - Zahne putzen - Schuhe binden - Jemanden anrufen - Zur Schule laufen	- Schokomilch machen - Kekse backen - Käsebrot machen - Nudeln kochen - Tee kochen	- Haus aus Lego bauen - Haus aus Bauklötzen bauen - Roboter aus Lego bauen	- Segelboot falten - Windrad aus Papier basteln - Kürbis schnitzen - Papierflieger falten - Origami-Schachtel falten	- Anleitung „Mensch ärgere dich nicht“ - Anleitung „Schere Stein Papier“ - Anleitung „Uno“
Alltag	Essen und Trinken	Bauen	Basteln	Spiele

Abbildung 4: Alltägliche Vorgänge als Beispiel für Algorithmen; Quelle: Eigene Darstellung

Der Bezug zum Mathematikunterricht, in dem der Algorithmus als zentrales Thema verortet ist, wird im zweiten Block durch die Betrachtung eines schriftlichen Rechenverfahrens hergestellt. Hier bieten sich Verfahren an, die den Schülerinnen und Schülern bereits bekannt sind und dementsprechend sicher ausgeführt werden. Die Betrachtung in Zusammenhang mit dem Thema

„Algorithmus“ dient nicht dazu, das Verfahren zu erlernen. Vielmehr sollen die Schülerinnen und Schüler die Eigenschaften von Algorithmen in einem schriftlichen Rechenverfahren erkennen und durch verschiedene Darstellungen das Verständnis des Verfahrens festigen. Indem die Schülerinnen und Schüler die einzelnen Anweisungen des schriftlichen Rechenverfahrens formulieren, werden die Eigenschaften von Algorithmen erneut sichtbar und die möglichen Darstellungsformen ergänzt. In der Durchführung der Unterrichtssequenz wurde das Verfahren der schriftlichen Addition gewählt, welches zunächst durch die Bearbeitung von Übungsaufgaben wiederholt wurde. Anschließend erklärten sich die Schülerinnen und Schüler das Verfahren gegenseitig und verschriftlichten die Schritte des Verfahrens anhand eines vorgegebenen Beispiels.

Im dritten Block werden nun die erarbeiteten Eigenschaften und Darstellungsformen der verschiedenen kennengelernten Algorithmen gesammelt und schließlich der Begriff des „Algorithmus“ eingeführt und expliziert. Die Schülerinnen und Schüler lernen dabei, dass ein Algorithmus aus festgelegten Anweisungen besteht, mit denen ein Problem gelöst wird. Ihnen wird deutlich, dass eine bestimmte Reihenfolge der Anweisungen bei einem Algorithmus eingehalten werden muss, die Anzahl der Anweisungen endlich ist und die einzelnen Anweisungen genau und komplett beschrieben sein müssen.

Eine Vertiefung des Themas kann anschließend durch eine computerbasierte Darstellung von Algorithmen erfolgen, z. B. mit Hilfe der grafischen Programmiersprache *Scratch* (Scratch Foundation, 2019).

5. Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag konnte gezeigt werden, dass das Konzept des Algorithmus bereits in der Primarstufe eingeführt werden sollte, um einen Grundstein für die zukunftsorientierte Ausbildung zu legen und Alltagsphänomene in einen fachlichen Kontext einzuordnen. Für Schülerinnen und Schüler der Primarstufe ist es dabei wichtig, dass für ihre Altersstufe geeignete Darstellungsformen von Algorithmen gewählt werden. Hier kann auf Alltagsbeispiele von Algorithmen zurückgegriffen werden, welche anhand von Handlungen, Bildern und sprachlichen Darstellungsformen repräsentiert werden.

Als fundamentale Idee der Mathematik sind Algorithmen eindeutig im Mathematikunterricht verortet und können dort somit im Rahmen des Spiralprinzips in jeder Phase der Schullaufbahn vermittelt werden. Erste Erfahrungen mit Algorithmen machen Schülerinnen und Schüler im Mathematikunterricht der Primarstufe durch das Ausführen von schriftlichen Rechenverfahren; von

Bedeutung ist allerdings vor allem, das Konzept des Algorithmus zu explizieren. An den Ausführungen zu einer beispielhaften Unterrichtssequenz wurde zudem deutlich, dass es sich bei dem Thema ‚Algorithmus‘ um ein fächerübergreifendes Thema handelt, das beispielsweise verbindend im Deutschunterricht (Anleitungen, Vorgangsbeschreibungen), Mathematikunterricht (schriftliche Rechenverfahren) und Sachunterricht im Rahmen der informatischen Grundbildung (Programmierung) erarbeitet werden kann.

Die Förderung von Kompetenzen im Zusammenhang mit dem algorithmischen Denken in der Primarstufe erschafft Anschlussmöglichkeiten für die gesamte nachfolgende Schullaufbahn, in der aufgrund der immer weiter fortschreitenden Digitalisierung die Förderung von algorithmischem Denken fest verankert werden sollte.

Literatur

- Aurita (2020). *Kids Story Builder* (2.3.0.0). [App] <https://play.google.com/store/apps/details?id=homes.jared.kidsstorybuilder&hl=de&gl=US>
- Boles, D. (2013). *Programmieren spielend gelernt mit dem Java-Hamster-Modell* (5. überarb. und erw. Aufl). Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-8351-9002-3>
- Bruner, J. S. (1960). *The Process of Education*. Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (1980). *Der Prozeß der Erziehung* (5. Aufl). Berlin-Verl. [u. a.].
- Dörn, S. (2016). *Programmieren für Ingenieure und Naturwissenschaftler. 1: Grundlagen*. Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-50457-4>
- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M. & Vahrenhold, J. (Hrsg.). (2019). *ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Waxmann.
- Eickelmann, B., Vahrenhold, J. & Labusch, A. (2019). Der Kompetenzbereich ‚Computational Thinking‘: Erste Ergebnisse des Zusatzmoduls für Deutschland im internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (S. 367–398). Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:18330>
- Feilke, H. (2005). Beschreiben, erklären, argumentieren – Überlegungen zu einem pragmatischen Kontinuum. In P. Klotz & C. Lubkoll (Hrsg.), *Beschreibend wahr-*

- nehmen, wahrnehmend beschreiben: Sprachliche und ästhetische Aspekte kognitiver Prozesse (S. 45–59). Rombach.
- Fischer, S. & Petersen, T. (2018). *Was Deutschland über Algorithmen weiß und denkt: Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage*. Bertelsmann Stiftung. <https://doi.org/10.11586/2018022>
- Hubwieser, P., Mühling, A. & Aiglstorfer, G. (2013). *Fundamente der Informatik: Funktionale, imperative und objektorientierte Sicht, Algorithmen und Datenstrukturen*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag. <https://doi.org/10.1524/9783486720068>
- Innovative Mobile Apps Ltd (o. J.). *Story Creator – Easy Story Book Maker for Kids* (5.0). [App] <https://apps.apple.com/de/app/story-creator-easy-story-book-maker-for-kids/id545369477>
- Jung, W. (1978). Zum Begriff einer mathematischen Bildung. Rückblick auf 15 Jahre Mathematikdidaktik. *Mathematica didactica*, 1(4), 161–176.
- Kortenkamp, U. & Lambert, A. (2015). Wenn ..., dann... Bis Algorithmisches Denken (nicht nur) im Mathematikunterricht. *Mathematik lehren*, 32(188), 2–9.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (Hrsg.). (2017). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“, Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2016/2016_12_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf
- Niedersächsisches Kultusministerium. (2017). *Kerncurriculum für die Grundschule Schuljahrgänge 1–4. Mathematik*. http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/0003_gs_mathe_56.pdf [30.09.2021]
- Ottmann, T. & Widmayer, P. (2017). *Algorithmen und Datenstrukturen* (6. Aufl.). Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55650-4>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas*. Basic Books.
- Schreiber, A. (2011). *Begriffsbestimmungen: Aufsätze zur Heuristik und Logik mathematischer Begriffsbildung*. Logos Verlag.
- Schubert, S. & Schwill, A. (2011). *Didaktik der Informatik* (2. Aufl.). Spektrum Akademischer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2653-6>
- Scratch Foundation (2019). *Scratch* (3.29.1). [App] <https://scratch.mit.edu/download>
- Tietze, U. P., Klika, M. & Wolpers, H. (1982). *Didaktik des Mathematikunterrichts in der Sekundarstufe II*. Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-91103-2>
- Von Rimscha, M. (2017). *Algorithmen kompakt und verständlich: Lösungsstrategien am Computer* (4. durchg. Aufl.). Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18611-1>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wing, J. M. (2010). *Computational Thinking: What and Why?* <https://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>

- Ziegenbalg, J. (2015). Algorithmik. In R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 303–330). Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8>
- Ziegenbalg, J., Ziegenbalg, O. & Ziegenbalg, B. (2016). *Algorithmen von Hammurapi bis Gödel: Mit Beispielen aus den Computeralgebrasystemen Mathematica und Maxima* (4. überarb. und erw. Aufl.). Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-12363-5>