

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



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

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	Ülmen

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 Jaqueline 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

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 sachunterrichts-didaktischen 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 *fach*didaktischen Einsatz von AR in den Sekundarstufen und dem *sach*unterrichtsdidaktischen 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 Primat 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 auditiver 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 Teichrow & 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.

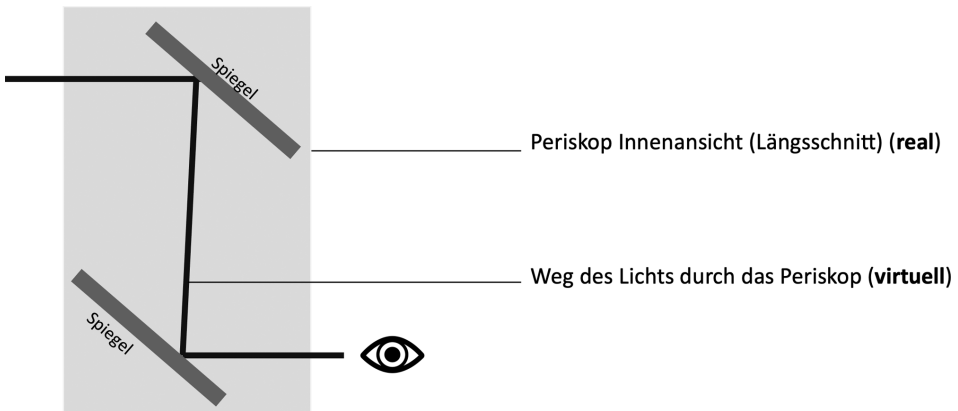


Abbildung 1: Visualisierung modellhafter Lichtstrahlen im Periskop mittels AR

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 elektri-

schen 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.

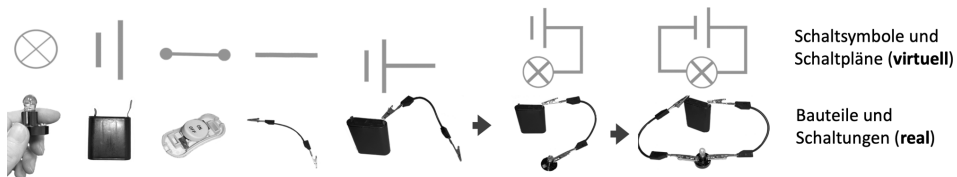


Abbildung 2: Visualisierung von Schaltsymboliken mittels AR

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 Zahnradkomplexen 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 Zahnradapparaturen 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-

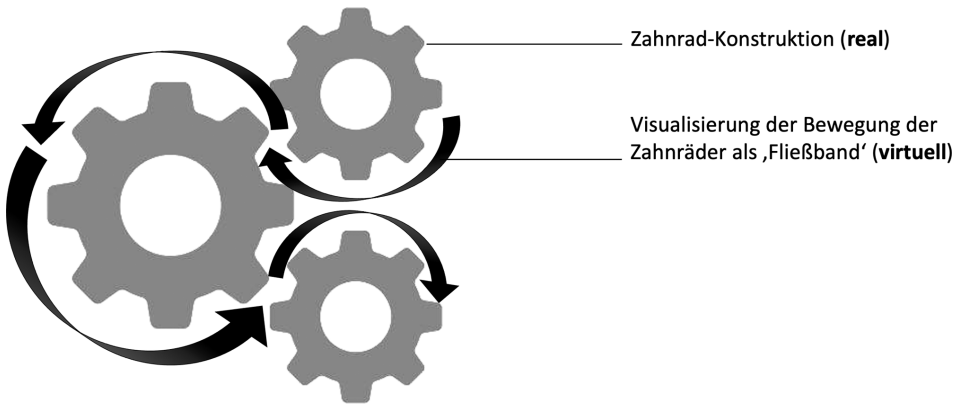


Abbildung 3: Visualisierung der Kraftübersetzung an Zahnrädern mittels AR

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 (isolierte) 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. Bezüglich 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 Medialen 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. Buchem, 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., Bailiot, 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 Medienlen 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., Jorriñ-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>