Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. Hildesheim: Universitätsverlag Hildesheim.

Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality (-Technologien) von angehenden Lehrkräften

Luisa Lauer & Markus Peschel
Dr. Luisa Lauer, Universität des Saarlandes, Didaktik der Primarstufe: Sachunterricht, Campus C6 3, Zi. 1.01, 66123 Saarbrücken
Prof. Dr. Markus Peschel, Universität des Saarlandes, Didaktik der Primarstufe: Sachunterricht
Campus C6 3, Zi. 1.03, 66123 Saarbrücken

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Studie werden die Entscheidungen und Begründungen angehender Grundschullehrkräfte für bzw. wider den Einsatz von Augmented Reality (AR)(-Technologien) im Sachunterricht der Primarstufe am Beispiel einer AR-Lehr-Lern-Anwendung zum Thema Elektrik untersucht. Dabei wird insbesondere der Einfluss des Besuchs einer universitären Lehrveranstaltung zum Einsatz digitaler Medien im Sachunterricht mit einem Schwerpunkt zu AR in den Blick genommen. Ziel ist es, Implikationen für die Weiterentwicklung der universitären Lehre zur Anbahnung einschlägiger Kompetenzen bei den Studierenden zur reflektierten Nutzung innovativer Technologien wie AR in ihrer späteren Berufspraxis abzuleiten. Es zeigt sich, dass sich der derzeit bestehende Zwiespalt zwischen technisch-wirtschaftlichen Limitationen und möglichen zukünftigen Potenzialen des Einsatzes in Lehr-Lern-Situationen (vgl. Huang & Tseng 2025; Lauer 2023) auch in den Entscheidungen und Begründungen für und wider den Einsatz von AR sowie verschiedener AR-Technologien (z. B. Brille, Tablet) widerspiegelt. Anknüpfend an diese Ergebnisse werden die Integration solcher Lehrveranstaltungen zum Einsatz von AR in Lehr-Lern-Situationen (sowohl im Sachunterricht der Grundschule als auch in anderen Fächern und Bildungsstufen) sowie verstärkte interdisziplinäre Zusammenarbeit im Rahmen der universitären Ausbildung von Lehrkräften gefordert.

Schlüsselwörter
Augmented Reality, Lehrkräfte, Digitale Medien, Naturwissenschaften, Sachunterricht

Abstract

This study examines the decisions and justifications of prospective primary school teachers for and against the use of augmented reality (AR) (technologies) in primary school science and social lessons (Sachunterricht) using the example of an AR teaching-learning application on the topic of electricity. In particular, the influence of attending a university course on the use of digital media in subject teaching with a focus on AR will be analysed. The aim is to derive implications for the further development of university teaching to develop relevant competences in students for the subject-media-didactically reflected use of innovative technologies such as AR in their future professional practice. It became apparent that the current dichotomy between technical and economic limitations and possible future potential for use in teaching and learning situations (cf. Huang & Tseng 2025; Lauer 2023) is also reflected in the decisions and justifications for and against the use of AR and various AR technologies (glasses, tablet). Drawing on these results, the integration

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

of such teaching events for the use of AR in teaching-learning situations (in primary school science and social studies as well as in other subjects and stages of education) and increased interdisciplinary cooperation in the context of university teacher training are encouraged.

Key Words
Augmented reality, teachers, digital media, natural sciences, primary science and social studies

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

Einleitung

Augmented Reality (AR) ist eine innovative Technologie zur Echtzeit-Erweiterung der Wahrnehmung der Realität um virtuelle (=digital generierte) Informationen (vgl. Dörner et al. 2019). AR könnte zukünftig – durch rasante technische Weiterentwicklung – Einzug in schulische Lehr-Lern-Situationen finden (wie andere ehemals „neue" Medien). Zumeist wird AR auch heute noch – aus meist pragmatischen und wirtschaftlichen Gründen – über Tablets realisiert (vgl. Arici et al. 2019; Kamińska et al. 2023; Liu et al. 2025), die in der Hand gehalten oder fixiert werden müssen. Perspektivisch könnte aber mittels AR-Brillen eine bessere didaktische Fokussierung auf den Lerngegenstand/die lernrelevanten Informationen ermöglicht werden, da die auf dem Kopf getragenen AR-Brillen als Medium (Vermittler von Informationen) in den Hintergrund der Wahrnehmung treten und eine stärkere Fokussierung des Lerngegenstands ermöglichen könnten (vgl. Lauer et al. 2024, Seibert et al. 2020) (bei wirtschaftlichen und vor allem benutzungstechnischen Verbesserungen in Zukunft). Um fachbezogenes Lernen didaktisch zu unterstützen (vgl. GFD 2018), muss die Echtzeit-Erweiterung der Realität als Gestaltungselement von AR in die fachdidaktische Rekonstruktion (Duit et al. 2012) reflektiert und einbezogen werden – im Sinne einer Fach-Medien-didaktischen Rekonstruktion (vgl. Lauer & Peschel 2020).[1]

Lehrkräfte nehmen bezüglich der (medialen und fachlichen) Gestaltung von Lehr-Lern-Situationen mit Technologien wie AR zur Förderung fachlichen Lernens eine zentrale Rolle ein (vgl. Helmke 2015; Baumert & Kunter 2011; Lachner et al. 2020). Dabei zeigte eine Studie mit Grundschullehrkräften (Lauer & Peschel 2023), dass diese das Potenzial von AR als innovative Technik zur Förderung fachlichen Lernens kaum erkennen und auch, dass die Lehrkräfte Abwägungen zwischen verschiedenen AR-Technologien (Brille vs. Tablet) eher nicht anhand Fach-Medien-didaktisch rekonstruierter Aspekte tätigten.

Eine Folgerung dieser Forschungsergebnisse war, dass im Curriculum für das Fach Sachunterricht an der Universität des Saarlandes darauf geachtet wurde, dass angehende Grundschullehrkräfte im Rahmen ihrer Ausbildung Einblicke und Erfahrungen bzgl. aktueller Diskurse sowie bzgl. Grenzen und Chancen des Einsatzes (digitaler) Technologien, auch AR, in Lehr-Lern-Situationen sammeln und Fach-Medien-didaktische Entscheidungen treffen und reflektieren. Um Implikationen für die Ausgestaltung weiterer einschlägiger Lehrveranstaltungen ableiten zu können, soll in dieser Studie untersucht werden, wie und mit welchen Begründungen angehende Lehrkräfte sich für oder gegen den Einsatz von AR-Technologien (wie Brille vs. Tablet) in fachlichen Lehr-Lern-Situationen entscheiden. Die Studie ermittelte exemplarisch anhand einer Fach-Medien-didaktisch rekonstruierten AR-Lehr-Lern-Anwendung die Entscheidungen und Begründungen der Studierenden diesbezüglich. Die Entscheidungen und Begründungen wurden über eine Online-Befragung mit n = 48 Grundschullehramtsstudierenden am Beispiel einer AR-Anwendung zum Thema „elektrische Schaltsymboliken" für den naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht erhoben und mittels strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz 2018) ausgewertet. Ein besonderer Fokus der Analyse ist der Einfluss der universitären Lehrveranstaltung („Mediales Lernen im Sachunterricht") zum Einsatz von Medien in fachorientierten Lehr-Lern-Situationen mit dem Medium AR. Die Ergebnisse der Analyse werden vor dem Hintergrund der theoretischen Darstellungen diskutiert, und es werden Implikationen für die Gestaltung von zukünftigen Lehrveranstaltungen für (Grundschul-)Lehrkräfte in der ersten Ausbildungsphase abgeleitet.

1 „Fach-Medien-Didaktische Rekonstruktion" ist eine Wortneuschöpfung (vgl. Lauer & Peschel 2020) und drückt aus, dass fach- und mediendidaktische Aspekte und Entscheidungen bei der didaktischen Rekonstruktion immer in wechselseitigem Bezug zueinander zu betrachten sind.

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

Theoretischer Hintergrund und Entwicklung der Fragestellung

Potenziale und (aktuelle) Grenzen des Einsatzes von Augmented Reality (AR) in Lehr-Lern-Situationen

Begriffsklärung und Stand der Forschung

Unter Augmented Reality (AR) wird die Erweiterung der Wahrnehmung durch digital generierte (=virtuelle) Inhalte verstanden (vgl. z. B. Dörner et al. 2019). Digitale und (zusätzliche) virtuelle Inhalte sind dabei in Echtzeit miteinander verschränkt (vgl. Azuma et al. 2001), wobei die reale Umgebung in der Kombination und Umsetzung der Repräsentationen die Hauptbezugsebene darstellt (vgl. Dunleavy 2014). In (schulischen) Lehr-Lern-Situationen kann diese Verschränkung von Realität und Virtualität insbesondere zur Echtzeit-Integration multipler Repräsentationen im Blickfeld genutzt werden (vgl. Radu & Schneider 2019). Studien zeigen zudem, dass AR in Lehr-Lern-Situationen die Motivation (vgl. z. B. Bacca et al. 2018) und die Neugierde (vgl. Kuhn et al. 2016) der Lernenden steigern kann. Durch adaptiv und/oder differenzierend gestaltete AR-Anwendungen können sich auch Möglichkeiten der Individualisierung in Lehr-Lern-Situationen ergeben (vgl. Anderson & Anderson 2019).

Bisherige Forschung zum Einsatz von AR zur Unterstützung fachlichen Lernens[2] zeigt allerdings auch, dass AR sich nicht per se positiv auf das Lernen oder den Lernerfolgt auswirkt, sondern dass es vielmehr auf die pädagogisch-didaktische Einbettung der AR ankommt (vgl. Garzón et al. 2020; Wu et al. 2013). Aus der Perspektive der Fachdidaktik ist fachbezogenes Lernen medial (hier: mit AR) zu unterstützen und mediales Lernen fachlich grundzulegen (vgl. GFD 2018). Beim Einsatz (innovativer) digitaler Medien wie AR in Lehr-Lern-Situationen betonen z. B. Lachner et al. (2020), dass dieser „didaktisch sinnvoll" (ebd. S. 71) erfolgen müsse. Eine medial gestützte Lehr-Lern-Anwendung könne als „didaktisches Werkzeug" (ebd.) zur Verbesserung von Unterricht eingesetzt werden (vgl. Stürmer & Lachner 2017, zitiert nach Lachner et al. 2020). Um also fachbezogenes Lernen mit AR zu unterstützen, müssten die technischen Charakteristika von AR (Echtzeit-Verschränkung von Realität und Virtualität) in die Aushandlung zwischen fachlichen Aspekten und der Sicht der Lernenden mit ihren Erfahrungen, Vorstellungen usw. einbezogen werden. Dies bedeutet, dass die didaktische Rekonstruktion (Duit et al. 2012) erweitert werden muss um Aspekte der medialen Unterstützung fachlichen Lernens durch AR – also eine „Fach-Medien-didaktische Rekonstruktion" (Lauer & Peschel 2020). Wenn die Förderung fachlichen Lernens im Vordergrund stehen soll, muss das Medium AR als solches in den Hintergrund (der Wahrnehmung der Lernenden) treten (vgl. Lauer et al. 2023), damit die intendierte Fokussierung des fachlichen Lerngegenstands nicht durch das Medium selbst verändert oder erschwert wird. Im Sachunterricht könnte beispielweise eine AR-Anwendung beim Thema Elektrik die Verknüpfung zwischen realen Bauteilen und virtuell eingeblendeten, adaptiven Schaltsymboliken unterstützen (s. „exemplarische AR-Anwendung", für weitere Beispiele; s. a. „AR in der Primarstufe und im Sachunterricht").

AR-Technologien

Eine Klassifizierung von AR-Technologien (vgl. Milgram & Kishino 1994) differenziert zwischen monitorbasierten Anwendungen (PC, Tablet, Smartphone) und speziellen auf dem Kopf getragenen Brillen, die mittels integrierter, halbtransparenter Displays, die Realität direkt anreichern (z. B. Microsoft HoloLens 2[3]). Angesichts der vergleichsweise geringen Anschaffungskosten, der aktuellen Verfügbarkeit an Schulen und der Kenntnis der Geräte seitens der Lehrenden und Lernenden sind Tablets die derzeit verwendete Techno-

2 Im Sachunterricht kann AR auch als Lerngegenstand im Rahmen vielperspektivischer Auseinandersetzung (vgl. GDSU 2013) mit lebensweltrelevanten Fragestellungen adressiert werden. In diesem Artikel geht es – aufgrund der Exemplarität der Inhalte und des Interesses an konkreten Einschätzungen der Studierenden zu Fach-Medien-didaktisch begründeten Aussagen – um AR bei einem innerfachlichen Thema (s. später).

3 Seit einiger Zeit hat auch Apple ein ähnliches Gerät auf den Markt gebracht (Apple Vision): Dieses Gerät verfügt allerdings über ein im Wesentlichen intransparentes Display, welches die reale Umgebung nur und fast unmerklich digital repliziert. In diesem Beitrag werden AR-Brillen fokussiert, die die reale Umgebung anreichern.

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

logie für AR-Anwendungen im Bildungsbereich (vgl. Akçayır & Akçayır 2017; Arici et al. 2019; Kamińska et al. 2023; Liu et al. 2025). AR-Brillen als Alternative sind (derzeit) nicht nur immens kostenintensiv und zumeist weder den Lehrenden noch den Lernenden bekannt, sondern bedürfen mitunter auch noch technischer Anpassungen zur Verbesserung der Benutzbarkeit, insbesondere von Kindern (vgl. z. B Lauer et al. 2021). Darüber hinaus gibt es Hinweise darauf, dass AR-Brillen in ihrer jetzigen technisch möglichen Realisierung (noch[4]) zu kognitiven Mehrbelastungen bei Lernenden führen können (vgl. Buchner et al. 2021). Bisherige Studien für derzeit verfügbare AR-Brillen, wie HoloLens 2, offenbaren bereits eine vielversprechende Benutzbarkeit auch durch jüngere Lernende (vgl. Lauer et al. 2021) – wenngleich die Geräte für diese Zielgruppe noch längst nicht optimiert sind (s. o.). In Lehr-Lern-Situationen der Zukunft könnten also – bei entsprechender technischer und finanzieller Optimierung der Geräte – andere Argumente bei der Entscheidung zwischen verschiedenen AR-Technologien angeführt werden: AR-Brillen sind u. E. aufgrund der Visualisierung zusätzlicher Informationen unmittelbar am Realobjekt von Vorteil für die Förderung fachlichen Lernens, da sie – anders als Tablets oder Smartphones – kein (bewusst wahrgenommenes) Display zwischen den Lernenden und dem Lerngegenstand erzeugen (vgl. Argumentation in Lauer 2023).

AR als Medium in Lehr-Lern-Situationen

Bei der Einschätzung von Medien (wie AR) in Lehr-Lehr-Situationen wird oft auf Angebots-Nutzungs-Modellierungen (vgl. z. B. Helmke 2015) rekurriert. Ausgehend von dieser Angebots-Nutzungs-Betrachtung kann sowohl das Lernen als auch das Lehren mit (digitalen Medien wie) AR in den Blick genommen werden, wobei Lehren und Lernen i.d.R. in einem wechselseitigen Wirkungszusammenhang steht (vgl. hierzu z. B. Scheiter 2021). Die Auswahl und der Einsatz verschiedener (digitaler) Medien wie AR für eine konkrete Lehr-Lern-Situation wird oft mit dem Begriff der Orchestrierung als Berücksichtigung des Zusammenspiels der gewählten Medien bezeichnet (vgl. z. B. Prieto et al. 2011, zitiert nach Scheiter 2021). Insbesondere für Überlegungen zur Orchestrierung könnte das Model of Usefulness (Nielsen 1993, s. Abb. 1)[5] eine differenzierte Beurteilung des Werts medialer Arrangements sowie eine Abwägung zwischen verschiedenen Arrangements (vgl. Lauer et al. 2024) erlauben.

Laut diesem Modell setzt sich die Nützlichkeit („Usefulness“) aus einer technischen Benutzbarkeit („Usability“) und dem unterrichtlichen Nutzen („Utility“) zusammen. Interessant ist die explizite Trennung eines (ökonomisierten) Mehrwerts, (vgl. hierzu auch z. B. die Position von Krommer 2019) („Value added“) gegenüber einem Wert bezüglich pädagogisch-(didaktischer) Aspekte (hier „Pedagogical Usability“). Das Modell erlaubt insgesamt somit die Beurteilung des *Werts* eines medialen (AR-)Arrangements unabhängig von der technischen oder finanziellen Realisierbarkeit und kann zum inhaltlich-didaktischen Vergleich verschiedener Arrangements genutzt werden.

4 Hiermit wird auf die zuvor aufgestellte Vermutung Bezug genommen, dass bei zukünftiger technischer Verbesserung und Weiterentwicklung von AR-Brillen technische Schwierigkeiten und damit einhergehend auch mögliche Nutzungsschwierigkeiten und Ablenkungen reduziert werden könnten.

5 Wegen der Anschlussfähigkeit dieser Studie an eine vorangegangene wird hier auf dieses Modell rekurriert. Ateş & Garzon (2022) geben einen sehr detaillierten Überblick über (andere) einschlägige Modelle. Für die spätere Interpretation bzw. Diskussion der Ergebnisse könnte auch beispielsweise das TAM (vgl. Aljarrah et al. 2016) verwendet werden, da die wesentlichen Faktoren sich meist stark ähneln oder gleichen.

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

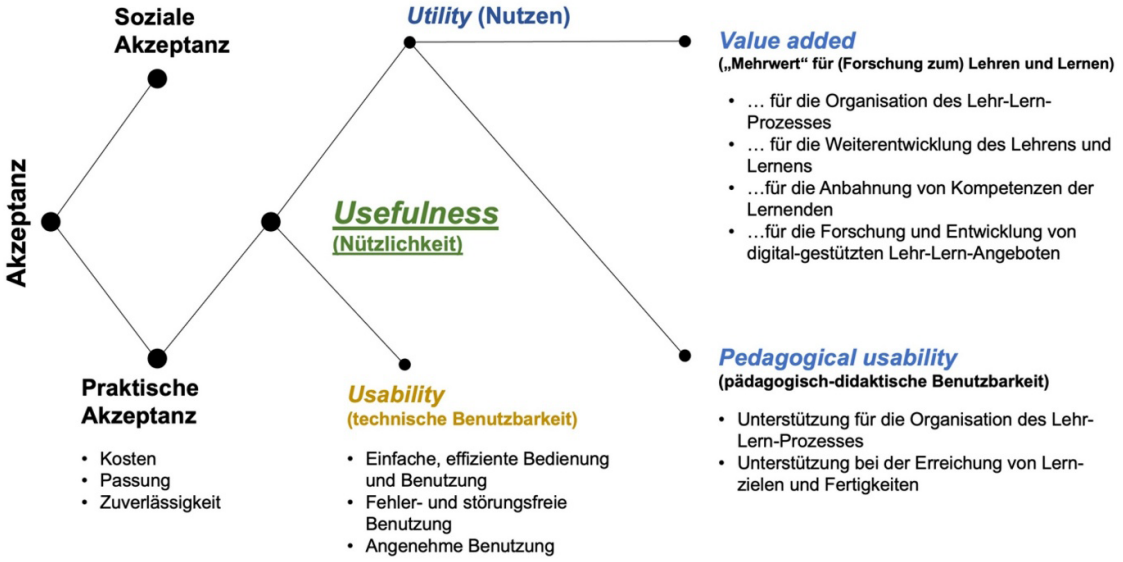


Abbildung 1: Model of Usefulness of Web-Based Learning Environments von Nielsen (1993), überarbeitet von Silius & Tervarkari (2002). Eigene Darstellung inkl. eigener Übersetzungen samt Ergänzungen.

AR in der Primarstufe und im Sachunterricht

Der Anteil der Forschung und Entwicklung zu AR in der Primarstufe ist mittlerweile gestiegen (vgl. Arici et al. 2019). Bislang finden sich jedoch noch wenige Forschungen und Entwicklungen zu AR mit Bezug zum Sachunterricht (vgl. Lauer & Peschel 2022) bzw. zu Fachthemen im Sachunterricht (s. a. Fußnote 1). Allerdings gibt es beispielsweise Untersuchungen von Haarhus et al. (2023), die die Förderung von Modellverständnissen und Fachwissen durch AR im Sachunterricht untersuchen. Insgesamt existiert dennoch weiterhin ein Desiderat zur Eruierung von Potenzialen und Grenzen des Einsatzes von AR – vor allem angesichts rasanter technischer Entwicklungen (s. o. Apple Vision oder AR-Brillen allgemein). Viele AR-Lehr-Lern-Anwendungen weisen einen spezifischen Bezug zu MINT-Themen auf (vgl. Arici et al. 2019; Cheung et al. 2019). Insbesondere dem Thema Elektrik können viele solcher Anwendungen mit Bezug zum Fach Physik zugeordnet werden (vgl. Lauer & Peschel 2020). Später wird eine AR-Anwendung zum Thema Elektrik für den Sachunterricht der Primarstufe ausführlicher vorgestellt (s. Kapitel „Exemplarische AR-Anwendung").

Zwischenfazit

AR besitzt viele Potenziale in Lehr-Lern-Situationen. Die beschriebenen Schwierigkeiten bzgl. eines Einsatzes von AR(-Technologien) in der Grundschule beziehen sich zu einem Großteil auf AR-*Brillen* (z. B. die fehlende Wirtschaftlichkeit und der Schulungsbedarf zu AR-Brillen, fehlende technische Optimierung für die Nutzung durch Kinder im Grundschulalter, die Verwaltung der Geräte, etc.) sowie die noch ungenügende Verbreitung von Lehr-Lern-Szenarien. Es besteht derzeit also ein „Gap" zwischen dem Potenzial von AR (insbesondere von AR-Brillen) aus didaktischer Sicht und praktischer Anwendbarkeit/Nützlichkeit in Lehr-Lern-Situationen.

Dennoch könnten gerade die eröffnenden Möglichkeiten der Individualisierung von Lehr-Lern-Prozessen durch AR insbesondere angesichts der großen Heterogenität in den Grundschulen den Sachunterricht der Primarstufe bereichern: Beispielsweise können Zusatzinformationen bedarfsgerecht visualisiert und Lernprozesse dadurch individualisiert und differenziert gestaltet werden.

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

Rolle und Relevanz der Lehrkraft auf die Gestaltung, Wirkung und Wirksamkeit von Unterricht durch AR

Im Folgenden wird die Rolle der (angehenden) Lehrkraft als „Schlüsselkomponente" in Bezug auf den (aktuellen wie zukünftigen) Einsatz von AR(-Technologien) in Lehr-Lern-Situationen des (Sach-)Unterrichts dargelegt.

In den meisten Modellierungen von Unterricht bzw. von Lehr-Lern-Situationen findet sich die Lehrkraft als wesentliches Einflusselement auf die Gestaltung und Wirkung bzw. Wirksamkeit von Unterricht wieder (vgl. z. B. Vieluf et al. 2020), wobei die meisten Modellierungen sich im Grunde auch auf das Angebots-Nutzungs-Modell von Helmke (2015) beziehen (vgl. Vieluf et al. 2020). Für den Einsatz (digitaler) Medien spezifiziert hier beispielsweise das Rahmenmodell zur didaktisch sinnvollen Integration digitaler Medien (vgl. Lachner et al. 2020), dass die professionellen Kompetenzen von Lehrkräften über die Qualität des Medieneinsatzes einen wesentlichen Einflussfaktor auf die Gestaltung von Unterricht darstellen (ebd.). Die professionellen Kompetenzen von Lehrkräften beschreiben wiederum Modellierungen[6] wie das COACTIV -Kompetenzmodell (Baumert & Kunter 2011).

Bezüglich der Akzeptanz und dem konkreten Einsatz innovativer Technologien in Lehr-Lern-Situationen haben (angehende) Lehrkräfte eine Schlüsselrolle inne (Petko & Döbeli Honegger 2011). Diese Schlüsselrolle (angehender[7]) Lehrkräfte gewinnt angesichts rasanter technischer Weiterentwicklungen der Medien, wie es bei AR der Fall ist, stärker an Gewicht (vgl. Tzima et al. 2019; Perifanou et al. 2023). Scheiter (2021) vergleicht die Rolle der Lehrkraft in Bezug auf die mediale Orchestrierung mit der eines Dirigenten bzw. einer Dirigentin.

Vor dem Hintergrund der Darstellungen im vorherigen Unterkapitel müssen die (angehenden) Lehrkräfte zur Förderung fachlichen Lernens mit Medien wie AR also entsprechende Fach-Medien-didaktisch rekonstruierte bzw. begründete Entscheidungen über die Auswahl und den Einsatz von Medien wie AR in Lehr-Lern-Situationen treffen (können).

Aus der bisherigen Forschung lassen sich – abgesehen von medienspezifischen Aspekten – folgende Erkenntnisse zu Entscheidungen und Begründungen von Lehrkräften in Bezug auf den Einsatz von digitalen Medien (insbesondere AR) zusammenfassen: Lawrence & Tar (2018) ordnen Einflussfaktoren auf die Entscheidungen für oder wider den Einsatz (digitaler) Medien in Lehr-Lern-Situationen entweder der Lehrkraft selbst, den jeweiligen Medien oder dem konkreten Lehr-Lern-Standort (meist Schule) zu. In Bezug auf Medien stellen Pareja Roblin et al. (2018) verschiedene entscheidende Faktoren heraus, die von Lehrkräften bei der Entscheidung für oder wider den Einsatz von Tablets in schulischen Lehr-Lern-Situationen genannt werden. Diese sind beispielsweise die Vertrautheit, die mögliche Verbesserung des Lehrens und Lernens, aber auch eventuelle Störungen oder Verzögerungen durch die Medien (ebd.). Auch frühere Untersuchungen konnten bereits zeigen, dass pragmatische und wirtschaftliche Gründe, wie die Verfügbarkeit entsprechender Geräte an Schulen sowie die (Un-)Bekanntheit von Geräten und deren Benutzung bei Lehrenden wie bei Lernenden, über den (Nicht-)Einsatz von Medien in Lehr-Lern-Situationen entscheiden (vgl. z. B. Oncu et al. 2008). Runge et al. (2021) nennen die von Lehrkräften empfundenen, eigenen Kompetenzdefizite als wesentliches Hindernis für die Auswahl und den Einsatz von digitalen Medien in Lehr-Lern-Situationen und folgern daraus die Bedeutsamkeit einschlägiger Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen. Forkosh-Baruch et al. (2021) heben den Mangel an (Vor-)Erfahrungen mit speziellen (innovativen) Medien als wesentliche Limitation für die Entscheidungen und Begründungen (angehender) Lehrkräfte bezüglich der Auswahl und des Einsatzes dieser Medien in Lehr-Lern-Situationen hervor.

Aus einer aktuellen Untersuchung von Perifanou et al. (2023) geht hervor, dass Lehrkräfte persönliche Kompetenzen zum Einsatz von AR in Lehr-Lern-Situationen sowie eine hinreichende Ausstattung an Schulen mit entsprechenden Geräten als die wichtigsten Gelingensfaktoren für dein Einsatz von AR in Lehr-

6 Auch für konkrete Kompetenz- und Wissensbereiche gibt es wiederum zahlreiche Modellierungen und Empfehlungen (z. B. die auf Shulman rekurrierenden TPACK bzw. DPACK-Modelle (z. B. Thyssen et al. 2023), IProDig (Irion et al. 2023, S. 96), DigCompEdu (European Commission 2017) und die KMK-Kompetenzempfehlungen für Lehrkräfte (KMK 2016), etc.

7 Spezielle Erläuterungen zur Rolle der *angehenden* Lehrkräfte folgen im weiteren Verlauf dieses Kapitels.

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

Lern-Situationen betrachten. Die in dieser Studie von den Lehrkräften benannte Hindernisse und Grenzen des Einsatzes von AR in Lehr-Lern-Situationen, wie wirtschaftliche Aspekte und die (Un-)Bekanntheit von Geräten samt der Benutzung durch Lehrende wie Lernende (ebd.) decken sich mit den bereits allgemein für digitale Medien dargestellten Argumenten. Nikou et al. (2024) legen unter Einbezug bisheriger Forschungen dar, dass Lehrkräfte dem Einsatz von AR in Lehr-Lern-Situationen meist positiv gegenüberstehen. Allerdings zeigt sich auch, dass Lehrkräfte ihre eigenen Kompetenzen zum Einsatz von AR in Lehr-Lern-Situationen eher gering einschätzen (ebd.). Insbesondere für AR benennen Lehrkräfte einen starken Mangel an speziell für Lehr-Lern-Situationen entwickelten Anwendungen (vgl. Perifanou et al. 2023). In einer Studie von Mirza et al. (2025) gab nur etwa ein Viertel der befragten Lehrkräfte an, im Unterricht AR-Anwendungen (für Tablet oder Smartphone) zu verwenden. Als Limitationen des Einsatzes von AR-Anwendungen nannten die Befragten unter anderem die fehlende Passung bestehender Anwendungen auf curriculare Themenvorgaben, die fehlende Berücksichtigung pädagogisch-didaktischer Gestaltungsprinzipien sowie technische Bedien- und Nutzungsschwierigkeiten samt fehlender Anpassung an das Alter der Lernenden (ebd.).Die für den Einsatz von AR beschriebenen Potenziale und Grenzen aus der Sicht der Lehrkräfte zeigen sich auch in einer Studie von Alalwan et al. (2020) speziell für die Primarstufe. Aus einer Meta-Analyse von Maulyda et al. (2024) geht hervor, dass die Bereitschaft zum Einsatz von AR in Lehr-Lern-Situationen bei Grundschullehrkräften deutlich höher ist als bei Lehrkräften höherer Bildungsstufen.

Speziell für den Sachunterricht der Primarstufe besteht noch ein erhebliches Desiderat zur Untersuchung der Entscheidungen und Begründungen von Lehrkräften für oder wider den Einsatz von AR(-Technologien) – insbesondere für AR-Brillen. Die Ergebnisse einer Studie mit praktizierenden Grundschullehrkräften zur Beurteilung der Pedagogical Usability (Nokelainen 2005, vgl. auch Model of Usefulness von Nielsen 1993) am Beispiel einer AR-Anwendung für den Sachunterricht der Primarstufe zum Thema Elektrik (s. a. später) deuten darauf hin, dass die Lehrpersonen die zuvor beschriebenen pädagogisch-didaktischen Potenziale von AR *nicht* oder *kaum* erkannten und dass sie entsprechende Unterschiede bezüglich verschiedener AR-Technologien nur *teilweise* benennen oder erkennen konnten (vgl. Lauer & Peschel 2023). Im Rahmen der Diskussion dieser Ergebnisse wurde die (fehlende) Professionalisierung der Studienteilnehmer*innen in Bezug auf den Einsatz von AR(-Technologien) als mögliche Erklärung angeführt (ebd.).

Ziele und derzeitige Realisierung der Adressierung des Einsatzes von AR in Lehr-Lern-Situationen im Curriculum der ersten Ausbildungsphase für das Lehramt an Grundschulen an der Universität des Saarlandes

Die Notwendigkeit zur Professionalisierung von Lehrkräften in Bezug auf den Einsatz innovativer und digitaler Technologien wie AR wird im wissenschaftlichen Diskurs vielfach benannt, (beispielsweise von Jang et al. 2021). Angehende Lehrkräfte kommen an einigen Hochschulen bereits während der ersten Ausbildungsphase mit innovativen Technologien wie AR in Kontakt – allerdings selten im Grundschullehramt: Im deutschsprachigen Raum haben unter anderem Gittinger & Mulders (2024) ein Konzept für eine universitäre Lehrveranstaltung zur Adressierung der Akzeptanz von AR in Lehr-Lern-Situationen für angehende Lehrkräfte mit Bezug zu (naturwissenschaftlichen) Fächern der Sekundarstufen vorgestellt. Auch praktizierende Lehrkräfte im sich an die Ausbildung anschließenden Berufsalltag können mit vielfältigen innovativen medialen Arrangements – insbesondere AR-Anwendungen – konfrontiert sein und müssen in einem solchen Fall entscheiden, ob und (wenn ja) wie sie diese in einer konkreten Lehr-Lern-Situation einsetzen. An der Universität des Saarlandes wurde ein speziell auf AR fokussierender Teil einer Lehrveranstaltung etabliert, welcher angehende Lehrkräfte befähigen soll, die aktuellen und zukünftigen Fach-Medien-didaktisch begründeten Potenziale des Einsatzes von AR(-Technologien) zu erkennen und zu nutzen. Im späteren Berufsalltag können diese Lehrkräfte dann – ergänzend zu speziellen Fortbildungsangeboten für Lehrkräfte in der zweiten und dritten Ausbildungsphase – auch als Praxismultiplikator*innen zur Weitergabe einschlägiger Kompetenzen im Kollegium fungieren (vgl. z. B. die gemeinsame Bund-Länder-Initiative „Leistung macht Schule – LemaS“, insbesondere der Forschungsverbund „LemaS-Transfer“). Im Rahmen der Lehrveranstaltung an der Universität des Saarlandes für Studierende des Lehramts für die Primarstufe („Mediales Lernen im Sachunterricht“) wird in drei aufeinanderfolgenden Sitzungen der Schwerpunkt AR in Anlehnung an Tondeur et al. (2019, zitiert nach Rubach & Lazarides 2020) adressiert: zunächst

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

werden einschlägige theoretische Grundlagen vermittelt und anschließend wird den Studierenden Raum zum Erproben und Reflektieren von AR-Anwendungen gegeben. Eine kurze Übersicht zu diesem Teil der Lehrveranstaltung bietet Anhang 8.

Ableitung der Forschungsfrage

Zuvor wurden Potenziale und (aktuelle) Grenzen des Einsatzes von Augmented Reality (AR) in Lehr-Lern-Situationen aufgezeigt. Außerdem wurden die Rolle und die Relevanz der (Grundschul-/Sachunterrichts-) Lehrkraft auf die Gestaltung, Wirkung und Wirksamkeit von Unterricht durch AR dargelegt. Vor dem Hintergrund dieser Darstellungen adressiert diese Studie die Frage, wie angehende Lehrkräfte sich für oder gegen AR(-Technologien) entscheiden und welche Begründungen sie für ihre Entscheidungen nennen. Dabei soll insbesondere untersucht werden, inwieweit die genannten Begründungen Fach-Medien-didaktisch rekonstruierte Potenziale des Einsatzes von AR(-Technologien) adressieren[8]. Auch der Einfluss des Besuchs der beschriebenen Lehrveranstaltung mit dem AR-Schwerpunkt-Baustein wird herausgearbeitet und analysiert.

Exemplarische AR-Anwendung

Die Entscheidungen und Begründungen wurden exemplarisch an einer AR-Anwendung zum Thema Elektrik für den naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht der Primarstufe erhoben (vgl. Lauer et al. 2022). Die AR-Anwendung wurde im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojekts (GeAR, BMBF-Förderlinie Digitalisierung im Bildungsbereich, FKZ: 01JD1811A) unter Berücksichtigung der Fach-Medien-didaktisch rekonstruierten Potenziale von AR (vgl. Lauer & Peschel 2023) entwickelt. Die Anwendung ermöglicht die Echtzeit-Visualisierung von Schaltsymboliken (Schaltsymbole und Schaltskizzen) an elektrischen Schaltungen. Es gibt eine Variante dieser Anwendung für AR-Brillen sowie eine für Tablets. Die Teilnehmenden entscheiden sich also

1. zwischen einer AR-Anwendung (ohne Festlegung der verwendeten AR-Technologie) und einer bestmöglichen Anwendung ohne AR (s. Abb. 2 (a)).
2. zwischen einer Variante der Anwendung für AR-Brillen und einer für Tablets (s. Abb. 2 (b)).

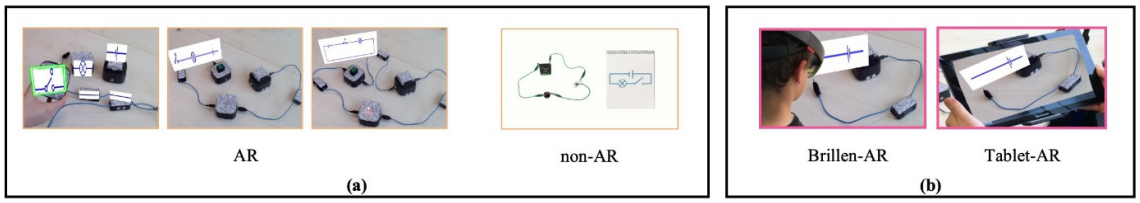


Abbildung 2: (a) Entscheidung AR – non-AR, (b) Entscheidung Brillen-AR – Tablet-AR.

Forschungsdesign

Methodologische Erläuterungen

Die formulierte Forschungsfrage („Wie entscheiden sich angehende Lehrkräfte für oder gegen AR(-Technologien) und welche Begründungen nennen sie für ihre Entscheidungen?“) erfordert durch ihr in erster Linie zunächst beschreibendes und erst in zweiter Linie strukturierendes Interesse (vgl. z. B. Bortz & Döring 2006;

8 Im Fokus der Studie steht also insbesondere nicht die Einschätzung bzgl. aktueller Limitationen der technischen Realisierung oder der pragmatischen Verfügbarkeit von Geräten in Schulen. Bei der Erläuterung des Forschungsdesigns wird das Setting auf eine hypothetische, zukünftige Situation ausgerichtet, in der AR-Technologien technisch entsprechend optimiert und an Schulen verfügbar sind.

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

Rost 2013) der Entscheidungen und Begründungen eine qualitative Herangehensweise.[9]. Besonders die Frage nach dem „warum" (also die Frage nach den Begründungen) erfordert einen qualitativen Forschungsansatz (vgl. z. B. Aeppli et al. 2016). Durch die qualitative Annäherung an den Forschungsgegenstand sollen die Entscheidungen der angehenden Lehrkräfte sowie möglichst vielfältige Begründungen erfasst und am Datenmaterial theoriegeleitet geordnet werden (s. folgende Unterkapitel).

Stichprobe und Design

An der Studie nahmen n = 48 Studierende (41 w, 7 m, 23,7 +/- 4,9 Jahre) verschiedener (höherer) Fachsemester des Studiengangs „Lehramt Primarstufe" an der Universität des Saarlandes teil. Die Teilnehmer*innen wiesen heterogene Vorerfahrungen bzw. Vorkenntnisse in Bezug zu AR(-Technologien) auf: Etwa die Hälfte der Teilnehmer*innen hatte zuvor bereits eine Lehrveranstaltung zum Einsatz von Medien im Sachunterricht mit Schwerpunkt AR besucht. Der Besuch dieser Lehrveranstaltung wird einen wichtigen Aspekt bei der Analyse einnehmen, s. „Datenaufbereitung und Analysen").

Die Studie wurde als Online-Befragung realisiert, da hierdurch eine Minimierung der Beeinflussung von Antworten durch eventuell wahrgenommene Erwartungshaltungen seitens der Versuchsleitung oder der Teilnehmer*innen trotz Anwesenheit der Versuchsleitung angestrebt wurde. Auch ein vorheriges Ausprobieren der im Rahmen der Studie zur Wahl stehenden Varianten an (AR-)Lehr-Lern-Anwendungen wurde nicht durchgeführt, wodurch Daten von Personen mit (Besuch des einschlägigen Seminars, s.o.) und ohne jegliche Vorerfahrung (kein einschlägiges Seminar besucht, s.o.) in Bezug auf AR in die Untersuchung einbezogen werden konnten. Die Darstellung der Limitationen dieses Designs folgen im Rahmen der Diskussion der Ergebnisse (s. spätere Kapitel).

Datengewinnung und Instrumente

Erfassung der Rohdaten

Der Ablauf der Studie wurde durch einen Online-Fragebogen (s. Anhang 4) vorgegeben, welchen die Teilnehmenden selbstständig ausfüllten. Es handelte sich um eine standardisierte, strukturierte Befragung (vgl. z. B. Rost 2013) mit teilweise offenen Antwortformaten. Diese Art der Befragung wurde gewählt, da die adressierten Konstrukte und Inhalte sehr stark spezifiziert waren und eine spezielle Reihenfolge bei der Befragung eingehalten werden musste.

Die Studie wurde zu Seminarzeiten[10] durchgeführt, sodass die Teilnehmenden in Seminarräumen saßen, während die Versuchsleitung oder ein*e von der Versuchsleitung instruierte*r Dozierende*r anwesend war, um ausschließlich bei eventuell auftretenden Rückfragen zur Verfügung stehen zu können. Die Teilnehmenden durften sich für das Ausfüllen des Fragebogens so viel Zeit nehmen, wie sie wollten bzw. brauchten. Die Teilnahme konnte bei Bedarf auch zu einem späteren Zeitpunkt (auch an einem anderen Ort) fortgesetzt werden. Ein Abbruch bzw. eine Beendigung der Teilnahme war jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne jegliche Konsequenzen für die Teilnehmenden möglich.

Alle Informationen zu den zur Auswahl stehenden (AR-)Anwendungen waren in der Online-Befragung (Bilder und ergänzende Texte, s. a. Anhang 4) enthalten, sodass währenddessen kein Eingriff oder Input durch die Versuchsleitung oder den/die Dozierende*n stattfand. Die Online-Befragung gliederte sich in eine Vorab-Befragung zur Beschreibung der Stichprobe und in die Hauptbefragung. Im Rahmen der Hauptbefragung wurde den Teilnehmenden schließlich die AR-Anwendung präsentiert. Für die Entscheidung „AR vs. non-AR" (1) wurden noch keine spezifischen Informationen zur verwendeten AR-Technologie ge-

9 Diese Studie hat insbesondere nicht das Ziel, individuelle Begründungsmuster und -strukturen einzelner angehender Lehrkräfte detailliert aufzuarbeiten, sondern ein breites Bild an Entscheidungen und Begründungen zu erfassen.

10 Die Studierenden wurden am Ende von Seminaren auf die Möglichkeit der Teilnahme an dieser Online-Befragung aufmerksam gemacht und konnten dann im Seminarraum bleiben. Die Seminare wurden hierfür ausnahmsweise früher beendet, damit die Studierenden nicht in Zeitnot gerieten.

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

geben (s. a. Abb. 2 (a)). Erst danach wurden die AR-Anwendungen in der Realisierung als Brillen-Variante bzw. als Tablet-Variante gezeigt für die Entscheidung „AR-Brille vs. Tablet-AR“ (s. a. Abb. 2 (b)). Durch Formulierungen wie „Stellen Sie sich vor: Sie sind in der Schule der Zukunft und sie verfügen über AR-Brillen für Ihre Klasse…“ sollten die Teilnehmer*innen sich auf ein Zukunftsszenario beziehen, indem insbesondere die Verfügbarkeit der AR-Geräte an Schulen kein (finanzielles, technisches) Hindernis mehr darstellt.

Datenaufbereitung und Analysen

Im Fokus der Studie steht die Auswertung der qualitativen Daten zur genannten Fragestellung, wie sich angehende Lehrkräfte für oder gegen AR(-Technologien) entscheiden und welche Begründungen sie für ihre Entscheidungen nennen. Alle im Rahmen der Online-Befragung gewonnenen Rohdaten sind einsehbar in Anhang 5. Die quantitativen Daten der Vorab-Befragung wurden für die Beschreibung der Stichprobe verwendet. Die Angabe zur Belegung einer Lehrveranstaltung mit AR-Schwerpunkt wurde außerdem als differenzierende Variable für die quantitative Analyse verwendet, um etwaige Verbindungen zwischen den vergebenen Codes bzw. den identifizierten Kategorien und quantitativen Merkmalen (hier: Belegung einer einschlägigen Lehrveranstaltung) zu ermitteln (s. spätere Darstellungen zur kategorienbasierten Analyse).
Es wurde eine inhaltlich strukturierende qualitative Inhaltsanalyse durchgeführt, welche sich an dem von Kuckartz (2018) beschriebenen Vorgehen orientiert. Für diese qualitative Inhaltsanalyse wurden die Daten der Hauptbefragung genutzt.

Codierprozess zur inhaltlichen Strukturierung

Für den gesamten Codier-Prozess wurde ein Logbuch bzw. ein Codierleitfaden angefertigt (s. Anhang 7, Kurzfassung auch in Anhang 1). Aus diesem Codierprozess ist ein vornehmlich induktives Kategoriensystem entwickelt worden, welches für die kategorienbasierte Analyse (s. nächster Abschnitt) verwendet wurde. Das vollständige Kategoriensystem ist weiter unten einsehbar (s. Anhang 1) und die zur Codierung verwendete MAXQDA-Datei findet sich in Anhang 6.

Kategorienbasierte Analyse

Zunächst erfolgte die kategorienbasierte Auswertung entlang der Hauptkategorien (vgl. Kuckartz 2018) durch Darstellung der wesentlichen Ergebnisse für jede der beiden Entscheidungen der Hauptbefragung. Zusammenhänge zwischen Subkategorien (ebd.) wurden aufgrund des geringen Vorkommens verschiedener Subkategorien innerhalb der Fälle nicht untersucht. Anschließend wurden die Haupt-Kategoriensysteme „Entscheidung“, „Begründung(-sbezug“) (hier: die an der Entscheidung beteiligten Medien oder Aspekte, die die angehende Lehrkraft selbst betreffen, s. nächstes Kapitel) und „Argumentationsrichtung“ (für die gewählte Variante oder gegen die nicht gewählte Variante, s. nächstes Kapitel) mithilfe des Code-Relations-Browser in MAXQDA paarweise auf Zusammenhänge untersucht (vgl. Analyse der Zusammenhänge zwischen Kategorien, ebd.). Zuletzt wurden Verbindungen zwischen dem Besuch der einschlägigen universitären Lehrveranstaltung (quantitatives Merkmal) und vergebenen Codes bzw. festgestellten Kategorien mittels Kreuztabellen ermittelt.

Ergebnisse

Kategorienbasierte Auswertung entlang der Hauptkategorien

Nachfolgend ist zunächst eine Übersicht zum Kategoriensystem (vollständige Darstellung s. Anhang 1) aufgeführt (s. Abb. 3). Für jede der beiden zentralen Entscheidungen (AR-Variante vs. non-AR-Variante und Brillen-AR-Variante vs. Tablet-AR-Variante) sind entsprechend den Ausführungen zum Codierprozess im Codierleitfaden (s. Anhang 7) Informationen aus den Hauptkategorien „Entscheidung“, „Begründung“ und

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

„Argumentationsrichtung“[11] zu finden. Der inhaltliche Bezug der Begründungen ist – wie oben beschrieben – differenziert zwischen „an der Entscheidung beteiligte Medien“ und „Lehrkraft“. Die Subkategorien zu den Begründungsbezügen „Medium“ bzw. „Lehrkraft“ finden sich in Abb. 4.

Entsch_AR_vs_non_AR	
AR	29
non-AR	13
Kombination AR und non-AR	3
keine Entscheidung	1
keine Antwort	2

Begr_AR_vs_non_AR	
AR	
Bezug: Medium	*38*
Bezug: Lehrkraft	*1*
non-AR	
Bezug: Medium	*11*
Bezug: Lehrkraft	*6*
keine Entscheidung	
Bezug: Lehrkraft	*1*

Argumentations-Richtung	
für die gewählte Var.	45
gegen die alternative Var.	10

Entsch_Brille_vs_Tablet	
Brillen-AR	19
Tablet-AR	21
keine Entscheidung	5
keine Antwort	3

Begr_Brille_vs_Tablet	
Brillen-AR	
Bezug: Medium	*28*
Tablet-AR	
Bezug: Medium	*26*
Bezug: Lehrkraft	*3*
keine Entscheidung	
Bezug: Lehrkraft	*1*

Argumentations-Richtung	
für die gewählte Var.	40
gegen die alternative Var.	15

Abbildung 3: Übersicht zum Kategoriensystem mit Häufigkeiten der jeweils vergebenen Codes je (Sub-)Kategorie. Oben: Entscheidung AR-Variante vs. non-AR-Variante, unten: Entscheidung Brillen-AR-Variante vs. Tablet-AR-Variante. Anmerkungen: Wegen ggf. Mehrfachvergabe von Subcodes ab der zweiten Unterebene summieren sich nur die Codehäufigkeiten der Tabellen ganz links auf n = 48.

Typische codierte Datensegmente zur Entscheidung zwischen zwei zur Auswahl stehenden (AR-)Varianten sind beispielsweise:

- *„Ich würde beides kombiniere [sic]. Mit AR ausprobieten [sic] und die Ergebnisse von Hand dokumentieren“ (RG17AN37, Pos. 2)* → „Entsch_AR_vs_non_AR“ >„Kombination AR und non-AR“
- *„Beide Varianten haben Vor- und Nachteile“ (CH08KL17, Pos. 4)* → „Entsch_Brille_vs_Tablet > „Keine Entscheidung“

Aus den beiden Tabellen (links oben und links unten) in Abb. 3 wird ersichtlich, dass die erste Entscheidung deutlich zugunsten der AR-Variante ausgefallen ist, während bei der zweiten Entscheidung beide Varianten in etwa gleich oft gewählt wurden.

Die beiden mittleren Tabellen in Abb. 3 zeigen die inhaltlichen Bezüge der Begründungen für jede Entscheidungsoption. Bei den meisten Entscheidungsoptionen werden die beiden im vorherigen Teil beschriebenen inhaltlichen Bezugsebenen (an der Entscheidung beteiligte Medien, im Kategoriensystem abgekürzt mit „Medium“ bzw. die Lehrkraft) angesprochen. Eine Ausnahme bildet hierbei die Entscheidung „keine Entscheidung“, für die sich alle Begründungen inhaltlich auf die Lehrkraft selbst beziehen. Ebenso beziehen sich alle Begründungen für die Brillen-AR-Variante bei der Entscheidung Brillen-AR vs. Tablet-AR auf die an der Entscheidung beteiligten Medien. Nachfolgend sind Beispiele aus den Kategoriensystemen „Begr_…“ dargestellt, um die Zuordnung der Begründungen zu einer der beiden inhaltlichen Bezugsebenen zu veranschaulichen.

- *„Weil der Schaltkreislauf zusätzlich visualisiert wird und dies eine Hilfe darstellt.“ (EN20SA14, Pos. 3)* → „Begr_AR_vs_nonAR“ > „AR“ > „Medium“

11 Die Hauptkategorien „Entscheidung“ und „Begründung“ waren aufgrund der Fragestellung von vorneherein vorgesehen. Die Unterkategorien wurden jeweils induktiv am Material gebildet. Die Hauptkategorie „Argumentationsrichtung“ wurde auch induktiv am Material gebildet (s. a. Codierleitfaden, Anhang 7).

- *„Da Tablets mir vertrauter sind.“ (IG09EV17, Pos. 5)* → „Begr_Brille_vs_Tablet“ > „Tablet-AR“ > „Lehrkraft“

Es fällt auf, dass sich insgesamt deutlich mehr Begründungen inhaltlich auf die an der Entscheidung beteiligten Medien beziehen als auf die Lehrkraft. Bei der Entscheidung „AR-Variante vs. non-AR-Variante“ liegen überdies mehr Begründungen mit Bezug zur Lehrkraft bei der non-AR-Variante vor. Ähnliches lässt sich bei der Entscheidung „Brillen-AR-Variante vs. Tablet-AR-Variante“ beobachten in Bezug auf die Tablet-AR-Variante. Aufgrund der geringen Häufigkeiten insgesamt und aufgrund der fehlenden statistischen Repräsentativität im Rahmen des qualitativen Forschungsdesigns dürfen (solche) Häufigkeitsunterscheide allerdings nicht überinterpretiert werden.

Die Tabellen rechts oben und rechts unten (s. Abb. 3) offenbaren die Argumentationsrichtungen der Begründungen der angehenden Lehrkräfte. Es folgen Beispiele zur Erklärung.

- *„Kenne mich mit der Technik nicht aus“ (EN28IN10, Pos. 3)* → Person wählt die non-AR-Variante (ersichtlich aus Codierung des Dokuments mit dem entsprechenden Code) und begründet argumentativ gegen die nicht gewählte Variante, daher „gegen die alternative Var.“
- *„Wenn man Brillen zur Verfügung hat, denke ich ist es einfacher, man hatnicht [sic] noch ein Tablet in der Hand, durch das man „durchschaut““ (ER17BI3, Pos. 5)* → Person wählt die Brillen-AR-Variante (ersichtlich aus Codierung des Dokuments mit dem entsprechenden Code) und begründet argumentativ dafür, daher „für die gewählte Var.“

Die Argumentation für die gewählte Variante ist insgesamt am häufigsten vertreten.

Die inhaltliche Ausdifferenzierung der Begründungen für jede Entscheidungsoption und inhaltliche Bezugsebene ist in Abb. 4 zu sehen. Zu jeder bereits vorhandenen Unterkategorie „Medium“ bzw. „Lehrkraft“ für jede Entscheidungsoption wurden hierzu weitere Unterkategorien gebildet.

Beispielhafte Begründungen für die Entscheidung zwischen der AR-Variante und der non-AR-Variante:

- *„Es ist eine gute Möglichkeit, um die Individualisierung im Unterricht zu stärken, wenn die SuS dadurch in ihrem eigenen Tempo arbeiten können, ohne auf handschriftliche Zeichnungen angewiesen zu sein“ (IS12AN12, Pos. 3)* → „AR“ > „Medium“ > „Individualisierung“
- *„Weil ich mich damit weniger auf die technische Umsetzung und mehr auf die fachliche Theorie fokussieren kann“ (ER05BE99, Pos. 3)* → „non-AR“ > „Lehrkraft“ > „Zusätzliche Arbeit“

Beispielhafte Begründungen für die Entscheidung zwischen der Brillen-AR-Variante und der Tablet-AR-Variante:

- *„Es ist kein Tablet zwischen ihnen und dem was sie sehen“ (IS29AS29, Pos. 5)* → „Brillen-AR“ > „Medium“ > „Fehlende Display-Barriere“
- *„mehrere Kinder können gleichzeitig auf ein Tablet schauen (CH17EV17, Pos. 5)* → Tablet-AR > „Medium“ > Geteilte Sicht

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)



Abbildung 4: Inhaltliche Übersicht zu den Kategorien für die Begründungen der Entscheidungen. Oben: Entscheidung AR-Variante vs. non-AR-Variante; Unten: Entscheidung Brillen-AR-Variante vs. Tablet-AR-Variante.

Insgesamt zeigt sich ein sehr heterogenes Bild an Begründungsinhalten und -zusammenhängen. Einige Begründungsinhalte werden allerdings öfter genannt als andere, z. B.:

- „Verständlichkeit“ und „Verknüpfung von Schaltung und Schaltskizze“ für die AR-Variante,
- „Zeichnen von Hand wichtig“ und „fehlende AR-Kenntnisse“ für die non-AR-Variante,
- „Fehlende Display-Barriere“ und „Händefreiheit“ für die Brillen-AR-Variante sowie
- „Gerät bekannt“ für die Tablet-AR-Variante

Auffallend ist, dass „keine Entscheidung“ immer mit inhaltlichem Bezug zur Lehrkraft begründet wird. Außerdem gibt es bei der Entscheidung für non-AR-Variante mehr Begründungen mit Bezug zur Lehrkraft als bei der Entscheidung für die AR-Variante. Die gleiche Tendenz lässt sich für den Vergleich der Tablet-AR-Variante mit der Brillen-AR-Variante feststellen. Inhaltlich zeigen die Begründungen mit Bezug zur Lehrkraft oft gewisse Defizite auf, z. B. fehlende Kenntnisse oder Erfahrungen bezüglich der zur Auswahl stehenden Varianten.

Insgesamt fällt auf: Die eingangs dargelegte „Aushandlung“ zwischen (aktuellen wie zukünftigen) Fach-Medien-didaktisch rekonstruierte Gestaltungsmöglichkeiten in Lehr-Lern-Situationen durch AR, speziell durch AR-Brillen und (aktuellen) technischen Limitationen (s. Theorie-Teil) sowie die daraus ableitbaren Vor- und Nachteile einer Entscheidungsoption gegenüber einer anderen spiegeln sich auch in der Gesamtheit der Begründungen wider. Besonders deutlich wird dies bei der Entscheidung zwischen der Brillen-AR-Variante und der Tablet-AR-Variante: Hier stehen sich – trotz der in der Befragung skizzierten Situation der „Schule der Zukunft“ (s. „Erfassung der Rohdaten“) – mögliche, zukünftige Fach-Medien-didaktisch begründete Potenziale der Brillen-AR-Variante und pragmatische, aktuell für den schulischen Einsatz sehr relevante Gründe für die Tablet-AR-Variante gegenüber, z. B. das Fehlen eines permanent wahrgenomme-

nen Displays gegenüber der aktuellen Verfügbarkeit von Tablets an Schulen und der Bekanntheit der Geräte. Eine weitere Auffälligkeit, die sich auf die eingangs erläuterte „Mehrwert-Debatte“ (s. Theorieteil, vgl. die Position von Krommer 2019) bezieht, findet sich bei beiden Entscheidungen wieder: Dass die andere, zur Auswahl stehende Variante, keinen „Mehrwert“ bzw. keinen (zusätzlichen) Nutzen habe, wurde sowohl für die non-AR-Variante als auch für die Tablet-AR-Variante als Begründung genannt.[12]

Zusammenhänge zwischen den (Haupt-)Kategorien

Da die Codierungen zu den einzelnen Kategorien wie bereits beschrieben meist disjunkt sind, können Zusammenhänge zwischen den (Haupt-)Kategorien nur über das gemeinsame Auftreten in einem Dokument (Kuckartz 2018) untersucht werden. Hierzu wurden entsprechende Kombinationen von Kategorien im selben Dokument im Code-Relations-Browser von MAXQDA gesichtet. Eine vollständige Darstellung aller Informationen aus dem Code-Relations-Browser für die im Folgenden präsentierten Ergebnisse ist angehängt (s. Anhang 2).

Zusammenhänge zwischen den einander entsprechenden (Haupt-)Kategorien beider Entscheidungen: Abb. 5 zeigt einen exemplarischen Screenshot der Ansicht im Code-Relations-Browser für die Analyse des Zusammenhangs zwischen den gewählten Entscheidungsoptionen für beide Entscheidungen („AR-Variante vs. non-AR-Variante“ und „Brillen-AR vs. Tablet-AR“).

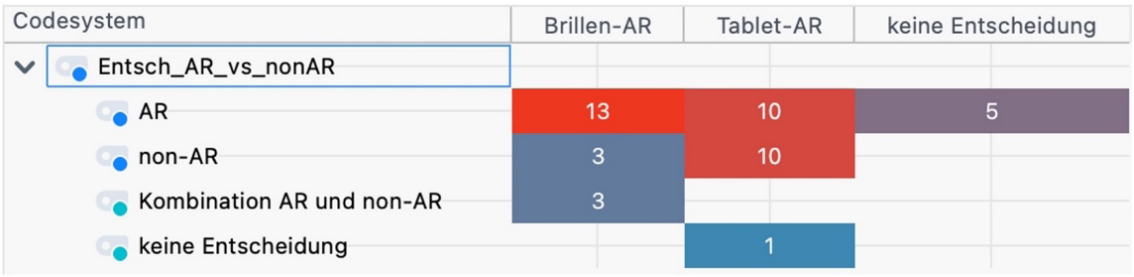


Abbildung 5: Code-Relations-Browser in MAXQDA (Screenshot). Zeilen: Entscheidungsoptionen für die Entscheidung „AR-Variante vs. non-AR-Variante“, Spalten: Entscheidungsoptionen für die Entscheidung „Brillen-AR-Variante vs. Tablet-AR-Variante“.

Folgende Ergebnisse sind aus der Untersuchung der Zusammenhänge der Kategorien „Entsch_…“ und „Begr_…“ im Code-Matrix-Browser hervorgegangen:

- Die „AR-Variante“ und die „AR-Brillen-Variante“ werden häufig gemeinsam gewählt. Eine weitere häufige Kombination an Entscheidungen ist „non-AR-Variante“ und „Tablet-Variante“ (s. Abb. 5).
- Die Begründung der Entscheidung für die AR-Variante mit Bezug zum Medium tritt oft auf mit der Begründung anhand des Mediums bei der zweiten Entscheidung (sowohl bei der Wahl der Brillen-AR-Variante als auch bei der Wahl der Tablet-AR-Variante) (s. Online-Anhang 2, Punkt 2).

Zusammenhänge zwischen verschiedenen (Haupt-)Kategorien über beide Entscheidungen hinweg: Bezüglich des Zusammenhangs zwischen der gegebenen Begründung und der Argumentationsrichtung (s. Anhang 2, Punkt 6) zeigt sich – wie bei den Erläuterungen zu Abb. 4 bereits angedeutet –, dass der Trend der Argumentation für die gewählte Variante nicht zu finden ist, wenn mit Bezug zur Lehrkraft argumentiert wird.

12 Mit Verweis auf die Ausführungen im Theorieteil sei nochmal betont, dass das dort aufgeführte Model of Usefulness (Nielsen 1993) eben keine ökonomisierte Beurteilung eines Mehrwerts erfordert, sondern auch eine (u. E. bevorzugte) Beurteilung eines Werts (s. a. Lauer et al. 2024).

Verbindungen zwischen quantitativen Merkmalen und ermittelten Kategorien

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Gegenüberstellungen der Kategorien in Bezug auf die von den Studienteilnehmer*innen besuchte(n) Lehrveranstaltung(en) zu Medien, ggf. auch mit Schwerpunkt AR, dargestellt. Die Teilnehmer*innen der Studie haben …

- entweder zuvor eine Lehrveranstaltung zu Medien mit *Schwerpunkt AR* (23 verwertbare Datensätze)
- oder eine Lehrveranstaltung zu Medien *ohne* Schwerpunkt AR (20 verwertbare Datensätze)
- oder *keine* Lehrveranstaltung zu Medien besucht (4 verwertbare Datensätze)

Wie bereits beschrieben, wurden für die Gegenüberstellung der Ergebnisse bezüglich der vorherigen Belegung einer einschlägigen Lehrveranstaltung Kreuztabellen in MAXQDA erzeugt und für die Analyse herangezogen. Eine vollständige Darlegung aller Daten und daraus abgeleiteten Ergebnisse ist angehängt (s. Anhang 3).

Mit Blick auf die jeweils getroffene Wahl bei den Entscheidungen zeigt sich, relativ gesehen, dass sich ein größerer Anteil der Studienteilnehmer*innen *mit* zuvor besuchter Medien-Lehrveranstaltung mit AR-Schwerpunkt (17/23) für die AR-Variante entscheidet (s. Anhang 3, Tab. A1). Die Teilnehmer*innen mit zuvor besuchter Lehrveranstaltung zu Medien *mit* AR-Schwerpunkt entscheiden sich häufiger für die Brillen-AR-Variante als die anderen Teilnehmer*innen (s. Anhang 3, Tab. A2).

Bei den Bezügen der Begründungen erscheint interessant, dass alle Entscheidungen für die non-AR-Variante, die mit Bezug zur Lehrkraft begründet wurden, von Teilnehmer*innen ohne besuchte Medien-Lehrveranstaltung bzw. mit besuchter Medien-Lehrveranstaltung *ohne* AR-Schwerpunkt stammen (s. Anhang 3, Tab. A3). Bezüglich der Begründungsinhalte (s. Anhang 3, Abb. A10) ist festzustellen: Die Begründungen für die AR-Variante und für die AR-Brillen-Variante bestehen bei den Teilnehmer*innen, die die Lehrveranstaltung mit *Schwerpunkt AR* besucht haben, zu einem großen Teil aus den wesentlichen Argumenten für AR bzw. für Brillen-AR, die auch in dieser Lehrveranstaltung thematisiert wurden (z. B. die Verknüpfung von Schaltung und Schaltskizze durch AR). Die Inhalte der Begründungen mit Bezug zur Lehrkraft für die non-AR-Variante sind „fehlende AR-Kenntnisse“ (3) und „Zusätzliche Arbeit durch AR“ (1) bei Studierenden ohne absolvierte Medien-Lehrveranstaltung.

Bezüglich der Argumentationsrichtung fällt auf, dass der Anteil an Argumentation *gegen* die alternative Variante bei Teilnehmer*innen mit einer besuchten Medien-Lehrveranstaltung (mit oder ohne AR-Schwerpunkt) höher ist als bei Teilnehmer*innen ohne besuchte Medien-Lehrveranstaltung (s. Anhang 3, Tab. A5).

Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse

Nachfolgend werden die zentralen Ergebnisse der Studie mit Blick auf die Forschungsfrage zusammengefasst (vgl. Kuckartz 2018): Wie entscheiden sich angehende Lehrkräfte für oder gegen AR(-Technologien) und welche Begründungen nennen sie für ihre Entscheidungen?

<u>Entscheidungen:</u>

- Die „AR-Variante“ wird häufiger gewählt als die „non-AR-Variante“, „Brille-AR-Variante“ und „Tablet-AR-Variante“ etwa gleich häufig. Fach-Medien-Didaktisch rekonstruierte Potenziale des Einsatzes von AR(-Brillen) und aktuelle, meist pragmatische Grenzen des Einsatzes von AR(-Brillen) in Lehr-Lern-Situationen halten sich die Waage – trotz explizitem Framing der Befragung in Hinblick auf ein Zukunftsszenario, in dem sowohl Tablets als auch AR-Brillen in Schulen etabliert sind.
- Teilnehmer*innen mit zuvor besuchter Lehrveranstaltung zu Medien mit Schwerpunkt AR entscheiden sich häufiger für die AR-Variante und für die Brillen-AR-Variante als andere Teilnehmer*innen.

<u>Begründungen:</u>

- Insgesamt herrscht eine sehr heterogene Begründungslage vor. Es beziehen sich mehr Begründungen auf die an der Entscheidung beteiligten Medien als auf die Lehrkraft selbst.
- Sowohl für die non-AR-Variante als auch für die Tablet-Variante wurde als Begründung genannt, dass die andere zur Auswahl stehende Variante (AR-Variante bzw. Brillen-AR-Variante) keinen Mehrwert gegenüber der gewählten Variante habe.
- Begründungen mit Bezug zur Lehrkraft, die inhaltlich Defizit-orientiert sind (insbesondere bei der Entscheidung für non-AR-Variante), stammen in der Regel von Teilnehmer*innen ohne zuvor besuchte Medien-Lehrveranstaltung mit AR-Schwerpunkt.

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

Diskussion

Diskussion bzgl. der Potenziale und (aktuellen) Grenzen des Einsatzes von Augmented Reality (AR) in Lehr-Lern-Situationen

Während die Entscheidung „AR-Variante vs. non-AR-Variante" deutlich zugunsten der AR-Variante ausfiel, wählen die Teilnehmer*innen in etwa gleich häufig die Brillen-AR-Variante und Tablet-AR-Variante. Letzteres kann so gedeutet werden, dass sich (zumindest aktuell) Vor- und Nachteile für beide technische AR-Realisierungen die Waage halten. Die Begründungsinhalte gehen einher mit den im Theorie-Teil dargestellten bisherigen Befunden zu (Entscheidungen und) Begründungen für oder wider den Einsatz innovativer Technologien (wie AR) in Lehr-Lern-Situationen durch angehende und praktizierende Lehrkräfte. Es sei (noch einmal) betont, dass die Studienteilnehmer*innen wahrscheinlich das für sie erstbeste Argument bzw. die für sie relevantesten Argumente angegeben haben. Es könnte also sein, dass auf Nachfrage noch andere Argumente angeführt worden wären. Außerdem fällt auf, dass – trotz entsprechendem Framing im Online-Fragebogen – auf ein Zukunftsszenario, in dem alle zur Auswahl stehen technischen Realisierungen in der Schule einsetzbar und die Geräte verfügbar sind, Argumente wie „Tablets sind als Geräte in Schulen verfügbar" genannt werden und sich gegen die Brillen-AR-Variante entschieden wird. Dies ist entweder damit zu erklären, dass die betreffenden Teilnehmer*innen den entsprechenden Abschnitt in der Online-Befragung nicht (richtig) gelesen haben, oder sich das Zukunftsszenario nicht richtig vorstellen konnten oder damit, dass die aktuelle(!) Verfügbarkeit der Tablets in Schulen (als Exempel für derzeit bestehende Einsatzschwierigkeiten, s. auch Theorieteil) für sie als Argument heraussticht.

Vor dem Hintergrund der eingangs dargestellten Modelle: Vor allem die Teilnehmer*innen mit zuvor besuchter Medien-Lehrveranstaltung mit AR-Schwerpunkt nennen gehäuft Argumente mit Bezug zur an der Entscheidung beteiligten Medien Bezug, die nach dem Model of Usefulness (Nielsen 1993) der Utility, speziell der Pedagogical Usability zugeschrieben werden können (z. B. Händefreiheit durch die AR-Brille, Verknüpfung von Schaltung und Schaltskizze durch AR).

Dass auch der (teilweise nicht wahrgenommene) „Mehrwert" ein Argument für oder gegen eine der zur Auswahl stehenden Varianten war, zeigt, dass für (zumindest einige) angehende Lehrkräfte – trotz Thematisierung einer *Wert*-Betrachtung statt eines rein ökonomischen Mehrwerts (s. Theorie-Teil) in der Lehrveranstaltung – eine ökonomische Abwägung stattgefunden hat. Die häufige Argumentation über einen (nicht) vorhandenen Mehrwert geht einher mit Befunden aus einer vorangegangenen Studie (vgl. Lauer & Peschel 2023), in der viele Befragte von sich aus keinen Mehrwert von beispielsweise AR gegenüber einer technischen Realisierung ohne AR oder von der AR-Brillen-Variante gegenüber der Tablet-AR-Variante ansprachen.

Diskussion bzgl. der Rolle und Relevanz der Lehrkraft auf die Gestaltung, Wirkung und Wirksamkeit von Unterricht durch AR sowie bzgl. der Implikationen für die Gestaltung des Curriculums der ersten Ausbildungsphase für das Lehramt an Grundschulen an der Universität des Saarlandes

Rolle und Relevanz der Lehrkraft: In Bezug auf die eingangs dargestellten möglichen zukünftigen Fach-Medien-didaktisch rekonstruierten Potenziale und die derzeit bestehenden (technischen oder finanziellen) Limitationen des Einsatzes und der Wirkungen von AR-(Visualisierungs-)Technologien können „zukunftsgewandte Optimist*innen" als auch „gegenwartsorientierte Pragmatiker*innen" unterschieden werden (als Vorschlag zur Charakterisierung der beiden Entscheidungskombinationen). Dass bei Begründungen mit Bezug zur Lehrkraft insgesamt mehr *gegen* die alternative Variante argumentiert (statt für die gewählte Variante) geht damit einher, dass diese Begründungen inhaltlich gewisse persönlich empfundene Defizite adressieren (vgl. kategorienbasierte Analyse). Persönliche (empfundene) Defizite der angehenden Lehrkräfte haben die Entscheidungen also deutlich beeinflusst (vgl. Ausführungen im Theorieteil). Die von den Teilnehmer*innen *ohne* besuchte Medien-Lehrveranstaltung angeführten, auf die Lehrkraft bezogenen Begründungen der Entscheidung gegen die AR-Variante bzw. gegen die Brillen-AR-Variante könnten nach Modellierungen wie dem COACTIV-Kompetenzmodell (Baumert & Kunter 2011) größtenteils auf das Professionswissen bezogen werden (fehlende Kenntnisse bzgl. AR bzw. Brillen-AR), welches „prinzipiell erlern- und veränderbar ist" (Kunter et al. 2011, S. 55). Es wurde festgestellt, dass Teilnehmer*innen mit zuvor

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

besuchter Lehrveranstaltung zu Medien mit Schwerpunkt AR sich häufiger für die AR-Variante und für die Brillen-AR-Variante entschieden haben als andere Teilnehmer*innen. Sie führen häufiger Begründungen für ihre Entscheidungen an, die in der AR-bezogenen Medien-Lehrveranstaltung thematisiert wurden. Dass die Teilnehmer*innen mit zuvor besuchter Medien-Lehrveranstaltung (mit oder ohne AR-Schwerpunkt) insgesamt gegen die nicht gewählte Variante argumentieren, könnte dadurch erklärt werden, dass diese Teilnehmer*innen durch die besuchten Lehrveranstaltungen bereits (mehr) differenzierte Abwägungen zwischen verschiedenen technischen Realisierungen herstellen. Demgegenüber steht der Befund, dass die Begründungen mit Bezug zur Lehrkraft, die inhaltlich Defizit-orientiert sind (insbesondere bei der Entscheidung für non-AR-Variante), i.d.R. von Teilnehmer*innen *ohne* zuvor besuchte Medien-Lehrveranstaltung. Außerdem zeigte sich, dass sich in den Begründungen der Teilnehmenden mit zuvor besuchter Medien-Lehrveranstaltung mit AR-Schwerpunkt gehäuft Fach-Medien-didaktisch rekonstruierte Argumente wiederfanden, wie sie auch in der Lehrveranstaltung thematisiert wurden (z. B. die Verknüpfung von Schaltung und Schaltskizze durch AR, die Händefreiheit durch AR-Brillen, etc.).

Implikationen für die Gestaltung des Curriculums: Im vorherigen Abschnitt wurde der Einfluss der Lehrkraft auf die Entscheidungen und Begründungen bei der Wahl zwischen der AR- und der non-AR-Variante bzw. zwischen der Brillen-AR-Variante und der Tablet-AR-Variante erläutert. Dabei zeigte sich der positive Einfluss des Besuchs der einschlägigen Lehrveranstaltung auf Fach-Medien-Didaktisch begründete Entscheidungen. Ebenso wurde erläutert, dass von den angehenden Lehrkräften (i.d.R. ohne vorherigen Besuch einer solchen Lehrveranstaltung) beschriebene Defizite in Kompetenz- bzw. Wissensbereiche fallen, die durch (universitäre) (Aus-)Bildungsangebote adressiert werden können. Eine Verankerung solcher Lehrveranstaltungen im verbindlichen Curriculum (bislang Teil des Wahlpflichtbereichs) erscheint daher sinnvoll.

Limitationen der Studie

Wenngleich die Realisierung der Datengewinnung mittels der Online-Befragung im Sinne der Intention der erläuterten (Nicht-)Beeinflussung der Entscheidungen und Begründungen der Studienteilnehmer*innen erfolgte, so birgt dieses Vorgehen auch einige Limitationen: Zunächst besteht keine direkte Möglichkeit der Nachfrage bei unklaren Antworten oder wenn eine Antwort eine interessante Nachfrage nahelegen würde. Zusätzlich ist von Wichtigkeit für die Interpretation der Ergebnisse, dass die Studienteilnehmer*innen die zur Entscheidung stehenden technischen Realisierungen nicht ausprobieren konnten, *bevor* sie ihre Entscheidungen fällten bzw. ihre Gründe nannten. Dafür konnten mit der gewählten Verfahrensweise auch Entscheidungen und Begründungen, die eben genau auf diese mangelnden Vorerfahrungen zurückzuführen sein könnten, erfasst werden. Darüber hinaus ist anzumerken, dass trotz der fehlenden Möglichkeit des Ausprobierens die Gesamtheit der Begründungen für oder gegen die eine oder die andere Variante sich nicht wesentlich zu denen in der vorangegangenen Studie (vgl. Lauer & Peschel 2023) unterscheidet.
Natürlich kann nicht ausgeschlossen werden, dass zumindest einige Teilnehmer*innen eher Argumente anführten, die ihnen in der Lehrveranstaltung als zentral vermittelt wurden, anstatt ihre persönliche Präferenz bzw. ihre persönlich als zentral empfundenen Begründungen zu nennen. Es sei aber noch einmal betont, dass durch die Realisierung der Datengewinnung über eine Online-Befragung versucht wurde, Effekte der Beeinflussung durch z. B. in einem persönlichen Interview empfundene Erwartungshaltung seitens der Teilnehmer*innen zu minimieren.

Fazit/Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der Studie war es, Implikationen für die Anbahnung einschlägiger AR-bezogener Kompetenzen bei den Studierenden in der Hochschullehre abzuleiten. Insgesamt geht aus dieser Studie hervor, dass die Abwägung bzw. die Konkurrenz zwischen Fach-Medien-didaktisch rekonstruierten Potenzialen von AR(-Technologien) sich in den Entscheidungen und Begründungen der Studienteilnehmer*innen widerspiegelt. Durch die (Teil-)Ergebnisse ist zudem ersichtlich geworden, dass der Besuch der Studierenden in einer Medien-Lehrveranstaltung mit Schwerpunkt AR die Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf AR(-Technologien)-Nutzung deutlich beeinflusst hat: Studienteilnehmer*innen, die diese Lehrveranstaltung zuvor

besucht hatten, wählen eher technische Realisierungen mit Fach-Medien-didaktisch rekonstruierten Aspekten als andere Teilnehmer*innen und argumentierten differenzierter und inhaltlich anhand der Fach-Medien-didaktisch rekonstruierten Gestaltungsaspekte. Dies zeigt, dass viele Teilnehmer*innen (=angehende Lehrkräfte) zukünftig bei technischer Machbarkeit auf AR-(Visualisierungs-)Technologien im Unterricht zurückgreifen würden.

Auf der anderen Seite stammen alle Begründungen mit Bezug zu empfundenen Erfahrungs- oder Kompetenzdefiziten bzgl. der technischen/medialen Realisierungen von Studienteilnehmer*innen *ohne* besuchte Medien-Lehrveranstaltung. Dies untermauert (erneut), dass die Ziele der Lehrveranstaltung erreicht wurden.

Zur Einordnung muss allerdings betont werden, dass es keinesfalls Ziel ist, angehenden Lehrkräften den Gebrauch von AR(-Technologien) „aufzudrängen". Es geht darum, für eine Fach-Medien-didaktisch begründete Wahl und Integration von Medien in Lehr-Lern-Situationen zu sensibilisieren (s. Ende des Theorieteils und Anhang 8).

AR und insbesondere AR-Brillen können aktuell noch nicht adäquat dem fachdidaktischen Anspruch in (schulischen) Lehr-Lern-Situationen zum Einsatz kommen. Oft wird dieser Einsatz – insbesondere bei AR-Brillen – durch pragmatische Aspekte wie die Wirtschaftlichkeit und durch technische Usability-Aspekte erschwert. Dennoch sollte an die positiven Befunde zur Auswirkung der besuchten Medien-AR-Lehrveranstaltung produktiv angeknüpft und parallel an der Verringerung aktueller Hindernisse pragmatischer und technischer Natur gearbeitet werden. Hierzu werden neben pädagogisch-didaktischer Expertise auch technische Expertise benötigt. Ebenso wichtig ist eine Expertise zur Einschätzung/Beurteilung der Wirkung technischer Realisierungen von fachdidaktischen Elementen auf das Lernen. Dies spricht dafür, dass bei einschlägigen (universitären) Lehrveranstaltungen die produktive Verzahnung von Expertisen aus verschiedenen Disziplinen (Pädagogik, Didaktik, Hard- und Softwareingenieurswesen usw.) bei Lehrenden (und Forschenden) sowie bei Lernenden verstärkt werden sollte.

Hinweis: Alle Anhänge sind zu finden im Forschungsdatenrepositorium der Universität Hildesheim: Lauer, L. (2026): Supplement zu „Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften", https://doi.org/10.25625/DNUVAN, GRO.data, V1.

Literatur

Aeppli, J., Gasser, L., Gutzwiller, E. & Tettenborn, A. (2016): *Empirisches wissenschaftliches Arbeiten – Ein Studienbuch für die Bildungswissenschaften* (4. Aufl.). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Akçayır, M. & Akçayır, G. (2017): Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review, 20*, S. 1-11.

Alalwan, N., Cheng, L., Al-Samarraie, H., Yousef, R., Ibrahim Alzahrani, A. & Sarsam, S. M. (2020): Challenges and Prospects of Virtual Reality and Augmented Reality Utilization among Primary School Teachers: A Developing Country Perspective. *Studies in Educational Evaluation, 66*, S. 100876.

Aljarrah, E., Elrehail, H. & Aababneh, B. (2016): E-voting in Jordan: Assessing readiness and developing a system. *Computers in Human Behavior, 63*, S. 860-867.

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.

Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş. & Yilmaz, R. M. (2019): Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education, 142*, S. 103647.

Ateş, H. & Garzón, J. (2022): An integrated model for examining teachers' intentions to use augmented reality in science courses. *Education and Information Technologies, 28*(2), S. 1299-1321.

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S.J. & MacIntyre, B. (2001): Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications, 21*(6), S. 34-47.

Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R. & Kinshuk (2018): Insights Into the Factors Influencing Student Motivation in Augmented Reality Learning Experiences in Vocational Education and Training. *Frontiers in Psychology, 9*, S. 1486.

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

Baumert, J. & Kunter, M. (2011): Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29-54). Münster: Waxmann.

Bortz, J. & Döring, N. (2006): *Forschungsmethoden und Evaluation.* Berlin, Heidelberg: Springer.

Buchner, J., Buntins, K. & Kerres, M. (2021): A Systematic Map of Research Characteristics in Studies on Augmented Reality and Cognitive Load. *Computers and Education Open*, S. 100036.

Cheung, S. K. S., Jiao, J., Lee, L.-K., Zhang, X., Li, K. C. & Zhan, Z. (Hrsg.) (2019): *Technology in Education: Pedagogical Innovations: 4th International Conference, ICTE 2019*. Guangzhou, China, March 15-17, 2019, Revised Selected Papers. Singapore: Springer Singapore. (= Communications in Computer and Information Science).

Dörner, R., Broll, W., Grimm, P. & Jung, B. (Hrsg.) (2019): Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität (2. Aufl.). Berlin: Springer Vieweg.

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I (2012): The Model of Educational Reconstruction – a framework for improving teaching and learning science. In D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science Education Research and Practice in Europe. Retrospective and Prospective* (S.13–37). Rotterdam u. a.: Sense Publishers.

Dunleavy, M. (2014): Design Principles for Augmented Reality Learning. *TechTrends, 58*(1), S. 2834.

European Commission (2017*): European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu.* LU: Publications Office.

Forkosh-Baruch, A., Phillips, M. & Smits, A. (2021): Reconsidering teachers' pedagogical reasoning and decision making for technology integration as an agenda for policy, practice and research. *Educational Technology Research and Development, 69*(4), S. 2209-2224.

Garzón, J., K., Baldiris, S., Gutiérrez, J. & Pavón, J. (2020): How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis. *Educational Research Review, 31*, S. 100334.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (Hrsg.) (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht* (vollst. überar. u. erw. Aufl.). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD) (2018): *Fachliche Bildung in der digitalen Welt – Positionspapier der Gesellschaft für Fachdidaktik.* https://www.fachdidaktik.org/wordpress/wp-content/uploads/2018/07/GFD-Positionspapier-Fachliche-Bildung-in-der-digitalen-Welt-2018-FINAL-HP-Version.pdf (Abfrage: 03.04.2020).

Gittinger, M. & Mulders, M. (2024): Using Augmented Reality for Teaching: A Hands-on Seminar Concept to Enhance Acceptance in Future Teachers. *Weizenbaum Journal of the Digital Society, 4*(4). https://doi.org/10.34669/wi.wjds/4.4.7

Haarhus, L., Holzapfel, M. & Brückmann, M. (2023): *AR-Dinosaurier-Modelle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht* (Poster). https://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.13343.74407 (Abfrage: 13.04.2025).

Helmke, A (2015): *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (6. überar. Aufl.). Seelze: Klett/Kallmeyer.

Huang, T.-C. & Tseng, H.-P. (2025): Extended Reality in Applied Sciences Education: A Systematic Review. *Applied Sciences, 15*(7), S. 4038.

Irion, T., Kammerl, R., Böttinger, T., Brüggen, N., Dertinger, A., Martschinke, S., Niederberger, M., Pfaff-Rüdiger, S., Stephan, M., Thumel, M. & Ziegler, K. (2023): Professionalisierung für das Primat des Pädagogischen in der Digitalen Grundbildung Projekteinführung und -überblick zum BMBF-Projekt „Grundsatzfragen und Gelingensbedingungen in der Professionalisierung von pädagogischen Akteur:innen für Kinder im Grundschulalter" (P3DiG). In T. Irion, T. Böttinger & R. Kammerl (Hrsg.), *Professionalisierung für Digitale Bildung im Grundschulalter. Ergebnisse des Forschungsprojekts P³DiG* (S. 77-112). Münster, New York: Waxmann.

Jang, J., Ko, Y., Shin, W. S. & Han, I. (2021): Augmented Reality and Virtual Reality for Learning: An Examination Using an Extended Technology Acceptance Model. *IEEE Access, 9*, S. 6798-6809.

Kamińska, D., Zwoliński, G., Laska-Leśniewicz, A., Raposo, R., Vairinhos, M., Pereira, E., Urem, F., Ljubić H. M., Haamer, R. E. & Anbarjafari, G. (2023): Augmented Reality: Current and New Trends in Education. *Electronics, 12*(16), S. 3531.

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

Krommer, A. (2019): Wider den Mehrwert! Argumente gegen einen überflüssigen Begriff. In A. Krommer, M. Lindner, D. Mihajlovic, J. Muuß-Merholz & P. Wampfler (Hrsg.), Routenplaner #DigitaleBildung. Auf dem Weg zu zeitgemäßem Lernen. Eine Orientierungshilfe im digitalen Wandel. Hamburg: ZLL21, S. 115-123.

Kuckartz, U. (2018): *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Kuhn, J., Lukowicz, P., Hirth, M. & Weppner, J. (2016): gPhysics - Using Google Glass as Experimental Tool for Wearable-Technology Enhanced Learning in Physics. *Ambient Intelligence and Smart Environments*, S. 212-219.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2016): Auf dem Weg zum digitalen Lernen und Lehren. https://www.kmk.org/aktuelles/artikelansicht/auf-dem-weg-zum-digitalen-lernen-und-lehren.html (Abfrage: 20.01.2021).

Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U. & Richter, D. (2011): Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften. In M. Kunter, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 55-68). Münster u.a.: Waxmann.

Lachner, A., Scheiter, K. & Stürmer, K. (2020): Digitalisierung und Lernen mit digitalen Medien als Gegenstand der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In C. Cramer, J. König, M. Rothland & S. Blömeke (Hrsg.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (1. Aufl., S. 67-75). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Lauer, L., Irion, T. & Peschel, M. (2024): Mehrwert-Diskurse als Werte-Diskurse – Usefulness als didaktischer Gesichtspunkt im medialen Sachunterricht. *GDSU-Journal, 15*, S. 83-96.

Lauer, L. (2023): Augmentierungen für das Erlernen von Schaltsymboliken im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht der Primarstufe (Dissertation). Universität des Saarlandes. https://dx.doi.org/10.22028/D291-41400 (Abfrage: 13.04.2025).

Lauer, L. & Peschel, M. (2023): ‹Pedagogical Usability› von Augmented Reality zum Thema Elektrik: Eine qualitative Studie zum Potenzial des Einsatzes von AR im (naturwissenschaftlich-orientierten) Sachunterricht der Primarstufe. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 51*, S. 25-64.

Lauer, L., Peschel, M., Fischer, M. & Peifer, P. (2023): Augmented Reality als Mittler im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht. In H. van Vorst (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? (S. 525-527). Kiel. https://markus-peschel.de/files_neu/publikationen/Lauer%20et%20al.%20%282023%29%20-%20Augmented%20Reality%20als%20Mittler.pdf (Abfrage: 13.04.2025).

Lauer, L., Peschel, M., Javaheri, H., Lukowicz, P., Altmeyer, K., Malone, S. & Brünken, R. (2022): Augmented Reality-Toolkit for Real-Time Visualization of Electrical Circuit Schematics. In G. S. Carvalho, A. S. Afonso & Z. Anastácio (Hrsg.), *Fostering Scientific Citizenship in an Uncertain World – ESERA 2021 e-Proceedings* (S. 291-296). Braga: CIEC, University of Minho. https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/81443/1/ESERA2021-Proceedings_Book.pdf (Abfrage: 20.01.2023).

Lauer, L. & Peschel, M. (2022): Praxisideen für Augmented Reality (AR) im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht. In B. Brandt, L. Bröll & H. Dausend (Hrsg.), *Digitales Lernen in der Grundschule III – Fachdidaktiken in der Diskussion* (S. 227-238). Münster, New York: Waxmann.

Lauer, L., Altmeyer, K., Malone, S., Barz, M., Brünken, R., Sonntag, D. & Peschel, M. (2021): Investigating the Usability of a Head-Mounted Display Augmented Reality Device in Elementary School Children. *Sensors, 21*(19), S. 6623.

Lauer, L. & Peschel, M. (2020): 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). Regensburg: pedocs.

Lawrence, J. E. & Tar, U. A. (2018): Factors that influence teachers' adoption and integration of ICT in teaching/learning process. *Educational Media International, 55*(1), S. 79-105.

Liu, S., Toreini, P. & Maedche, A. (2025): Mixed Reality Learning Systems with Head-Mounted Displays in Higher Education: A Systematic Review. *Technology, Knowledge and Learning.* https://doi.org/10.1007/s10758-025-09912-z

Maulyda, M. A., Sugiman, S. & Wuryandani, W. (2024): Integration of Augmented Reality Technology For Learning. An Qualitative Meta-Analysis Study. *Progres Pendidikan, 5*(3), S. 260-273.

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

Milgram, P. & Kishino, F. (1994): A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information Systems E77-D*, 12.

Mirza, T., Dutta, R., Tuli, N. & Mantri, A. (2025): Leveraging augmented reality in education involving new pedagogies with emerging societal relevance. *Discover Sustainability, 6*(1), S. 77.

Nielsen, J. (1993): *Usability Engineering.* San Diego, CA; USA: Academic Press.

Nikou, S. A., Perifanou, M. & Economides, A. A. (2024): Exploring Teachers' Competences to Integrate Augmented Reality in Education: Results from an International Study. *TechTrends, 68*(6), S. 1208-1221.

Nokelainen, P. (2005): The Technical and Pedagogical Usability Criteria for Digital Learning Material. *Proceedings of ED-MEDIA 2005--World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications. Waynesville, NC: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE),* S. 1011-1016. https://www.learntechlib.org/primary/p/20212/ (Abfrage: 13.04.2025).

Oncu, S., Delialioglu, O. & Brown, C. A. (2008): Critical Components for Technology Integration: How Do Instructors Make Decisions? *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 27*(1), S. 19-46.

Pareja Roblin, N., Tondeur, J., Voogt, J., Bruggeman, B., Mathieu, G., & van Braak, J. (2018): Practical considerations informing teachers' technology integration decisions: the case of tablet PCs. *Technology, Pedagogy and Education, 27*(2), S. 165-181.

Perifanou, M., Economides, A. A. & Nikou, S. A. (2023): Teachers' Views on Integrating Augmented Reality in Education: Needs, Opportunities, Challenges and Recommendations. *Future Internet, 15*(1), S. 20.

Petko, D. & Döbeli Honegger, B. (2011): Digitale Medien in der schweizerischen Lehrerinnen- und Lehrerbildung: Hintergründe, Ansätze und Perspektiven. *Beiträge zur Lehrerbildung, 29*(2), S. 155-171.

Prieto, L. P., Holenko Dlab, M., Gutiérrez, I., Abdulwahed, M. & Balid, W. (2011): Orchestrating technology enhanced learning: a literature review and a conceptual framework. *International Journal of Technology Enhanced Learning, 3*(6), S. 583-598. https://doi.org/10.1504/IJTEL.2011.045449

Radu, I. & Schneider, B. (2019): What Can We Learn from Augmented Reality (AR)?: Benefits and Drawbacks of AR for Inquiry-based Learning of Physics. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, S. 1-12. https://doi.org/10.1145/3290605.3300774

Rost, D. H. (2013*): Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien: eine Einführung* (3. vollst. überarb. und erw. Aufl.). Stuttgart: UTB.

Rubach, C. & Lazarides, R. (2020): Digitale Kompetenzeinschätzungen von Lehramtsstudierenden fördern. *Journal für LehrerInnenbildung, 20*(1), S. 88-97. https://doi.org/10.25656/01:19393

Runge, I., Rubach, C. & Lazarides, R. (2021): Selbsteingeschätzte digitale Kompetenzen von Lehrkräften – Welche Bedeutung haben Schulausstattung und Fortbildungsteilnahme angesichts aktueller Herausforderungen der COVID-19-Pandemie? In S. G. Huber (Hrsg.), *Jahresbuch Schulleitung 2021* (S. 228-242). Kronach: Carl Link Verlag.

Scheiter, K. (2021): Lernen und Lehren mit digitalen Medien: Eine Standortbestimmung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 24*(5), S. 1039-1060.

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, Sandra, J. König & D. Schmeinck (Hrsg.), *Bildung, Schule, Digitalisierung* (S. 451-456). Münster, New York: Waxmann.

Silius, K. & Tervakari, A.-M. (2002): *An Evaluation of the Usefulness of Web-Based Learning Environments – The Evaluation Tool into the Portal of Finnish Virtual University.* http://www.mit.jyu.fi/OPE/kurssit/TIES462/Materiaalit/Silius_Tervakari.pdf (Abfrage: 30.04.2022).

Stürmer, K. & Lachner, A. (2017): Unterrichten mit digitalen Medien. In K. Scheiter & T. Riecke-Baulecke (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit digitalen Medien. Strategien, internationale Trends und pädagogische Orientierungen* (S. 82-95). München: Oldenbourg.

Thyssen, C., Huwer, J., Irion, T. & Schaal, S. (2023): From TPACK to DPACK: The "Digitality-Related Pedagogical and Content Knowledge"-Model in STEM-Education. *Education Sciences, 13*(8), S. 769.

Tondeur, J., Scherer, R., Baran, E., Siddiq, F., Valtonen, T. & Sointu, E. (2019): Teacher educators as gatekeepers: Preparing the next generation of teachers for technology integration in education. *British Journal of Educational Technology, 50*(3), S. 1189-1209.

Tzima, S., Styliaras, G. & Bassounas, A. (2019): Augmented Reality Applications in Education: Teachers Point of View. *Education Sciences, 9*(2), S. 99.

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)

Vieluf, S., Praetorius, A.-K., Rakoczy, K., Kleinknecht, M. & Pietsch, M. (2020): Angebots-Nutzungs-Modelle der Wirkweise des Unterrichts. Ein kritischer Vergleich verschiedener Modellvarianten. In A.-K. Praetorius, J. Grünkorn & E. Klieme (Hrsg.), *Empirische Forschung zu Unterrichtsqualität. Theoretische Grundfragen und quantitative Modellierungen* (1. Aufl., S. 63-80). Basel: Beltz Juventa. https://doi.org/10.25656/01:25864

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*, S. 41-49.

Luisa Lauer & Markus Peschel (2026): Entscheidungen und Begründungen in Bezug auf den Einsatz von Augmented Reality(-Technologien) von angehenden Lehrkräften. In: Melanie Beudels et al. (Hrsg.) (2026): Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften digital unterstützen – Beiträge aus Forschung, Schule und Hochschullehre. S. 154-176. (https://dx.doi.org/10.18842/hibsu-s-4)