
Themenheft Nr. 51:

Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 2.

Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel und Raphael Zender

Einstellungen und Werthaltungen von Sachunterrichtsstudierenden zum Lernen mit Augmented (AR) und Virtual Reality (VR) im Sachunterricht

Marisa Alena Holzapfel¹ , Silke Bakenhus² , Nicolas Arndt²  und Maja Brückmann² 

¹ Universität Greifswald

² Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Zusammenfassung

Bereits sehr junge Kinder sollen im Sachunterricht an das Lernen mit und über digitale Medien – wie AR (augmented reality) und VR (virtual reality) – herangeführt werden. Nicht nur die Kompetenz von Lehrpersonen im Umgang mit digitalen Medien ist ein entscheidender Prädiktor für erfolgreiche Medienbildung im Unterricht. Auch die Einstellung und Werthaltung der Lehrpersonen spielt eine entscheidende Rolle. Sind sie offen für den Einsatz digitaler Medien? Sehen sie diese als Gewinn für Schule und Unterricht? Wie schätzen sie ihre eigene Kompetenz und die ihrer Schüler:innen ein? Diesen Fragen geht der folgende Artikel nach. Nach einem kurzen theoretischen Rahmen zur Lehrpersonenprofessionalisierung und zum Lernen mit AR und VR im Sachunterricht folgt die Darstellung einer Studie, in der die Einstellung und Werthaltung von Sachunterrichtsstudierenden zu Schülervorstellung allgemein, zum Umgang mit AR und VR im speziellen und zur Sichtweise auf die eigene Kompetenz in Bezug auf AR und VR erfragt wurden. Insgesamt zeigte sich in dieser Studie, dass die Sachunterrichtsstudierenden Schülervorstellungen realistisch einschätzen können. Sie stehen dem Einsatz von AR und VR im Sachunterricht positiv gegenüber, schätzen ihre Kompetenz zur Gestaltung geeigneter Lernmaterialien mit den Technologien allerdings als gering ein, zeigen aber gleichzeitig hohes Interesse, dies zu erlernen.

Attitudes and Values of Prospective Primary Science Education Teachers towards Learning with Augmented (AR) and Virtual Reality (VR) in Science Education

Abstract

Even very young children should be introduced to learning with and via digital media, such as AR (augmented reality) and VR (virtual reality). Not only the competence of teachers in dealing with digital media is a decisive predictor for successful media education. Teachers' attitudes and values also play a central role. Are they open to the use of digital media? Do they see them as a benefit for school? How do they assess their own competence and that of their students? These questions are explored in the article. After a brief theoretical framework on teacher professionalization and learning with AR and VR in science education, a study is presented in which the attitudes and values of preservice science education teachers were surveyed on student conceptions in general, on the use of AR and VR in particular, and on their view of their own competence in relation to AR and VR. Overall, this study showed that the preservice teachers can realistically assess students' conceptions. They have a positive attitude towards the use of AR and VR in science teaching, assess their competence in designing suitable learning materials as low, but at the same time show a high interest in learning it.

1. Einleitung

Das aktive Wahrnehmen und Handeln in und mit unserer Umwelt ist ein entscheidender Bestandteil des Lernens. In den vergangenen Jahren sind immer mehr neue Möglichkeiten in Form von virtuellen Umgebungen entstanden, in denen Lernende aktiv und situativ ihr Wissen und ihre Kompetenzen erwerben und erweitern können (Hellriegel und Čubela 2018; Schweiger et al. 2022). Zudem existieren einige vielversprechende Ansätze, virtuelle Lernumgebungen für Lernprozesse zu nutzen sowie die aktive Wahrnehmung und das Handeln in diesen virtuellen Räumen zu ermöglichen und zu unterstützen. Der Einsatz von AR und VR im Sachunterricht ermöglicht es den Kindern somit, die reale Welt mit virtuellen Objekten zu erkunden und wieder in die reale Welt zu übertragen (Bakenhus et al. 2022). Dabei können Umweltfaktoren und andere störende Einflüsse beim Lernen ausgeblendet werden, sodass die Kinder sich aktiv mit den digitalen, virtuellen Objekten auseinandersetzen können.

Die Bedeutung dieser neuen virtuellen Lernumgebungen nimmt ebenfalls immer mehr einen Platz in der (fach-)didaktischen Professionalisierung von Lehrpersonen ein. Allerdings, so geben es Schweiger et al. (2022) an, spielen virtuelle Lernumgebungen im Unterricht, aber auch in der Professionalisierung von Lehrpersonen, bisher eher in den weiterführenden Schulformen sowie in der beruflichen Bildung eine Rolle (Hellriegel und Čubela 2018). Als Teil der professionellen Handlungskompetenz

sind nach dem Modell von Baumert und Kunter (2006) die Überzeugungen und Werthaltungen eine von vier Hauptkomponenten. Daher könnten die Überzeugungen und Werthaltungen angehender Sachunterrichtslehrpersonen bereits im Studium entscheidend dafür sein, ob Methoden wie AR und VR bereits in der Grundschule im zukünftigen Unterricht eingesetzt werden.

Trotz der Bedeutung der professionellen Handlungskompetenz sowie der erläuterten Lern- und Unterstützungsmöglichkeiten durch virtuelle Realitäten wie AR und VR ist unklar, warum Lehrpersonen diese virtuellen Lernumgebungen nicht bereits im Unterricht der Grundschule nutzen. Welche Einstellungen und Werthaltungen haben Sachunterrichtsstudierende zu Schülervorstellungen? Welche Einstellungen haben Sachunterrichtsstudierende zum Einsatz von augmented und virtual reality?

Diese Fragen werden in der hier dargestellten Studie beantwortet.

2. Theoretische Rahmung

Die theoretische Rahmung der Studie setzt sich zusammen aus dem Lehrerproufessionswissen allgemein (2.1), den Einstellungen und Werthaltungen zu Schülervorstellungen im Speziellen (2.2). Sie wird ergänzt durch den Einsatz von AR und VR im Sachunterricht (2.3).

2.1 Lehrerproufessionswissen

Die Entwicklungsstufen eines ansteigenden Wissens im Verlauf des Berufslebens wurden von Dreyfus und Dreyfus (1986) entwickelt. Das Wissen gliedert sich dabei in fünf verschiedene Entwicklungsstadien: *novice*, *advanced beginner*, *competent performer*, *proficient* und *expert*. Berliner (1994) setzt dies als Gegebenheit voraus und passt diese fünfstufige heuristische Theorie an den Kontext der Lehre an. Dies bietet Lehrpersonen die Möglichkeit, ihre Fähigkeiten und Praktiken in unterschiedlichen Bereichen zu reflektieren und zu verbessern. Die Einteilung ist die Basis für den Forschungszweig der Expertiseforschung. Dabei geht es um den Vergleich von Novizen und Experten. Expertise wird hierbei in Verbindung beispielsweise mit Erfahrung (Gruber und Mandl 1996) oder Wissen (Rothe und Schindler 1996) untersucht.

Aus der COACTIV-Studie (Krauss et al. 2004) entstand das Modell der professionellen Handlungskompetenz. Im Fokus dieser Studie standen das Professionswissen von Lehrpersonen, der kognitiv aktivierende Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz.

Das Modell der professionellen Handlungskompetenz von Baumert und Kunter (2006) setzt sich aus vier Bereichen zusammen: den *motivationalen Orientierungen*, den *selbstregulativen Fähigkeiten*, dem *Professionswissen* mit den Untergliederungen in *Wissensbereiche* und *Wissensfacetten*, sowie den *Überzeugungen* und

Werthaltungen. Demnach sind diese Bereiche Bestandteile professioneller Handlungskompetenz einer Lehrperson (Baumert und Kunter 2006, 482). Insbesondere die Verortung der Überzeugungen und Werthaltungen von (angehenden) Lehrpersonen als Bestandteil des Professionswissens einer Lehrperson ist in diesem Modell veranschaulicht. Aus der dazugehörigen Modellskizze geht nicht hervor, dass sich auch der Bereich der Werthaltungen und Überzeugungen weiter aufschlüsselt in Wertbindungen, epistemologische Überlegungen, subjektive Theorien über Lehren und Lernen sowie Zielsysteme für Curriculum und Unterricht (Baumert und Kunter 2006, 497; Bakenhus 2018), was jedoch eingeschlossen ist.

Für einen Expertise-Erwerb werden Expert:innen auf ihrem jeweiligen professionellen Gebiet «zehn oder mehr Jahre» für die Entwicklung einer Expertise in ihrer Domäne eingeräumt (Gruber 2013, 513). Als Berufsgruppen, auf die dies zutrifft, werden u. a. Mediziner oder Schachspieler benannt. Die zeitliche Angabe erscheint für die Festlegung eines professionellen Berufswissens einer Lehrperson jedoch wenig sinnvoll. «Die bloße Berufserfahrung führt nicht automatisch zu mehr Expertise», führen Bromme und Haag (2008, 811) aus. Im Berufsfeld einer Lehrperson sind Wissen und Können einer stetigen Weiterentwicklung unterworfen. «Situationsbezogenes und erfahrungsbezogenes Wissen ist wichtiger Bestandteil von Expertenwissen» (Bromme und Haag 2008, 811).

Es ist nicht beabsichtigt, dies in aller Ausführlichkeit darzustellen. Daran zeigt sich jedoch, dass hinter den Begrifflichkeiten der Überzeugungen und Werthaltungen einer Lehrperson sehr viel mehr verborgen ist als die eigene Überzeugung zu oder über eine Sache. Im Rahmen der vorliegenden Studie werden Einstellungen als Ansichten verstanden, die die Studierenden aus ihrem Erfahrungswissen generieren. Die Werthaltungen sind hingegen Teil des Selbstkonzeptes einer Person und beziehen sich per Definition nicht auf einen spezifischen Inhalt, sondern gelten als Leitlinie des Handelns (Dorsch und Wirtz 2021).

Für die hier vorgestellte Studie ist insbesondere der Punkt der Überzeugungen der Sachunterrichtsstudierenden, die sich in Einstellung und Werthaltung ausdrücken, bezüglich Schülervorstellungen und Vorerfahrungen sowie zur Thematik AR und VR erhoben worden.

2.2 Einstellung und Werthaltung zu Schülervorstellungen und -vorwissen als wichtiger Teil der professionellen Handlungskompetenz von Lehrpersonen

Im Rahmen der Schülervorstellungsforschung der letzten 50 Jahre sind unterschiedliche Beschreibungen der Ideen und Vorstellungen formuliert worden, die Kinder in den Unterricht mitbringen. Dabei wurde deutlich, dass Schülervorstellungen mehr beinhalten als nur die Vorstellungen der Schüler:innen.

Um einen gemeinsamen Inhalt für den Begriff Schülervorstellungen zu erhalten, fasst Möller (2018, 37) alle Bewusstseinsinhalte zusammen, die enaktiv, ikonisch oder symbolisch sind und die Schüler:innen innerhalb oder ausserhalb von schulischem Lernen entwickeln. Diese Dreiteilung von enaktiv, ikonisch und symbolisch ist den kognitiven Entwicklungsstufen nach Bruner et al. (1971) entnommen und bildet eine wechselseitige lernförderliche Darstellung eines Inhalts. Enaktiv meint damit eine (konkrete oder vorgestellte) handlungsmässige Darstellung (z. B. Malen, Fliegen), ikonische Stufen sind bildhafte Darstellungen und die symbolische Stufe meint Darstellung durch Sprache, Schrift- oder Zeichensymbole. In allen drei Darstellungsarten finden sich Schülervorstellungen wieder.

Schülervorstellungen sind aus lern- und instruktionspsychologischer Sicht von grosser Bedeutung, um unter anderem intelligentes Wissen aufzubauen und individuelle Lernvoraussetzungen als Schnittstelle für fachliche Inhalte herzustellen. Demnach sind Schülervorstellungen eine wichtige Komponente, um Interesse zu berücksichtigen, Vorwissen einzubinden und um bestehende Vorstellungen (um) zukodieren. Eine knappe Zusammenstellung der empirischen Studien zu sachunterrichtsrelevanten Schülervorstellungen ist in Möller (2018) zusammengefasst. Bereits seit den 1970er-Jahren sind empirische Untersuchungen zu (naturwissenschaftlichen) Schülervorstellungen entstanden und haben in den 1990er-Jahren erneut einen Aufschwung im Forschungsfeld erhalten. Andere Studien berücksichtigen auch sozialwissenschaftliche Schülervorstellungen (Dängeli und Kalcsics 2018).

Im Rahmen von professioneller Handlungskompetenz ist neben den Schülervorstellungen auch dem Vorwissen der Grundschul Kinder – also der zukünftigen Adressaten des Unterrichts – bereits im Studium eine besondere Aufmerksamkeit beizumessen. Die Perspektive des Lernenden u. a. in Form von Vorstellungen und Wissen ist bei der Entwicklung von Lernarrangements zu berücksichtigen (Möller 2018). Das Vorwissen als wertvollen Anknüpfungspunkt für den eigenen Unterricht zu erkennen, zu erfassen und schliesslich auch in den eigenen Unterrichtsplanungen zu berücksichtigen, ist ein notwendiger Schritt der Professionalisierung. Möller (2018, 37) weist dabei darauf hin, dass eine Erfassung von Schülervorstellungen nicht nur zu Beginn einer Lerneinheit stehen sollte, sondern lernbegleitend während des gesamten Lernprozesses notwendig sei.

2.3 Lernen mit AR und VR im Sachunterricht – Besonderheiten und Herausforderungen

Digitale Medien wie Tablets und Smartphones sind heute ein fester Bestandteil des Alltags und der Lebenswelt von Kindern. Indem sie mit ihren Freunden kommunizieren oder spielen, *erobern* Kinder, im Rahmen ihrer Möglichkeiten und Kompetenzen, aktiv, kreativ und selbstbestimmt virtuelle Lebenswelten z. B. in *Minecraft* oder

ähnlichen Spielen. Sie sind dabei motiviert, in diesen virtuellen Umgebungen Erfahrungen zu machen, sich neues Wissen anzueignen und sich darüber auszutauschen (KIM 2021; Borgstedt et al. 2015).

Der Sachunterricht mit seiner Aufgabe, den Kindern in ihrer Lebenswelt und im Alltag Orientierung zu geben und Lerngelegenheiten zu schaffen, kann auf mehreren Ebenen an diese Erfahrungen anknüpfen: So können digitale Medien als Lerngegenstand im Sinne des perspektivvernetzenden Themenbereichs *Medien* dienen oder als *Werkzeuge* zum Erschliessen der Lebenswelt in den Sachunterricht integriert werden (Gervé 2015, 496). Neben dem Lebensweltbezug der Lernenden bietet der Einsatz digitaler Medien zum Beispiel die Möglichkeit zu neuen kollaborativen, gegebenenfalls ortsunabhängigen Arbeitsweisen im Sachunterricht sowie einer effizienteren Unterrichtsvorbereitung und -gestaltung für die Lehrpersonen (Knoth und Haider 2022, 17; Gervé 2015, 499). Der Einsatz digitaler Medien ist jedoch auch mit Herausforderungen verbunden, und so ist neben der technischen Ausstattung auch die Ausbildung der Lehrpersonen Voraussetzung für einen erfolgreichen Medieneinsatz (Knoth und Haider 2022, 18). In diesem Beitrag werden daher die Forschungsfragen nach der Einstellung der Sachunterrichtsstudierenden zu Schülervorstellungen sowie zum Einsatz von erweiterter virtueller Realität fokussiert.

Die Chancen und Herausforderungen gelten ebenfalls für Technologien wie virtual reality (VR) und augmented reality (AR). Als AR wird dabei eine Erweiterung der realen Umgebung in Echtzeit durch computergenerierte Inhalte bezeichnet. Inhalte wie zum Beispiel virtuelle Objekte verhalten sich dabei für Nutzende genau wie reale Objekte und können beispielsweise durch Veränderung der Position von allen Seiten betrachtet werden. Die reale Umgebung sowie die virtuellen Objekte werden somit als ein Ganzes wahrgenommen (Dörner et al. 2019, 21). Als VR hingegen wird die Darstellung einer computergenerierten, rein virtuellen Umgebung bezeichnet, die durch Bild und Ton auf Grossbildleinwänden oder Video- bzw. VR-Brillen dargestellt wird, über die die Nutzenden interagieren können. Diese wird dadurch als simulierte Realität wahrgenommen (Mulders, Buchner, und Kerres 2020, 211; Buchner und Aretz 2020, 197). Virtual Reality wird daher häufig auch als «immersive Technologie» bezeichnet. Der Begriff *Immersion* beschreibt dabei den Grad des Eintauchens in eine virtuelle Realität und die Illusion der Nutzenden, «vor Ort» zu sein. Die Qualität der Immersion ist dabei jedoch nicht nur von der eingesetzten Technologie abhängig, sondern entsteht in der Passung von Inhalt, Aufbereitung und den Rahmenbedingungen (Kerres, Mulders, und Buchner 2022, 315).

Einer der wichtigsten potenziellen Vorteile von iVR (immersive virtual reality) im Unterricht ist die Möglichkeit, virtuelle Simulationen von Lerngegenständen und Umgebungen einzubinden, die andernfalls unpraktisch, gefährlich oder unzugänglich wären (Villena Taranilla et al. 2019, 609; Huang, Rauch, und Liaw 2020, 745; Hellriegel und Čubela 2018, 62). Durch das Ansprechen mehrerer Sinne besitzt iVR

zudem motivations- und engagementfördernde Effekte (Villena Taranilla et al. 2019, 610; Hellriegel und Čubela 2018, 66; Innocenti et al. 2019, 103). Huang et al. (2020, 754) konnten zudem beobachten, dass diese Effekte auch bei steigender Vertrautheit mit der Technologie nicht nachlassen.

Als möglicher Nachteil von iVR ist das Risiko des Auftretens von *Cybersickness* oder *Motion Sickness*, also Schwindel und Übelkeit, aus Studien im Erwachsenenalter bekannt (Dörner et al. 2019, 67; Zender et al. 2022, 33). In den wenigen Untersuchungen zu Nebenwirkungen der VR-Nutzung bei Kindern werden diese oft nur als Randnotiz beschrieben und so liegen bisher keine klinischen Studien vor, die diese Nachteile für Kinder und Jugendliche belegen (Zender et al. 2022, 33). Auch Buchner und Aretz (2020, 208) erhielten keine entsprechenden Rückmeldungen bei der Erprobung mit einer Grundschulklasse. Dennoch sollten mögliche Nebenwirkungen aufgezeigt und mit allen Beteiligten klar kommuniziert werden (Zender et al. 2022, 39). Eine weitere Gefahr beim Lernen mit iVR als *Werkzeug* besteht darin, dass die Technologie im Vordergrund steht und so vom eigentlichen Lerngegenstand ablenkt. Dieser Gefahr lässt sich mit einer entsprechend angeleiteten, auf wesentliche Interaktionen beschränkten Lernumgebung (Mulders, Buchner, und Kerres 2020) sowie einer vorgelagerten Testphase (Buchner und Aretz 2020, 207) entgegenwirken.

Eine mögliche Umsetzung von iVR im Sachunterricht wurde von Bakenhus et al. (2022) am Beispiel des Forschungsschiffs *Sonne* als außerschulischem Lernort exemplarisch aufgezeigt. Hier wird deutlich, dass für einen aus pädagogischer Sicht gewinnbringenden Einsatz von VR im Rahmen des Sachunterrichts eine unreflektierte Nutzung von VR-Anwendungen keinesfalls genügt, sondern dieser durch Lehrpersonen entsprechend didaktisch aufbereitet und gerahmt werden muss (Hellriegel und Čubela 2018, 68).

3. Empirische Untersuchung

Um eine empirisch fundierte Aussage über die Einstellung und Werthaltung zu Schülervorstellungen von Sachunterrichtsstudierenden treffen zu können, wurde im Wintersemester 2021/2022 eine digitale Umfrage mit der Software Limesurvey durchgeführt. Dabei wurde erhoben, welche Sichtweisen die Sachunterrichtsstudierenden auf Schülervorstellungen allgemein und auf Schülervorstellungen zu AR und VR im Speziellen haben. Ergänzend wurde die Einschätzung zum Einsatz von AR und VR im Sachunterricht sowie zur eigenen Kompetenz im Umgang mit AR und VR abgefragt.

3.1 *Design und Methode*

Die erhobenen Daten dienen der Beantwortung der folgenden Forschungsfragen (FF):

FF1: Welche Einstellungen und Werthaltungen haben Sachunterrichtsstudierende zu Schülervorstellungen?

FF2: Welche Einstellungen haben Sachunterrichtsstudierende zum Einsatz von AR (augmented reality) und VR (virtual reality) im Sachunterricht?

Die befragten Sachunterrichtsstudierenden wurden dabei zu Beginn des Semesters (Pre) und dessen Ende (Post) befragt, da sie im Rahmen eines Moduls an beiden beteiligten Universitäten Inhalte zum Umgang mit Schülervorstellungen bearbeitet haben. Zur Beantwortung von FF1 wurde dadurch auch die Entwicklung dieser professionellen Handlungskompetenz berücksichtigt.

Da es an beiden Universitäten keine Inhalte mit dem Schwerpunkt AR und VR gab, wurden Fragen zum Lernen mit AR und VR nur in der Postbefragung erhoben, um die Testzeit so effizient wie möglich zu nutzen.

Alle Befragten befassten sich im Laufe des Semesters mit dem Umgang mit Schülervorstellungen im Sachunterricht. Daher ist anzunehmen, dass sich die professionelle Handlungskompetenz in Bezug auf die Einstellung und Werthaltung zu Schülervorstellung verbessert.

3.2 *Beschreibung der Stichprobe*

Insgesamt wurden $N = 53$ ($N_{\text{Gesamt}} = 133$ Befragte) vollständige Datensätze von Sachunterrichtsstudierenden aus den Bundesländern Niedersachsen (18 Studierende der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg) und Nordrhein-Westfalen (35 Studierende der Universität Duisburg-Essen) erhoben. Das Alter der Befragten reichte von 19 bis 48 Jahren (\bar{X} Alter 22.36, $SD = 5.084$; $n_w = 90.6\%$). Die Geschlechts- und Altersverteilung ist für Studierende des Grundschullehramts üblich. 96.2% der Befragten befanden sich zum Zeitpunkt der Befragung im ersten bis dritten, die restlichen 3.8% in einem höheren Semester. Man kann also sagen, dass ein grosser Teil der Befragten am Anfang ihres Studiums stand. 39.6% ($n = 21$) der Befragten gaben an, dass sie bereits an einer Schule gearbeitet haben.

3.3 *Testinstrument*

Insgesamt besteht das Testinstrument aus zwei Teilen. Teil eins besteht aus fünf Skalen, von denen die Skalen 1 bis 3 von Kleickmann (2008) adaptiert wurden (siehe Tabelle 4 bis Tabelle 8 im Anhang). Die Skalen nach Kleickmann (2008) wurden vereinheitlicht und zum Teil überarbeitet, da die Originalskalen nur akzeptable

Cronbachs Alpha-Werte aufweisen. Anhand der nach Kleickmann (2008) adaptierten Skalen kann eine Aussage über die Einstellung und Werthaltung der befragten Studierenden zu Schülervorstellungen gemacht werden. Die weiteren beiden Skalen, *Schülervorerfahrungen zu virtual reality (VR)* und *Schülervorerfahrungen zur Navigation auf dem Wasser*, wurden in Anlehnung an Kleickmann (2008) auf der Basis des Kerncurriculums (Niedersächsisches Kultusministerium 2017) und des Perspektivrahmens (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts 2013) selbst konzipiert. Hierdurch sollten Einstellung und Werthaltungen zur Technologie VR sowie zum Inhalt einer aktuell in Konzeption befindlichen Lernumgebung erfolgen. Diese fünf Skalen wurden im Pre- und im Posttest erhoben. Die Studierenden wurden gebeten, ihre Einstellung zu Schülervorstellungen auf einer vierstufigen Likert-Skala (*trifft zu bis trifft nicht zu*) auszudrücken. Um noch mehr über die Sichtweise der Sachunterrichtsstudierenden zum *Einsatz von VR und AR* im Sachunterricht zu erfahren, wurde im Posttest ein weiterer Teilfragebogen zum Einsatz von AR und VR ergänzt. Dieses Teilinstrument bestand aus einer offenen Frage nach der Definition von augmented reality und virtual reality, einer offenen Frage nach der Einschätzung des Mindestalters von Grundschulkindern für ein Lernen mit AR und VR und 10 geschlossenen Fragen, die auf einer vierstufigen Likert-Skala beantwortet werden sollten (siehe Tabelle 3). Nachdem die Studierenden die erste offene Frage nach der Definition von AR und VR beantwortet haben, wurde ihnen die Definition und damit auch der Unterschied erläutert. Zuvor wurde keine Definition von AR und VR geliefert.

Zur ersten Validierung des Testinstruments wurden im Pre-Test Daten der Gesamtstichprobe ($N_{\text{Gesamt}} = 133$) analysiert. Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, liegen die Werte der Skalen *Schülervorstellungen zu Naturwissenschaften*, *Conceptual Change*, *Schülervorerfahrungen zu virtual reality (VR)* und *Schülervorerfahrungen zur Navigation auf dem Wasser* in einem akzeptablen Bereich. Einzig der Cronbachs Alpha-Wert der Skala *Diskussion von Schülervorstellungen* liegt in einem nicht akzeptablen Bereich. Diese Skala wurde daher überarbeitet und im Post-Test in veränderter Form eingesetzt. Item 2 der Skala wurde aufgrund von Verständnisschwierigkeiten umformuliert. Ausserdem wurden drei weitere Items ergänzt (siehe Tabelle 4 im Anhang). Leider führte diese Überarbeitung nicht dazu, dass die Skala eine bessere Reliabilität erzielt. Daher wird die Skala in den vorgestellten Analysen nicht berücksichtigt und muss weiter optimiert oder eventuell ganz ersetzt werden. Da ein Item (Item 6) der Skala *Schülervorerfahrungen zu virtual reality (VR)* sowohl schlechte Reliabilitätswerte als auch Verständnisprobleme erzeugt hat, wurde dieses Item umformuliert. Um den exakten Inhalt abzubilden, den das Item eigentlich abfragen sollte, wurde ein weiteres Item (Item 7) ergänzt (siehe Tabelle 7). Diese Überarbeitung führte sowohl zu einem besseren Verständnis als auch zu einem besseren Cronbachs Alpha-Wert im Post-Test (siehe Tabelle 1). Für die später folgenden Analysen wurden zur Gewährleistung der Validität nur die Items genutzt, die in Pre- und Posttest

abgefragt wurden. Für zukünftige Analysen sollen die optimierten Skalen genutzt werden. Unterschiede in den Cronbachs Alpha-Werten zwischen der hier vorliegenden Studie und der Studie von Kleickmann (2008) sind mit der unterschiedlichen Expertisestufe der Befragten und der unterschiedlichen Stichprobengröße zu erklären.

Skala	Itemzahl Pre ¹	Cronbachs α Pre ¹	Itemzahl Post ²	Cronbachs α Post ²
Diskussion von Schülervorstellungen	4	.4673	7	.2843
Schülervorstellungen zu Naturwissenschaften	6	.628	6	.629
Conceptual Change	3	.675	3	.762
Schülervorerfahrungen zu virtual reality (VR)	6	.6724	7	.714
Schülervorerfahrungen zur Navigation auf dem Wasser	5	.68	5	.71
1 = $N_{\text{Gesamt}} = 133$. 2 = $N = 53$. 3 = der Cronbachs α Wert ist nicht akzeptabel. 4 = Item 6 erzielte schlechte Reliabilitätswerte und wurde daher überarbeitet.				

Tab. 1: Reliabilitätswerte der einzelnen Skalen.

3.4 Ausgewählte Ergebnisse

Einstellung und Werthaltung zu Schülervorstellungen

Die Mittelwertvergleiche der einzelnen Skalen bestätigen die Annahme, dass sich die professionelle Handlungskompetenz in Bezug auf die Einstellung und die Werthaltung gegenüber der Schülervorstellung verbessert. Zu den Themenbereichen *Schülervorstellungen zu Naturwissenschaften* ($t(52) = -5.061, p < .001$) und *Conceptual Change* ($t(52) = -5.881, p < .001$) konnten die Proband:innen ihre professionelle Kompetenz im Laufe des Semesters deutlich verbessern. Eine geringe Verbesserung fand in Bezug auf die Einschätzung von Schülervorerfahrungen zu virtual reality (VR) statt ($t(52) = -2.390, p = .021$). Lediglich im Bereich der themenspezifischen Schülervorstellungen zu den Schülervorerfahrungen in Bezug auf Navigation auf dem Wasser ($t(52) = -.927, p = .358$) konnten die Befragten ihre Einschätzung nicht signifikant verbessern (siehe Tabelle 2).

Skala	M_{Pre}	M_{Post}	sig.
Schülervorstellungen zu Naturwissenschaften	3.08	3.45	.000
Conceptual Change	3.02	3.33	.000
Schülervorerfahrungen zu virtual reality (VR)	2.77	2.91	.021
Schülervorerfahrungen zur Navigation auf dem Wasser	2.46	2.53	.358
M_{Pre} = Mittelwert Pretest. M_{Post} = Mittelwert Posttest. sig. = Signifikanz			

Tab. 2: Einstellung und Werthaltungen zu Schülervorstellungen der Gesamtstichprobe (N=53).

Einsatz von AR und VR

Zu Beginn dieses Teilfragebogens wurden die Proband:innen gefragt, ob sie den Unterschied zwischen AR (augmented reality) und VR (virtual reality) kennen und um eine eigene Definitionsformulierung gebeten. Von den 31 Proband:innen, die mitteilten, den Unterschied zu kennen, konnten 12 eine korrekte Definition geben, sieben gaben eine teilweise richtige Definition, 11 gaben gar keine Definition an. Zudem gab eine befragte Person eine falsche Beschreibung ab. Die restlichen 22 Befragten gaben an, den Unterschied nicht zu kennen.

Die Frage danach, ab welchem Alter Schüler:innen mit AR und VR arbeiten können, ergab einen Mittelwert von neun Jahren ($M=9.00$, $SD= 2.279$, $Min=0$, $Max=16$).

Insgesamt sind die befragten Sachunterrichtsstudierenden eher nicht der Meinung, dass der Einsatz von AR und VR die Schüler:innen überfordere (siehe Nr. 1–3 in Tabelle 3).

Weiterhin sind die Befragten der Ansicht, dass sowohl AR als auch VR gewinnbringend im Sachunterricht eingesetzt werden kann (Nr. 4 und 5 in Tabelle 3) und sie würden hierzu tendenziell fertige Lernmaterialien mit den beiden Technologien im Unterricht einsetzen (Nr. 7 und 8 in Tabelle 3). Die Proband:innen sind eher nicht der Meinung, dass AR und VR besser an außerschulischen Lernorten als im Schulunterricht eingesetzt werden kann (Nr. 6 in Tabelle 3).

Die Selbsteinschätzung der Kompetenz, Lernmaterial mit AR und VR zu gestalten, zeigt, dass die Befragten ihre Kompetenz als sehr gering einschätzen. Gleichzeitig zeigen sie eine sehr hohe Lernbereitschaft, derartige Materialien selbst zu gestalten (Nr. 9 und 10 in Tabelle 3).

Nr.	Item	M	SD
Schülervorerfahrungen zu AR und VR			
1	Ich denke, dass die Schüler:innen mit der Technologie von VR (virtual reality) überfordert sind.	2.37	.768
2	Ich denke, dass die Schüler:innen mit der Technologie von AR (augmented reality) überfordert sind.	2.11	.640
3	Ich denke, dass Schüler:innen durch den Einsatz von AR (augmented reality) oder VR (virtual reality) vom Lerninhalt abgelenkt werden.	2.34	.678
Einschätzung bezogen auf den Sachunterricht			
4	Ich denke, dass AR (augmented reality) gewinnbringend im Sachunterricht eingesetzt werden kann.	3.32	.613
5	Ich denke, dass VR (virtual reality) gewinnbringend im Sachunterricht eingesetzt werden kann.	3.02	.665
6	Ich denke, AR (augmented reality) und VR (virtual reality) können besser an außerschulischen Lernorten als im Schulunterricht eingesetzt werden.	2.28	.744
7	Ich würde fertige Lernumgebungen mit AR (augmented reality) im Unterricht einsetzen.	2.96	.678
8	Ich würde fertige Lernumgebungen mit VR (virtual reality) im Unterricht einsetzen.	2.74	.738
Selbsteinschätzung			
9	Ich traue mir zu, Lernumgebungen mit AR (augmented reality) oder VR (virtual reality) zu gestalten.	2.34	.876
10	Ich würde gerne lernen, wie man Lernumgebungen mit AR (augmented reality) oder VR (virtual reality) gestaltet.	3.42	.719
M=Mittelwert SD=Standardabweichung			

Tab. 3: Aussagen der Gesamtstichprobe zum Einsatz von AR und VR.

Korrelationsanalysen

Eine vorab durchgeführte Korrelationsanalyse konnte ausschliesslich die bereits berichteten Mittelwertvergleiche zwischen den Pre- und den Postdaten zu Einstellung und Werthaltungen gegenüber Schülervorstellungen sowie zwischen einzelnen Skalen Pre- und Post sowie dem Alter zeigen.

So zeigte sich ein geringer positiver Zusammenhang zwischen den *Schülervorstellungen zu Naturwissenschaften Pre* und *Conceptual Change Pre* ($r_s(53) = .461, p < .001$) sowie zu *Schülervorstellungen zu Naturwissenschaft Post* ($r_s(53) = .434, p < .001$) und *Conceptual Change Post* ($r_s(53) = .493, p < .001$).

Ebenfalls ergab sich ein geringer positiver Zusammenhang zwischen *Conceptual Change Pre* und *Schülervorerfahrungen zum Lernen mit VR Pre* ($r_s(53) = .281, p = .042$) sowie zu *Schülervorstellungen zu Naturwissenschaften Post* ($r_s(53) = .368, p = .007$) und *Conceptual Change Post* ($r_s(53) = .461, p < .001$).

Zwischen den *Schülervorerfahrungen zum Lernen mit VR Pre* und den *Schülervorstellungen zu Naturwissenschaften Post* ($r_s(53) = .296, p = .031$) sowie den *Schülervorerfahrungen zum Lernen mit VR Post* ($r_s(53) = .376, p = .005$) ergaben sich ebenfalls geringe positive Zusammenhänge.

Zwischen den Variablen *Schülervorstellungen zu Naturwissenschaften Post* und *Conceptual Change Post* ($r_s(53) = .654, p < .001$) konnte ein mittlerer positiver Zusammenhang nachgewiesen werden, zum *Alter* der Befragten konnte ein geringer negativer Zusammenhang aufgezeigt werden ($r_s(53) = .322, p = .019$).

Weiterhin zeigte sich ein geringer negativer Zusammenhang zwischen *Conceptual Change Post* und dem *Alter* ($r_s(53) = .372, p = .006$).

Andere erhobene Kontrollvariablen wie das Geschlecht, die besuchte Universität oder Unterrichtserfahrung konnten keine Hinweise zur Aufklärung der Varianz liefern.

3.5 Zusammenfassung

Zur Beantwortung von **Forschungsfrage eins** konnte gezeigt werden, dass die Sachunterrichtsstudierenden im Bereich der Einschätzung von Einstellungen und Werthaltungen von Schülervorstellungen bereits zu Beginn des Semesters eine hohe professionelle Handlungskompetenz aufwiesen. Diese konnten sie im Laufe des Semesters für die drei Teilbereiche *Schülervorstellungen zu Naturwissenschaften*, *Conceptual Change* und *Schülervorerfahrungen zu virtual reality (VR)* noch signifikant verbessern.

Auf die **zweite Forschungsfrage** kann zusammenfassend festgehalten werden, dass die befragten Sachunterrichtsstudierenden den Technologien AR und VR positiv gegenüberstehen. Aus ihrer Sicht sollten Schüler:innen ab einem Alter von 9 Jahren mit AR und VR lernen. Sie sehen weder eine Gefahr durch Überforderung der Schüler:innen noch durch Ablenkung aufgrund dieser Technologien. Zwar würden sie beide Technologien im Unterricht einsetzen, sehen jedoch ihre eigene Kompetenz zur Erstellung von Materialien mit AR und VR als sehr gering an. Sie zeigen gleichzeitig aber ein grosses Interesse daran zu lernen, wie Materialien erstellt werden können.

4. Diskussion und Ausblick

Da es sich bei den hier vorgestellten Daten nur um eine erste Erhebung mit relativ kleiner Stichprobe handelt, sollen die Ergebnisse in zukünftigen Jahrgängen durch weitere Pre-Post-Erhebungen verifiziert werden. Mit den vier Skalen *Schülervorstellungen zu Naturwissenschaften*, *Conceptual Change*, *Schülervorerfahrungen zu virtual reality (VR)* und *Schülervorerfahrungen zur Navigation auf dem Wasser* konnte

bereits eine Aussage zur Professionalisierung, genauer zur Einstellung und Werthaltung zu Schülervorstellungen der Sachunterrichtsstudierenden getroffen werden. Da die Studierenden noch am Anfang Ihrer Ausbildung stehen, war anzunehmen, dass das Professionswissen noch nicht stark ausgeprägt ist. Wie die Daten zeigen konnten, trug das Semester an beiden Universitäten dazu bei, das Professionswissen in Bezug auf die Einstellung und Werthaltung zu Schülervorstellungen zu erweitern. Diese Skalen sollen auch für zukünftige Erhebungen genutzt werden. Die Skala *Diskussion von Schülervorstellungen* eignete sich aufgrund nicht akzeptabler interner Konsistenz nicht dazu und muss daher für zukünftige Erhebungen weiter optimiert werden.

Die hier vorgestellte Studie konnte aufzeigen, dass die Sachunterrichtsstudierenden sich als wenig kompetent in der Erstellung von Material mit AR und VR einschätzen. Da diese Aussage nur auf der Auswertung eines Items beruht, soll es hier weiterführende Forschung zur Selbstwirksamkeitserwartung der Studierenden zu Erstellung und Einsatz von Lernmaterial mit AR und VR geben. Ein Schwerpunkt wird dabei auf Material mit iVR gelegt. Durch diese weiterführende Forschung kann präziser aufgedeckt werden, wo die Studierenden Schwierigkeiten sehen und Lernbedarf haben.

Um diesem Lernbedarf und dem grossen Interesse der Studierenden am Einsatz von AR und VR im Unterricht entgegenzukommen, wird in Anlehnung an das Konzept von Bakenhus et al. (2022) ein Seminar entwickelt und erprobt, welches Studierenden Theorie und Praxis der Gestaltung und des Einsatzes von iVR im Sachunterricht näherbringt. Das Konzept fusst auf dem *Meaningful-immersive Virtual Reality-Learning framework (M-iVR-L Modell)* nach Mulders, Buchner, und Kerres (2020) und gibt einen strukturierten Rahmenplan zur Erstellung von Lernumgebungen mit iVR für den Sachunterricht vor. Dadurch erhalten die Studierenden ein Gerüst, welches sie zum Aufbau eigener Lernmaterialien nutzen können.

Neben diesem Seminar soll es zukünftig noch vertiefte Forschung zu Motivation und Einsatz von VR und AR im Sachunterricht geben. Dazu sollen nicht nur Sachunterrichtsstudierende, sondern auch Sachunterrichtslehrpersonen befragt werden.

Im Anschluss daran könnten die durch die Studierenden erstellten Lernumgebungen erforscht werden. Hier muss geklärt werden, wie die noch sehr jungen Kinder der Grundschule tatsächlich mit den Technologien umgehen. Einen ersten Hinweis darauf gibt die Studie von Buchner und Aretz (2020). Ergänzend müssen auftretende Schwierigkeiten aufgedeckt und behoben werden. Interessant wäre in diesem Zusammenhang ausserdem, wie sich das Lernen mit AR und iVR auf die allgemeine Lernmotivation und das Interesse am jeweiligen Thema auswirkt.

Insgesamt wird hier darauf hingewiesen, dass es sich um die Einstellung und Werthaltung von Sachunterrichtsstudierenden zu Schülervorstellungen handelt. Im Dienst befindliche Lehrpersonen könnten ergänzend befragt

werden, um die gewonnenen Erkenntnisse zu verifizieren. Auch eine Befragung von Grundschüler:innen trägt zu einer genaueren Abschätzung bei und wird in Betracht gezogen.

In zukünftigen Erhebungen wird bei der Frage nach dem Mindestalter von Grundschulkindern nach AR und VR differenziert gefragt. Dazu wird das bestehende Item in zwei getrennte Items umformuliert.

Aus Item 5 des Teilfragebogens *Einsatz von AR und VR* geht zudem nicht hervor, ob die Proband:innen der Ansicht sind, dass die Technologien AR und VR nur für den Schulunterricht geeignet sind, oder ob diese ebenso gut in außerschulischen Lernorten eingesetzt werden können. Dies sollte zukünftig noch detaillierter und differenzierter erfasst werden. Da die Korrelationsanalysen insgesamt wenig Aufschluss über die Varianz geben konnten, sollten für zukünftige analoge Untersuchungen weitere Kontrollvariablen wie beispielsweise *die eigene Kompetenz im Umgang mit Technik, eigene Erfahrungen mit AR und VR oder das Interesse am Einsatz neuer Technologie im Unterricht* einbezogen werden.

Literatur

- Bakenhus, Silke. 2018. *Planungsaspekte erfahrener Lehrpersonen im Schuldienst (PerLe). eine empirische Studie*. Berlin: Logos.
- Bakenhus, Silke, Marisa Alena Holzapfel, Nicolas Arndt, und Maja Brückmann. 2022. «Die Erstellung einer Lernumgebung mit immersiver Virtual Reality für das Fach Sachunterricht nach dem M-iVR-L Modell». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR - Part 1): 76–93. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.04.X>.
- Baumert, Jürgen, und Mareike Kunter. 2006. «Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften.» *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 9 (4): 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>.
- Berliner, David C. 1994. «Expertise: The Wonders of Exemplary Performances». herausgegeben von John N. Mangieri, und Cathy Collins Block. *Creating Powerful Thinking in Teachers and Students: Diverse Perspectives*, January, 141–86.
- Borgstedt, Silke, Beate Rätz, Maximilian von Schwartz, Christoph Schleer, und Susanne Ernst. 2015. «DIVSI U9-Studie | Kinder in der digitalen Welt». Hamburg: DIVSI.
- Bromme, Rainer, und Ludwig Haag. 2008. «Forschung zur Lehrerpersönlichkeit.» In *Handbuch der Schulforschung*, herausgegeben von Werner Helsper und Jeanette Böhme, 803–19. Wiesbaden: VS.
- Bruner, Jerome, Rose R. Oliver, und Patricia Marks Greenfield, Hrsg. 1971. *Studien zur kognitiven Entwicklung*. Stuttgart: Kohlhammer.

- Buchner, Josef, und Diane Aretz. 2020. «Lernen mit immersiver Virtual Reality: Didaktisches Design und Lessons Learned». Herausgegeben von Klaus Rummler, Ilka Koppel, Sandra Aßmann, Patrick Bettinger, und Karsten D. Wolf. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, Jahrbuch Medienpädagogik 17: 195–216. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X>.
- Dängeli, Michel, und Katharina Kalcsics. 2018. «Politische Vorstellungen von Primarschülerinnen und -schülern zu ausgewählten Lerngegenständen». In *Wie ich mir das denke und vorstelle ...*, herausgegeben von Marco Adamina, Markus Kübler, Katharina Kalcsics, Sophia Bietenhard, und Eva Engeli, 253–68. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Dörner, Ralf, Wolfgang Broll, Paul Grimm, und Bernhard Jung. 2019. *Virtual und Augmented Reality (VR/AR) Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität. 2.*, erweiterte und aktualisierte Auflage. Berlin: Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58861-1>.
- Dorsch, Friedrich, und Markus Antonius Wirtz. 2021. *Lexikon der Psychologie*. 20. Aufl. Bern: Hogrefe.
- Dreyfus, Hubert L., und Stuart E. Dreyfus. 1986. *Mind over Machine: The Power of Human Intuition and Expertise in the Era of the Computer*. Chicago: The Free Press.
- Gervé, Friedrich. 2015. «Digitale Medien». In *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*, herausgegeben von Joachim Kahlert, Maria Fölling-Albers, Margarete Götz, Andreas Hartinger, Susanne Miller, und Steffen Wittkowske, 496–500. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts, Hrsg. 2013. *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Vollständig überarb. und erw. Ausg. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Gruber, Hans. 2013. «Definition: Expertise-Erwerb». In *Dorsch Lexikon der Psychologie*, herausgegeben von Markus Antonius Wirtz, 16., 513. Bern: Huber.
- Gruber, Hans, und Heinz Mandl. 1996. «Expertise und Erfahrung». In *Expertiseforschung: Theoretische und Methodische Grundlagen*, herausgegeben von Hans Gruber und Albert Ziegler, 18–34. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Hellriegel, Jan, und Dino Čubela. 2018. «Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht – Eine konstruktivistische Sicht». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 2018 (Occasional Papers): 58–80. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X>.
- Huang, Hsiu-Mei, Ulrich Rauch, und Shu-Sheng Liaw. 2020. «Investigating Learners' Attitudes toward Virtual Reality Learning Environments: Based on a Constructivist Approach». *Computers & Education* 55 (3): 745–758. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.014>.
- Innocenti, Edoardo Degli, Michele Geronazzo, Diego Vescovi, Rolf Nordahl, Stefania Serafin, Luca Andrea Ludovico, und Federico Avanzini. 2019. «Mobile Virtual Reality for Musical Genre Learning in Primary Education». *Computers & Education* 139 (Oktober): 102–17. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.010>.
- Kerres, Michael, Miriam Mulders, und Josef Buchner. 2022. «Virtuelle Realität: Immersion als Erlebnisdimension beim Lernen mit visuellen Informationen». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR - Part 1): 312–30. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.15.X>.

- KIM. 2021. *KIM-Studie 2020 – Kindheit, Internet, Medien: Basisuntersuchung zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger*. Stuttgart: mpfs. https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2020/KIM-Studie2020_WEB_final.pdf.
- Kleickmann, Tilo. 2008. «Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis». Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Knoth, Saskia, und Michael Haider. 2022. «Digitale Bildung». In *Digitalisierung in der Grundschule. Grundlagen, Gelingensbedingungen und didaktische Konzeptionen am Beispiel des Fach Sachunterrichts*, herausgegeben von Michael Haider und Daniela Schmeinck, 13–26. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Krauss, Stefan, Mareike Kunter, Martin Brunner, Jürgen Baumert, Werner Blum, Michael Neubrand, Alexander Jordan, und Katrin Löwen. 2004. «COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz». In *Die Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategie der Qualitätsverbesserung*, herausgegeben von Jörg Doll und Manfred Prenzel, 31–53. Münster: Waxmann.
- Möller, Kornelia. 2018. «Die Bedeutung von Schülervorstellungen für das Lernen im Sachunterricht». In *Wie ich mir das denke und vorstelle ...*, herausgegeben von Marco Adamina, Markus Kübler, Katharina Kalcsics, Sophia Bietenhard, und Eva Engeli, 35–50. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Mulders, Miriam, Josef Buchner, und Michael Kerres. 2020. «A Framework for the Use of Immersive Virtual Reality in Learning Environments». *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)* 15 (24): 208–224. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i24.16615>.
- Niedersächsisches Kultusministerium. 2017. «Kerncurriculum für die Grundschule Schuljahrgänge 1–4 Sachunterricht». 2017. <http://curricula-depot.gei.de/handle/11163/3563>.
- Rothe, Heinz-Jürgen, und Marion Schindler. 1996. «Expertise und Wissen». In *Expertiseforschung: Theoretische und Methodische Grundlagen*, herausgegeben von Hans Gruber und Albert Ziegler, 35–57. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Schweiger, Moritz, Jeffrey Wimmer, Maiyra Chaudhry, Beatriz Alves Siegle, und Dianchu Xie. 2022. «Lernerfolg in der Schule durch Augmented und Virtual Reality?: Eine quantitative Synopse von Wirkungsstudien zum Einsatz virtueller Realitäten in Grund- und weiterführenden Schulen». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR - Part 1): 1–25. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.01.X>.
- Villena Taranilla, Rafael, Ramón Cózar-Gutiérrez, José Antonio González-Calero, und Isabel López Cirugeda. 2019. «Strolling through a city of the Roman Empire: an analysis of the potential of virtual reality to teach history in Primary Education». *Interactive Learning Environments* 30 (4): 608–618. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1674886>.
- Zender, Raphael, Josef Buchner, Caterina Schäfer, David Wiesche, Kathrin Kelly, und Ludger Tüshaus. 2022. «Virtual Reality für Schüler:innen: Ein «Beipackzettel» für die Durchführung immersiver Lernszenarien im schulischen Kontext». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR - Part 1): 26–52. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.02.X>.

Anhang

Itemnummer	Itemtext
1 (-)	Die Themen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht sind für Diskussionen unter den Kindern eher ungeeignet.
2	Auch wenn einige Kinder falsche Vorstellungen zu einem Naturphänomen haben, sollten die Kinder einer Klasse angeregt werden, untereinander zu diskutieren. <i>(Alt = Die Kinder einer Klasse sollten auch dann angeregt werden, ihre Vorstellungen untereinander zu diskutieren, wenn man als Lehrer feststellt, dass einige Kinder falsche Vorstellungen zu einem Naturphänomen haben.)</i>
3	Im naturwissenschaftlichen Sachunterricht sollten die Kinder aufgefordert werden, ihre Deutungen zu einem Phänomen gegenüber Mitschülern/Mitschülerinnen zu vertreten.
4	Damit Grundschulkindern Naturphänomene verstehen, ist es entscheidend, dass sie ihre eigenen Lösungsideen untereinander diskutieren.
5 (-)	Kinder sollten nur miteinander diskutieren, wenn eine Lehrperson dabei ist, um Fehlvorstellungen zu korrigieren.
6	Auch Schüler:innen sollten früh an das Moderieren einer Diskussion herangeführt werden.
7 (-)	Diskussionen von Vorstellungen unter Schüler:innen sollten nur in Kleingruppen durchgeführt werden.
(-) = umcodiert Hellgrau = umformuliert Dunkelgrau = neues Item	

Tab. 1: Items der Skala Diskussion von Schülervorstellungen (nach Kleickmann 2008).

Itemnummer	Itemtext
1	Grundschulkindern können zu naturwissenschaftlichen Phänomenen bereits hartnäckige Vorstellungen haben, die den Lernprozess erschweren.
2	Grundschulkindern lassen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht so schnell nicht ab von den Vorstellungen, die sie mit in den Unterricht bringen.
3	Grundschulkindern kommen mit teilweise tief in Alltagserfahrungen verankerten Vorstellungen zu Naturphänomenen in den Unterricht hinein.

Tab. 2: Items der Skala Schülervorstellungen zu Naturwissenschaften (nach Kleickmann 2008).

Itemnummer	Itemtext
1	Wenn Kinder naturwissenschaftliche Inhalte lernen, stehen oft alte Vorstellungen in ständiger Konkurrenz mit neu erworbenen Vorstellungen.
2	Naturwissenschaftliches Lernen bedeutet oft, dass sich neue Vorstellungen bei den Kindern erst auf lange Sicht gegen alte Erklärungsmuster durchsetzen.
3	Lernen im naturwissenschaftlichen SU bedeutet oft ein inneres Ringen (Hin- und-her) zwischen alten und neuen Vorstellungen über ein Phänomen.
4	Um das Lernen der Kinder herauszufordern, sollte der Lehrer sie mit Beobachtungen oder Phänomenen konfrontieren, die den Erwartungen des Kindes widersprechen.
5	Wenn Kinder mit ihren aktuellen Erklärungsansätzen zu einem Naturphänomen zufrieden sind, wird das Lernen neuer, sachlich angemessenerer Vorstellungen erschwert.
6	Kinder erlernen naturwissenschaftliches Wissen nur, wenn neue Vorstellungen für sie überzeugender sind als ihre alten Vorstellungen.

Tab. 3: Items der Skala Conceptual Change (nach Kleickmann 2008).

Itemnummer	Itemtext
1 (-)	Grundschul Kinder haben noch keine eigenen Erfahrungen mit Virtual Reality.
2	Grundschul Kinder wissen, was Virtual Reality ist.
3	Grundschul Kinder sind geübt im Umgang mit Mobiltelefonen.
4	Grundschul Kinder sind geübt in der Bedienung von Tablets.
5	Grundschul Kinder sind kompetent im Umgang mit Virtual Reality.
6	Grundschul Kinder können sich in virtuellen Umgebungen gut orientieren. <i>(Alt = Grundschul Kinder werden durch die virtuelle Realität überfordert.)</i>
7	Grundschul Kinder können zwischen virtuellen und realen Umgebungen unterscheiden.
(-) = umcodiert Hellgrau = umformuliert Dunkelgrau = neues Item	

Tab. 4: Items der Skala Schülervorerfahrungen zu virtual reality (VR).

Itemnummer	Itemtext
1	Grundschul Kinder kennen die Himmelsrichtungen.
2	Grundschul Kinder wissen, was ein Massstab ist.
3	Grundschul Kinder wissen, was ein Kompass ist.
4	Grundschul Kinder wissen, was eine Landkarte ist.
5	Grundschul Kinder wissen, was ein Radar ist.

Tab. 5: Items der Skala Schülervorerfahrungen zur Navigation auf dem Wasser.