

Holzapfel, Marisa Alena; Bakenhus, Silke; Arndt, Nicolas; Brückmann, Maja **Welche Einstellungen und Werthaltungen haben Sachunterrichtsstudierende zum Einsatz und Lernen mit AR und VR?**

Schmeinc, Daniela [Hrsg.]; Michalik, Kerstin [Hrsg.]; Goll, Thomas [Hrsg.]: Herausforderungen und Zukunftsperspektiven für den Sachunterricht. Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2023, S. 71-78. - (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts; 33)



Quellenangabe/ Reference:

Holzapfel, Marisa Alena; Bakenhus, Silke; Arndt, Nicolas; Brückmann, Maja: Welche Einstellungen und Werthaltungen haben Sachunterrichtsstudierende zum Einsatz und Lernen mit AR und VR? - In: Schmeinc, Daniela [Hrsg.]; Michalik, Kerstin [Hrsg.]; Goll, Thomas [Hrsg.]: Herausforderungen und Zukunftsperspektiven für den Sachunterricht. Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2023, S. 71-78 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-265980 - DOI: 10.25656/01:26598; 10.35468/5998-07

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-265980>

<https://doi.org/10.25656/01:26598>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<http://www.klinkhardt.de>

Nutzungsbedingungen

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

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

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

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



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der:


Leibniz-Gemeinschaft

*Marisa Alena Holzapfel, Silke Bakenhus, Nicolas Arndt
und Maja Brückmann*

Welche Einstellungen und Werthaltungen haben Sachunterrichtsstudierende zum Einsatz und Lernen mit AR und VR?

Digitalization and learning with and via digital media have recently come into even sharper focus. Even young children should be introduced to learning with digital media such as AR (augmented reality) and VR (virtual reality). Thus, it is necessary to create diverse opportunities for experience and learning, also in the school. This requires that (future) teachers can design and prepare digital learning opportunities. It includes in particular the ability to link the learning opportunities to the students' ideas and previous experiences. This paper draws on the M-iVR-L model by Mulders et al. (2020) to show which points need to be considered when learning with iVR.

1 Einleitung

Immersives Lernen mit Augmented und Virtual Reality stellt einen gewinnbringenden Lernansatz dar. Die Gestaltung von Lernumgebungen mit diesen Technologien findet gegenwärtig große Beachtung (Dörner et al. 2019). Insbesondere ist dies für Lerngruppen des Primarbereichs eine ergänzende Didaktisierung, da sie sich zum Teil noch als Analphabeten in der (digitalen) Umwelt bewegen und zurechtfinden müssen. Es besteht die Anforderung an die Lehrkräfte von morgen, dass sie in der Lage sein sollen, die Schüler*innen auf die zunehmend digitalisierte Welt vorzubereiten und digitale Tools didaktisch reflektiert und routiniert im Fachunterricht anzuwenden und umzusetzen (Barkmin et al. 2020; Kultusministerkonferenz 2016). Der Grundstein für einen sachgemäßen Umgang mit digitalen Lernumgebungen muss demnach bereits in der Grundschule gelegt werden, um eine wachsende Kompetenz bei den Schüler*innen zu ermöglichen (Giest 2016). Haben Sachunterrichtsstudierende das fachliche Hintergrundwissen für den Umgang mit virtuellen Realitäten und kennen sie die dazugehörigen Definitionen? Ist es aus ihrer Sicht eine Technologie, die im Sachunterricht gewinnbringend eingebunden werden kann? Wie schätzen sie die Fähigkeiten der Grundschüler*innen im Umgang mit Virtual Reality ein? Trauen sie sich zu

Lernumgebungen zu erstellen und wären sie bereit dazu sich in die Handhabung einzuarbeiten? Diese Fragen werden unter anderem in der vorgestellten Studie aufgeworfen und beantwortet. Im Ausblick werden aus den Ergebnissen Schlüsse für die zukünftige Lehrer*innenausbildung gezogen.

2 Professionswissen von Lehrkräften

Um die Studie theoretisch zu rahmen wird das Modell der professionellen Handlungskompetenz nach Baumert und Kunter (2006) herangezogen. In diesem Kontext werden neben motivationalen Orientierungen und selbstregulativen Fähigkeiten sowohl das Professionswissen als auch die Überzeugungen/Werthaltungen als Teil professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften in einen gemeinsamen Zusammenhang gestellt. In dem Modell wird das Professionswissen als Teil professioneller Handlungskompetenz eingeordnet und gliedert sich in Wissensbereiche und Facetten auf. Der Fokus der vorgestellten Studie liegt in den Überzeugungen und Werthaltungen von Sachunterrichtsstudierenden.

3 Einstellung und Werthaltung zu Schüler*innenvorstellungen

Ein weiterer zu Grunde gelegter theoretischer Aspekt sind die Schüler*innenvorstellungen. Diese sind nach Möller (2018) zusammengefasst alle enaktiv, ikonisch oder symbolisch repräsentierten Bewusstseinsinhalte, die Schüler*innen innerhalb oder außerhalb von schulischem Lernen entwickeln. Diese Schüler*innenvorstellungen sind als bedeutende Komponente anzusehen, um sowohl Interessen einzubeziehen, an bestehendes Vorwissen anzuknüpfen und unter Umständen auch vorherrschende Vorstellungen (um)zukodieren.

Insofern ist die Frage nach der Einschätzung zum Umgang der Schüler*innen mit AR/VR-Lernumgebungen, die Sachunterrichtsstudierende vorbehaltlich haben, relevant für die Bereitschaft diese neuen digitalen Möglichkeiten im Sachunterricht einzusetzen. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die Schüler*innen nicht selbst befragt wurden. Im Fokus steht, wie Sachunterrichtsstudierende ein- und abschätzen, ob und wie ein Lernen mit AR/VR im Sachunterricht bereits in der Grundschule eingesetzt werden kann.

4 Lernen mit AR und VR im (Sach-)Unterricht

Zur Beschreibung des Lernens mit den Technologien AR (augmented reality) und iVR (immersive virtual reality) müssen beide Begriffe zunächst definiert und damit klar voneinander getrennt werden. Als iVR wird die Darstellung einer „scheinbaren Wirklichkeit“ bezeichnet, welche die reale Umgebung ausblendet

und das Eintauchen - *Immersion* - in die virtuelle Umgebung ermöglicht (Dörner et al. 2019). AR ist die computergestützte Erweiterung der realen Umgebung. Dabei werden Bild- oder Videoaufnahmen mit computergenerierten Zusatzinformationen oder virtuellen Objekten erweitert und durch die Betrachtenden als ein Ganzes wahrgenommen. Virtuelle Objekte können beispielsweise an einem Ort platziert werden und anschließend wie reale Objekte von allen Seiten betrachtet werden (Dörner et al. 2019).

Im Kontext schulischer Bildung bietet der Einsatz beider Technologien viele Vorteile. So können durch iVR schwer oder nicht zugängliche Lernorte, wie beispielsweise das Forschungsschiff *Sonne*, erlebt werden, während durch AR einzelne Lerngegenstände „in den Klassenraum geholt werden“, die aufgrund von Größe oder Art nicht in den Klassenraum gebracht werden können (z. B. Planeten, Gebäude, Zeitzeugen, Dinosaurierskelette; Hellriegel & Čubela 2018; Schweiger et al. 2022). Durch diese dreidimensionale Darstellung bieten sich wesentlich realistischere Anschauungsmöglichkeiten für die Schüler*innen als durch Abbildungen im Schulbuch. Dadurch wird eine intensivere Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand möglich. Gleichzeitig können die Schüler*innen in der virtuellen Welt oder mit dem virtuellen Gegenstand interagieren. Sie gewinnen so weitere Erkenntnisse und lernen, sich in und mit virtuellen Räumen zu beschäftigen. Bei all den Vorteilen ist der Einsatz jedoch auch mit Risiken verbunden. Es muss Motion Sickness vermieden werden (Buchner & Aretz 2020) und die Technologie darf nicht im Vordergrund stehen (Mulders et al. 2020).

5 Das M-iVR-L-Modell zum Einsatz von iVR im Sachunterricht

Das M-iVR-L Modell nach Mulders et al. (2020) kann als Basis zur Erstellung einer, im didaktischen Sinne gewinnbringenden, virtuellen Lernumgebung für den Sachunterricht genutzt werden (Bakenhus et al. 2022). Es beschreibt ein Instruktionsdesign mit sechs Teilschritten und wird im Folgenden vorgestellt.

(1) Erst lernen, dann eintauchen

Ziel der iVR-Lernumgebung ist es den Lernenden zu ermöglichen in eine virtuelle Welt einzutauchen, sich umzusehen und mit dieser zu interagieren. Das Eintauchen in die virtuelle Welt ist jedoch mit einer hohen kognitiven Belastung verbunden (Richards & Taylor 2015). Für einen lernförderlichen Einsatz muss daher darauf geachtet werden, dass der Grad der Immersion so detailliert wie nötig ist, ohne dass die Lernenden vom Wesentlichen – dem jeweiligen Lerngegenstand – abgelenkt werden.

(2) Lernrelevante Interaktionen anbieten

Wie Fiorella und Mayer (2016) zeigen konnten, wirken sich lernrelevante körperliche Aktivitäten positiv auf den Erwerb deklarativen Wissens aus. Dies konnte auch für das Lernen mit interaktiven VR-Umgebungen teilweise bestätigt werden (Scheiter et al. 2020). Dennoch empfehlen Mulders et al. (2020) nicht uneingeschränkt auf Interaktion zu setzen. Diese sollte nur ermöglicht werden, wenn sie lernrelevant ist. Lernende sollten, bevor sie sich eigenständig in der virtuellen Welt bewegen, in der Interaktion geschult werden.

(3) Komplexe Aufgaben in kleinere Einheiten aufteilen

Die Komplexität von iVR-Lernumgebungen kann schnell zu einer Überforderung der Lernenden führen. Mithilfe der Unterteilung in kleinere Sequenzen soll dem entgegengesteuert werden. Durch Scaffolding kann der Cognitive Load reduziert und das Lernen verbessert werden (Parong & Mayer 2018).

(4) Immersives Lernen anleiten

Durch eine gezielte und gut instruierte Anleitung kann der Cognitive Load ebenfalls reduziert werden. So könnten beispielsweise pädagogische Agenten durch die Umgebung führen und eine Strukturierungshilfe darstellen. Alternativ können wichtige Informationen hervorgehoben, just-in-time-Informationen gezielt ein- oder ausgeblendet werden oder nur bei Bedarf von den Lernenden im Verlauf des Arbeitens aktiviert werden (Mulders et al. 2020). Unabhängig von dem thematischen Inhalt der Lernumgebung bezieht sich der Aspekt des Anleitens auch auf den Einsatz und Umgang mit den benötigten Brillen und der Technik. Hierbei sollten mögliche gesundheitliche Unverträglichkeiten wie Motion Sickness thematisiert werden, wenngleich in einer Studie von Buchner und Aretz (2020) keinerlei Symptome in der praktischen Anwendung festgestellt werden konnten.

(5) Auf vorhandenem Wissen aufbauen

Um Über- oder Unterforderung zu vermeiden, sollten die Lernaktivitäten, insbesondere beim Lernen mit VR, an bereits vorhandenes Wissen anknüpfen (Huang et al. 2010). Es ist anzunehmen, dass junge Schüler*innen wenig bis keine Erfahrung mit iVR basierten Lernumgebungen haben, wodurch die Technologie im Vordergrund stehen und dadurch der Wissenserwerb in den Hintergrund rücken könnte (Han 2020). Daher sollte die Vorerfahrung im Umgang mit iVR erhoben werden. Auf Basis dieser Erkenntnisse kann ein vorbereitendes Training erstellt sowie der fachliche Inhalt abgestimmt werden (Mulders et al. 2020).

(6) Konstruktive Lernaktivitäten anbieten

Um nachhaltiges Wissen anzulegen, sollte eine iVR-Lernumgebung einen aktiv-konstruierenden Lernprozess unterstützen, indem durch gezielte Aufgaben inner- und außerhalb der Lernumgebung ein problemorientierter Ansatz verfolgt (Mulders et al. 2020) oder durch die generative Lernstrategie des Zusammenfassens der Lernprozess unterstützt wird (Parong & Mayer 2018).

6 Studie

Zur Schaffung einer Grundlage für die Implementierung von Lernmaterial mit (i) VR und AR in den Sachunterricht wurden Sachunterrichtsstudierende gebeten, sowohl ihre eigenen Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit den Technologien einzuschätzen, als auch die der Schüler*innen. Ergänzend wurden sie nach der Bereitschaft gefragt entsprechendes Lernmaterial zu erstellen und einzusetzen (Holzapfel et al. im Druck). Dazu wurde im Wintersemester 2021/2022 eine Umfrage mit der Software Limesurvey durchgeführt.

(1) Design und Methode

Im Beitrag wird die folgende Forschungsfrage diskutiert:

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

Die Sachunterrichtsstudierenden wurden zum Ende des Semesters befragt.

(2) Stichprobe

Es wurden insgesamt $N = 53$ ($N_{\text{Gesamt}} = 133$) vollständige Datensätze von Sachunterrichtsstudierenden aus den Bundesländern Niedersachsen (18 Studierende) und Nordrhein-Westfalen (35 Studierende) in Deutschland erhoben ($\bar{X}$ Alter 22.36; σ 90.6 %). Die Altersspanne der Befragten lag zwischen 19 und 48 Jahren. 96.2 % der Befragten waren zum Zeitpunkt der Befragung im ersten bis dritten, die restlichen 3.8 % in einem höheren Semester. Es gaben 39.6 % ($n = 21$) der Befragten an, dass sie bereits über Lehrerfahrung verfügen.

(3) Testinstrument

Das Testinstrument setzt sich aus zwei Teilen zusammen: Teil eins besteht aus fünf Skalen, von denen die Skalen eins bis drei von Kleickmann (2008) adaptiert wurden. Diese fünf Skalen wurden im Pre- und im Posttest erhoben. Teil zwei, zum Einsatz von AR und VR, wurde im Posttest ergänzt. Zur Beantwortung der aufgestellten Forschungsfrage sind nur die Items aus Teil zwei relevant. Dieses Teilinstrument besteht aus einer offenen Frage nach der Definition von AR und VR, einer offenen Frage nach der Einschätzung des Mindestalters von Grundschulkindern für ein Lernen mit AR/VR und 10 geschlossenen Fragen, die auf einer vierstufigen Likert-Skala bewertet werden sollten. Nachdem die Studierenden die Frage nach der Definition von AR und VR beantwortet haben, wurde Ihnen die Definition schriftlich erläutert. Zuvor wurde keine Definition von AR und VR vorgegeben.

(4) Ausgewählte Ergebnisse

Das erste Item hat erfasst, ob die Proband*innen den Unterschied zwischen AR und VR kennen und es wurde um eine eigene Definitionsformulierung gebeten. Von den 31 Proband*innen, die angaben den Unterschied zu kennen, konnten 12 eine richtige, sieben eine teilweise richtige und 11 keine Definition liefern. Eine Person gab eine falsche Definition an. Die übrigen 22 Befragten gaben an den

Unterschied nicht zu kennen. Die Frage nach dem Alter, ab dem Schüler*innen mit AR und VR arbeiten können, ergab einen Mittelwert von 9 Jahren ($M = 9.00$, $SD = 2.279$, $\text{Min} = 0$, $\text{Max} = 16.00$).

Insgesamt zeigen die Daten, dass die Proband*innen eher nicht davon ausgehen, dass der Einsatz von AR und VR die Schüler*innen überfordern würde.

Nach Ansicht der Befragten können AR und VR gewinnbringend im Sachunterricht eingesetzt werden (AR: $M = 3.32$, $SD = .613$; VR: $M = 3.02$, $SD = .665$). Dabei tendieren sie eher dazu bestehende Lernmaterialien mit den beiden Technologien im Unterricht einzusetzen (AR: $M = 2.96$, $SD = .678$; VR: $M = 2.74$, $SD = .738$). Es zeigt sich keine Tendenz dazu, dass AR und VR besser oder schlechter an außerschulischen als schulischen Lernorten eingesetzt werden kann ($M = 2.28$, $SD = .744$).

Die Sachunterrichtsstudierenden schätzen ihre Kompetenz, Lernmaterial mit AR und VR zu gestalten, als sehr gering ein ($M = 2.34$, $SD = .876$). Gleichzeitig zeigen sie ein sehr hohes Interesse daran zu lernen, entsprechende Materialien selbst zu gestalten ($M = 3.42$, $SD = .719$).

7 Zusammenfassung

Das Ziel der vorgestellten Studie ist die Erhebung der Überzeugungen und Werthaltungen von Sachunterrichtsstudierenden bezogen auf Schüler*innenvorstellungen und -vorerfahrungen im Umgang mit AR und VR, sowie ihre eigenen Einstellungen zu diesen Technologien. Das entwickelte Erhebungsinstrument deckt drei Bereiche ab: Schülervorerfahrungen im Umgang mit AR/VR, Einschätzung bezogen auf den Sachunterricht und eine Selbsteinschätzung. Die Forschungsfrage kann zusammenfassend so beantwortet werden, dass die befragten Sachunterrichtsstudierenden den Technologien AR und VR grundsätzlich positiv gegenüberstehen. Aus ihrer Sicht können Schüler*innen ab einem Alter von 9 Jahren mit AR und VR lernen. Sie sehen weder eine Gefahr durch Ablenkung der Schüler*innen noch durch Überforderung aufgrund von Lernmaterial mit AR und VR. Die geäußerte Bereitschaft, diese beiden Technologien im Unterricht einzusetzen, ist groß. Die Studierenden sehen ihre eigene Kompetenz zur Erstellung von Materialien mit AR und VR als gering an, zeigen aber ein Interesse zu lernen, wie Materialien erstellt werden können.

8 Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse weisen auf eine große Motivation der befragten Sachunterrichtsstudierenden hin, sich die VR/AR-Technologie für den Sachunterricht zunutze zu machen. Wenngleich die Studierenden ihre Kompetenzen in diesem Bereich als gering einschätzen, ist dennoch die Bereitschaft der Studierenden dafür sehr hoch. Interessant wäre es in zukünftigen Studien den Stand des Vorwissens der Studierenden einzubeziehen. Insbesondere die Rolle der Entwickler*innen, die durch das vorgestellte M-iVR-L-Modell fokussiert wird, scheint von Interesse zu sein. Die Ergebnisse dieser Erhebung zeigen, dass die Förderung der professionellen Handlungskompetenz in diesem Bereich notwendig ist und eng mit dem Studium und auch mit Fortbildungen verknüpft werden muss. Hier gilt es angeleitet die Möglichkeit zu schaffen, die Erstellung einer Lernumgebung mit AR-/VR-Technologie zu erproben. Insbesondere eine auf den eigenen Sachunterricht zugeschnittene, selbst entwickelte Lernumgebung steigert nicht nur die Motivation, sondern kann auch die Selbstwirksamkeit der Lehrkräfte erhöhen, diese Technologien in den Sachunterricht einzubringen.

Literatur

- Bakenhus, S., Holzapfel, M. A., Arndt, A. & Brückmann, M. (2022): Die Erstellung einer Lernumgebung mit immersiver Virtual Reality für das Fach Sachunterricht nach dem M-iVR-Modell. In: *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 47, 76–93. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.04.X>.
- Barkmin, M., Bergner, N., Bröll, L., Huwer, J., Menne, A. & Seegerer, S. (2020): Informatik für alle?! - Informatische Bildung als Baustein in der Lehrkräftebildung. In: Beißwenger M., Bulizek B., Gryl, I. & Schacht, F. (Hrsg.): *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung*, 99–120. <https://doi.org/10.17185/dupublico/73330>.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006): Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 469–520.
- Buchner, J. & Aretz, D. (2020): Lernen mit immersiver Virtual Reality: Didaktisches Design und Lessons Learned. In: *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 195–216. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X>.
- Dörner, R., Broll, W., Grimm, P. & Jung, B. (2019): *Virtual und Augmented Reality (VR/AR) Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität. 2., erweiterte und aktualisierte Auflage*. Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58861-1>.
- Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2016): Eight Ways to Promote Generative Learning. In: *Educational Psychology Review*, 28(4), 717–741. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9348-9>.
- Giest, H. (2016): Medien im Sachunterricht. In: M. Peschel & T. Irion (Hrsg.): *Neue Medien in der Grundschule 2.0. Grundlagen-Konzepte-Perspektiven*. Frankfurt am Main, 212–222.
- Han, I. (2020): Immersive virtual field trips in education: A mixed-methods study on elementary students' presence and perceived learning. In: *British Journal of Educational Technology*, 51(2), 420–435. <https://doi.org/10.1111/bjet.12842>.
- Hellriegel, J. & Cübel, D. (2018): Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht – Eine konstruktivistische Sicht. In: *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 58–80. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X>.

- Holzapfel, M. A., Bakenhus, S., Arndt, A. & Brückmann, M. (im Druck): Einstellungen und Werthaltungen von Sachunterrichtsstudierenden zum Lernen mit augmented (AR) und virtual reality (VR) im Sachunterricht. In: *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 48 (AR/VR – Part 2).
- Huang, H.-M., Rauch, U. & Liaw, S.-S. (2010): Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. In: *Computers & Education*, 55 (3), 1171–1182. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.014>.
- Kleickmann, T. (2008): Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis. Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.
- Kultusministerkonferenz. (2016): Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf, [10. 2022].
- Möller, K. (2018): Die Bedeutung von Schülervorstellungen für das Lernen im Sachunterricht. In: Adamina, M., Kübler, M., Kalcsics, K., Bietenhard, S. & Engeli E. (Hrsg.): *Wie ich mir das denke und vorstelle...* Bad Heilbrunn, 35-50.
- Mulders, M., Buchner, J., & Kerres, M. (2020): A Framework for the Use of Immersive Virtual Reality in Learning Environments. In: *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 15(24), 208. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i24.16615>.
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2018): Learning science in immersive virtual reality. In: *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785–797. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>.
- Richards, D., & Taylor, M. (2015): A Comparison of learning gains when using a 2D simulation tool versus a 3D virtual world: An experiment to find the right representation involving the Marginal Value Theorem. In: *Computers & Education*, 86, 157–171. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.009>.
- Scheiter, K., Brucker, B., & Ainsworth, S. (2020): “Now move like that fish”: Can enactment help learners come to understand dynamic motion presented in photographs and videos? In: *Computers & Education*, 155, 103934. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103934>.
- Schweiger, M., Wimmer, J., Chaudhry, M., Alves Siegle, B., & Xie, D. (2022): Lernerfolg in der Schule durch Augmented und Virtual Reality?: Eine quantitative Synopse von Wirkungsstudien zum Einsatz virtueller Realitäten in Grund- und weiterführenden Schulen. In: *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 47, 1–25. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.01.X>.